

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ  
ОРЛОВСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА**

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

**№ 6**

Часть I

ОРЕЛ – 2012

# УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ ОРЛОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№ 6  
Часть I

## **Редакционно-издательская коллегия:**

Авдеев Ф.С. (главный научный редактор), Пузанкова Е.Н. (заместитель главного научного редактора), Белевитина Т.М. (ответственный редактор журнала), Дудина Е.Ф. (ученый секретарь редакционной коллегии), Александрова А.П., Алексеев А.П., Зайченко М.С., Иванов А.Е., Изотов В.П., Исаева Н.И., Капустин А.Я., Колесникова А.Ф., Львова С.И., Минаков С.Т., Михеичева Е.А., Оскотская Э.Р., Пахарь Л.И., Пивень В.Ф., Репин О.А., Седов Е.Н., Серегина Т.В., Тер-Минасова С.Г., Тыртышников Е.Е., Уман А.И., Шабанов Н.К.

## **Серия «Естественные, технические и медицинские науки»**

### **Редакционно-издательская коллегия серии:**

Авдеев Ф.С. (главный научный редактор), Пузанкова Е.Н. (заместитель главного научного редактора), Белевитина Т.М. (ответственный редактор журнала), Дудина Е.Ф. (ученый секретарь редакционной коллегии), Вишневский В.И., Горпинич А.Б., Зарубин А.Н., Затолокин В.Д., Калекин А.А., Колесникова А.Ф., Ладнова Г.Г., Оскотская Э.Р., Пивень В.Ф., Пузина Т.И., Сараева А.М., Снимщикова И.А., Федотова И.Э.

Решением Президиума ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации журнал «Ученые записки Орловского государственного университета» включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук по следующим отраслям научных специальностей:

01.00.00 – физико-математические науки; 02.00.00 – химические науки; 03.00.00 – биологические науки; 06.00.00 – сельскохозяйственные науки; 07.00.00 – исторические науки; 08.00.00 – экономические науки; 09.00.00 – философские науки; 10.00.00 – филологические науки; 12.00.00 – юридические науки; 13.00.00 – педагогические науки; 14.00.00 – медицинские науки; 17.00.00 – искусствоведение; 19.00.00 – психологические науки; 25.00.00 – науки о земле.

### **Учредитель –**

ФГБОУ «Орловский государственный университет»  
Адрес редакции: 302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95,  
Орловский государственный университет  
Редакция журнала «Ученые записки ОГУ»  
E-mail: utchen-zap@univ-orel.ru

ISSN 1998-2739

© Коллектив авторов, 2012

© Орловский государственный университет, 2012

# СОДЕРЖАНИЕ

## МАТЕМАТИКА

**И.Ф. Авдеев**

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДЗЕТА-ФУНКЦИИ КВАДРАТИЧНОЙ ФОРМЫ КОНЕЧНОЙ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОЙ СУММОЙ С ОСТАТКОМ . . . . . 7

**Н.А. Аксёнов**

К ВОПРОСУ ОБ АНАЛИТИЧЕСКОЙ РАЗРЕШИМОСТИ КОМПЛЕКСНОЙ ЗАДАЧИ КОШИ ДЛЯ НЕКОТОРЫХ СИСТЕМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ОПЕРАТОРНЫХ УРАВНЕНИЙ В ЛОКАЛЬНО ВЫПУКЛЫХ ПРОСТРАНСТВАХ. . . . . 18

**Л.Г. Архипова**

НОВЫЕ ОЦЕНКИ СФЕРИЧЕСКИХ СУММ И.М. ВИНОГРАДОВА. . . . . 23

**А.В. Кокорев**

ОБ ОЦЕНКАХ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИХ СУММ НАД КВАДРАТИЧНЫМ ПОЛЕМ . . . . . 39

**Д.Н. Никольский**

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЭВОЛЮЦИИ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА РАЗЛИЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ В ПОРИСТЫХ СРЕДАХ СЛОЖНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА NUMPY . . . . . 42

**Л.В. Сахарова**

РЕШЕНИЕ ЖЕСТКОЙ ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ ИЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ФОКУСИРОВАНИЯ МЕТОДОМ КАСАТЕЛЬНЫХ. . . . . 48

**М.А. Фролов**

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НА ДЕБИТ СКВАЖИНЫ РАЗМЕРОВ ПОЛУПРОНИЦАЕМОЙ ТРЕЩИНЫ (ЗАВЕСЫ) В ПЛАСТЕ ГРУНТА С КРУГОВЫМ КОНТУРОМ ПИТАНИЯ . . . . . 56

## ФИЗИКА

**С.И. Матюхин, Г.Р. Макулевский, Д.О. Малый**

ЗАВИСИМОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ДГС РО ЛАЗЕРА НА ОСНОВЕ  $AlGaAs$  ОТ ШИРИНЫ ВОЛНОВОДА 60

**В.Ф. Пивень, О.В. Костин**

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ЗАДАЧИ ЭВОЛЮЦИИ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА ЖИДКОСТЕЙ В АНИЗОТРОПНОЙ ОДНОРОДНОЙ ПОРИСТОЙ СРЕДЕ . . . . . 64

**И.В. Писарев, А.В. Сетуша**

СНЕСЕНИЕ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ НА ПЛОСКОСТЬ В КРАЕВОЙ ЗАДАЧЕ НЕЙМАНА ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ЛАПЛАСА НА СЛАБОИЗОГНУТОМ ЭКРАНЕ . . . . . 72

**Ю.С. Федяев**

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА «РАЗНОЦВЕТНЫХ» ЖИДКОСТЕЙ В ОГРАНИЧЕННОМ АНИЗОТРОПНОМ ОДНОРОДНОМ СЛОЕ ПОРИСТОЙ СРЕДЫ\* . . . . . 78

## ХИМИЯ

**М.Э. Баландайкин**

РЕАКЦИЯ pH МОРФОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР *VELUTULA PENDULA ROTH* В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭКСПРЕССИИ ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКОГО СТРЕССОРА. . . . . 84

**Е.Н. Грибанов, Э.Р. Оскотская**

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ЦЕОЛИТА ХОТЫНЕЦКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО ДАННЫМ ЭНЕРГОДИСПЕРСИОННОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ . . . . . 90

**М.Н. Калинин, Е.Н. Грибанов, Э.Р. Оскотская**

СКРИНИНГ НЕКОТОРЫХ ПРОДУКТОВ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ЛЕВОМИЦЕТИНА. . . . . 93

**Ю.Е. Мамонтова, Л.М. Никитская, Ю.А. Стекольников**

МЕТОДИКА ЛЕНГМЮРА-БЛОДЖЕТТ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ НАНОМЕТРИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ ПЬЕЗОСЕНСОРНЫХ ДАТЧИКОВ . . . . . 96

**Ю.Б. Потапов, А.А. Пузырев**

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НАПОЛНИТЕЛЕЙ С ПРОДУКТАМИ ГИДРАТАЦИИ АЛЮМОСОДЕРЖАЩИХ ФАЗ ПРИ ТВЕРДЕНИИ И СТРУКТУРООБРАЗОВАНИИ НАПОЛНЕННЫХ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ . . . . . 100

## БИОЛОГИЯ

**С.В. Волобуев**

ПЕРВЫЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АФИЛЛОФОРОИДНЫХ ГРИБАХ ОСОБО ОХРАНЯЕМОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ «ШАТИЛОВСКИЙ ЛЕС» (ОРЛОВСКАЯ ОБЛАСТЬ). . . . . 103

**Е.А. Гладков, И.И. Литвинова**

ВВЕДЕНИЕ В КУЛЬТУРУ КЛЕТОК РАСТЕНИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ГАЗОНОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ . . 108

**Е.А. Гладков, К.А. Седов, И.И. Литвинова**

ОЦЕНКА ФИТОТОКСИЧНОСТИ МЕДИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ ЛЬНА, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ГОРОДСКОМ ОЗЕЛЕНЕНИИ, В КУЛЬТУРЕ КЛЕТОК. . . . . 111



<i>Н.М. Державина, Э.М. Покровская</i> БИОМОРФОЛОГИЯ СПОРОФИТА И ОНТОГЕНЕЗ ГАМЕТОФИТА <i>ASHLENIUM ADIANTUM-NIGRUM</i> L. (ASPLENIACEAE) . . . . .	114
<i>Е.С. Долотова, Е.Ю. Бахтенко, В.И. Антонова</i> ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ <i>SANGUISORBA OFFICINALIS</i> L. (ROSACEAE) В УСЛОВИЯХ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ . . . . .	123
<i>Л.Л. Киселева, Н.И. Золотухин, О.И. Фандеева</i> НОВЫЕ ВИДЫ И НОВЫЕ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ РЕДКИХ И ОХРАНЯЕМЫХ РАСТЕНИЙ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ В 2012 ГОДУ . . . . .	130
<i>Е.С. Кулешова, Н.Е. Павловская, В.Г. Лоскутов</i> СКРИНИНГ ГЕНОТИПОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ПО СОДЕРЖАНИЮ ГОРДЕЦИНА В СЕМЕНАХ. . . . .	138
<i>Г.Г. Ладнова, М.Г. Курочкицкая, В.В. Силютин, Е.И. Грядунова</i> ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СИСТЕМЫ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ . . . . .	142
<i>Е.В. Махонин</i> ЭКОЛОГИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ, ВЗГЛЯД С РАЗНЫХ СТОРОН. . . . .	147
<i>Н.Н. Овсянникова, О.Л. Ляхова, Н.В. Татарина, Л.А. Сысоева</i> ГЕМАТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГНОЗА ЗДОРОВЬЯ СТУДЕНТОВ . . . . .	149
<i>Е.А. Парахина, Л.Л. Киселева</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ ИНТРОДУКЦИИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ . . . . .	156
<i>П.С. Прудников</i> ОСОБЕННОСТИ ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ СЕЛЕНА НА САЖЕНЦЫ ЯБЛОНИ . . . . .	162
<i>Т.И. Пузина, Н.С. Власова</i> АКТИВНОСТЬ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ РАСТЕНИЙ <i>SOLANUM TUBEROSUM</i> В УСЛОВИЯХ ДЕСТРУКТИРОВАННОГО ТУБУЛИНОВОГО ЦИТОСКЕЛЕТА. . . . .	167
<i>В.И. Радыгина, Н.М. Державина, О.А. Лебкова</i> НЕКОТОРЫЕ ГАЛЛУЦИОГЕННЫЕ ГРИБЫ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ И ИХ БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ . . . . .	172
<i>В.В. Силютин, М.Г. Курочкицкая, Е.И. Грядунова</i> АНАЛИЗ ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ . . . . .	176
<i>Н.С. Ступакова, Т.А. Цуцупа</i> СТАНОВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННОЙ ФОРМЫ <i>MEDICAGO LUPULINA</i> L. (СЕМ. LEGUMINOSAE) В ПРОЦЕССЕ ОНТОГЕНЕЗА . . . . .	181
<i>А. В. Шапурко</i> СООБЩЕСТВА С УЧАСТИЕМ НЕОТТИАНТЕ <i>CUCULLATA</i> (L.) SCHLECH. (ORCHIDACEAE) И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЕЕ ЦЕНОПОПУЛЯЦИИ В БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ . . . . .	189
<b>МЕДИЦИНА</b>	
<i>С.А. Архипина, Е.Ф. Мельникова</i> КЛИНИКО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕЧЕНИЯ КИШЕЧНОГО ИЕРСИНИОЗА В ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ . . . . .	195
<i>В.С. Барсуков, А.М. Лобанов, В.А. Попов</i> МОРФОМЕТРИЯ АОРТЫ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ВОЗРАСТА НЕОПОЗНАННОГО УМЕРШЕГО . . . . .	198
<i>А.В. Борсуков, М.М. Храмов, А.В. Мамошин, О.С. Перегонцева, Ю.В. Костюкова</i> ДВУХКОМПОНЕНТНАЯ МАЛОИНВАЗИВНАЯ БИОИМПЕДАНСОМЕТРИЯ ПРИ ЗАБОЛЕВАНИЯХ ПАНКРЕАТОДУОДЕНАЛЬНОЙ ЗОНЫ (IN VIVO И IN VITRO): НОВЫЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ ВРАЧА КЛИНИЦИСТА . . . . .	202
<i>С.Ю. Борисова, В.И. Вишневский, И.А. Сараев</i> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НОЛИПРЕЛА А У БОЛЬНЫХ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТОНИЕЙ ТРУДОСПОСОБНОГО ВОЗРАСТА . . . . .	207
<i>В.Н. Бубенчикова, Ю.А. Кондратова</i> АНТИЭКССУДАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ВОДОРАСТВОРИМОГО ПОЛИСАХАРИДНОГО КОМПЛЕКСА ВЕРОНИКИ СЕДОЙ . . . . .	211
<i>В.Н. Бубенчикова, Ю.А. Старчак</i> АМИНОКИСЛОТНЫЙ И МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ТРАВЫ ТИМЬЯНА МАРШАЛЛА ( <i>THYMUS MARSHALLIANUS</i> WILLD.) . . . . .	214
<i>Л.И. Бубликова</i> ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ КРОВОСОСУЩИХ КОМАРОВ КОМПЛЕКСА <i>CULEX PIPIENS</i> УРБАНИЗИРОВАННЫХ ЗОН ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ . . . . .	217
<i>Т.Н. Васина, В.И. Круглый, С.Н. Ставцева, Е.А. Сапрыкина, Е.В. Горохова, В.С. Пантюхин,</i> <i>Т.Н. Самохина, Н.В. Кривых</i> ВРОЖДЁННЫЕ ПОРОКИ РАЗВИТИЯ ОРГАНОВ МОЧЕВОЙ СИСТЕМЫ –АКТУАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА НЕФРОЛОГИИ И ПЕДИАТРИИ . . . . .	220
<i>Т.Н. Васина, Т.И. Зубцова, Н.А. Ровенская, А.А. Макеев, И.А. Тарасенко</i> ОСОБЕННОСТИ ДОГОСПИТАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ВНЕБОЛЬНИЧНОЙ ПНЕВМОНИИ У ДЕТЕЙ В г. ОРЛЕ*. . . . .	224
<i>Т.Н. Васина, Е.А. Сапрыкина, Т.И. Зубцова Т.И., С.Н. Ставцева, Е.В. Горохова, А.С. Гончарова</i> МУКОПОЛИСАХАРИДОЗ II ТИПА (СИНДРОМ ХАНТЕРА). НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ТЕРАПИИ. . . . .	227
<i>В.И. Вишневский, Е.Д. Коновалова</i> ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭРАДИКАЦИОННОЙ ТЕРАПИИ ЯЗВЕННОЙ БОЛЕЗНИ В ОРЛОВСКОМ РЕГИОНЕ (ПО ДАННЫМ ОТДЕЛЕНИЯ ГАСТРОЭНТЕРОЛОГИИ БУЗ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ «ОРЛОВСКАЯ ОБЛАСТНАЯ КЛИНИЧЕСКАЯ БОЛЬНИЦА») . . . . .	230



<b>А.Б. Горпинич, А.П. Симоненков, И.Л.Привалова, В.Н. Масалов, А.Л. Альянов, С.В. Мангилёв</b> СПОСОБ МОДЕЛИРОВАНИЯ АНТИПЕРИСТАЛЬТИКИ КИШЕЧНИКА . . . . .	235
<b>И.Л. Дроздова, Н.Н. Денисова</b> ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИКОРОСТАВНИКА ПОЛЕВОГО (KNAUTIA ARVENSIS (L.) COULT.) МЕТОДОМ ВЭЖХ. . . . .	241
<b>Е.Т. Жилякова, Е.Н. Науменко, О.О. Новиков, Д.В. Придачина</b> РАЗРАБОТКА СОСТАВА СУШПОЗИТОРИЕВ С В-КАРОТИНОМ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМ И МАСЛОМ МОНАРДЫ. . . . .	244
<b>Е.В. Жучкова, М.А.Евзельман</b> СИНДРОМ ПОЛИОРГАННОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ ПРИ ИНСУЛЬТЕ . . . . .	249
<b>Т.И. Зубцова, Т.Н. Васина, Ю.Г. Колесникова, Л.Н. Заболева, Л.А. Шепилов, И.Н. Алексанова, М.Ю. Рамазанова</b> ВРОЖДЕННЫЕ ПОРОКИ СЕРДЦА У НОВОРОЖДЕННЫХ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ: ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ . . . . .	254
<b>Е. В. Митяева, И. А. Снимицкова, М. А. Халилов</b> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СУПЕРЛИМФА В УЛУЧШЕНИИ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ БОЛЬНЫХ С ХРОНИЧЕСКИМ ПЕРВИЧНЫМ ПИЕЛОНЕФРИТОМ . . . . .	257
<b>Е.Ф. Мельникова, Г.А. Пьяченко, Л.М. Драглова</b> БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ХРОНИЧЕСКИХ ИНФЕКЦИЙ МОЧЕВЫВОДЯЩИХ ПУТЕЙ . . . . .	261
<b>В.Ф. Мурадян, В.И. Фомичев, Ю.М. Морозов</b> ОСОБЕННОСТИ ОКАЗАНИЯ ХИРУРГИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ БОЛЬНЫМ С ЯЗВЕННЫМ КРОВОТЕЧЕНИЕМ . . . . .	266
<b>М.А. Некрасов</b> ОСНОВНЫЕ ИСТОРИЧЕСКИЕ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПСИХИАТРИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ В ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ . . . . .	271
<b>Е.П. Новикова, И. А. Снимицкова, И.А. Ререкин, М.С. Новиков, Т.С. Соболева</b> КЛИНИКО-ИММУНОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТА СУПЕРЛИМФ В КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ БОЛЬНЫХ ОСЛОЖНЕННЫМИ ФОРМАМИ ОСТРОГО САЛЬПИНГОФОРИТА . . . . .	278
<b>О.И. Охотников, Е.В. Ближенская</b> ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КАРТИНЫ ТЕЧЕНИЯ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОГО ПЕРИОДА У БОЛЬНЫХ С РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ АППЕНДИЦИТА И УЛЬТРАЗВУКОВАЯ СЕМИОТИКА МЕСТНЫХ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ . . . . .	285
<b>Ю.Н. Панина</b> ФАКТОРЫ РИСКА ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ СЕРДЦА У ЛИЦ МОЛОДОГО ВОЗРАСТА . . . . .	292
<b>Ю.Н. Панина, А.П. Яковлев</b> ЛАБОРАТОРНЫЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕЧЕНИЯ ИНФАРКТА МИОКАРДА . . . . .	296
<b>Д.И. Писарев, О.О. Новиков, Н.В. Автина, Н.А. Писарева</b> ХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЛИСТЬЕВ РЕПЕШКА ОБЫКНОВЕННОГО . . . . .	299
<b>В.Н. Покусеева, Е.И. Мариновичева, Г.А. Беденкова, А.С.Вахрушина</b> ЭНДОКРИННО-МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ НАРУШЕНИЯ И ЛАКТАЦИЯ . . . . .	303
<b>М.С. Савушкин, И.Б. Белова</b> ВОЗМОЖНОСТИ ТРАНСРЕКТАЛЬНОЙ ДОПЛЕРОГРАФИИ В ДИАГНОСТИКЕ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ . . . . .	307
<b>О.С. Саурина, А.Б. Бочкарев, В.С. Адоньева</b> ОПТИМИЗАЦИЯ ДОСТУПНОСТИ И КАЧЕСТВА АМБУЛАТОРНОЙ ПОМОЩИ ПАЦИЕНТАМ С ХРОНИЧЕСКИМИ ВИРУСНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ПЕЧЕНИ . . . . .	312
<b>О.С. Саурина, Г.Л. Захарченко, А.В. Удодов, А.А. Васильев</b> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫМИ НОВООБРАЗОВАНИЯМИ ТРАХЕИ, БРОНХОВ И ЛЕГКОГО НА ТЕРРИТОРИИ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ . . . . .	317
<b>О.С. Саурина, И.В. Мамошина, А.В. Мамошин</b> АНАЛИЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ОСТРЫМ ПАНКРЕАТИТОМ НА ТЕРРИТОРИИ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ . . . . .	322
<b>Е.А. Семенова, В.И. Вишневыский</b> СТРЕСС И ГИПЕРТОНИЯ . . . . .	327
<b>О.Ю. Синенкова, Д.Б. Коломеец</b> ЛЕЧЕНИЕ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТОНИИ У МОЛОДЫХ МУЖЧИН ПРИЗЫВНОГО ВОЗРАСТА БЛОКАТОРАМИ РЕЦЕПТОРОВ АНГИОТЕНЗИНА II . . . . .	332
<b>Р.Н. Степанова, А.С. Косова, Л.П.Тарасова, Н.Н. Смолечкова</b> ДОПЛЕРОСОНОМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРЕЭКЛАМПСИИ В I ТРИМЕСТРЕ БЕРЕМЕННОСТИ . . . . .	338
<b>И.А. Филина</b> МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ АПТЕЧНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ. . . . .	347
<b>М.А. Халикова, Е.Т. Жилякова, О.О. Новиков, М.А. Новикова, Д.В. Придачина</b> РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ГЛАЗНЫХ КАПЕЛЬ «ТАУРИКАМ». . . . .	351
<b>М.Ю. Чернов, М.А. Халилов, А.Д. Снимицкова</b> КЛИНИКО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЯЖЕЛЫХ ФОРМ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМЫ У ЖИТЕЛЕЙ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ. . . . .	356

## СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>Л.Н. Анищенко</i> БРИОИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ РАЙОНА ОПАСНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ (НА ПРИМЕРЕ ОУХО БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ) . . . . .	364
<i>В.С. Буяров, И.В. Червонова, А.Н. Грибкова</i> ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА «ЭКОФИЛЬТРУМ» НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС И КАЧЕСТВО МЯСА ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ КРОССА «РОСС-308» . . . . .	370
<i>М.В. Воронкова</i> БЕЛКОВО-УГЛЕВОДНЫЙ КОМПЛЕКС КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ . . . . .	373
<i>Н.Г. Друшляк</i> ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕМЯН ГОРОХА В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ . . . . .	378
<i>Н.В. Ермакова</i> КАТАЛИТИЧЕСКАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ФЕРМЕНТОВ ПЕРЕАМИНИРОВАНИЯ У КОРОВ В УСЛОВИЯХ СМЕНЫ СЕЗОНОВ ГОДА. . . . .	382
<i>Н.Н. Лысенко, Е.Г. Прудникова, Н.Л. Хилкова, Е.И. Чекалин</i> ОСОБЕННОСТИ ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РАСТЕНИЯХ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ОБРАБОТКЕ ФУНГИЦИДОМ. . . . .	385
<i>В.С. Никульников, Е. А. Кононенко, А.И. Атрохов, Ю.Н. Фатеева</i> РЕЗУЛЬТАТЫ ГИБРИДИЗАЦИИ И МЕЖПОРОДНОГО СКРЕЩИВАНИЯ В СВИНОВОДСТВЕ . . . . .	389
<i>Г.А. Симонов, В.С. Никульников, В.С. Зотеев</i> ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ РАЦИОНА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ БЫЧКОВ ПРИ ОТКОРМЕ НА СВЕЖЕЙ ЗЕРНОВОЙ БАРДЕ . . . . .	392
<i>А.И. Шендаков, В.С. Буяров, Т.А. Шендакова, О.А. Шалимова</i> СЕЛЕКЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ В СИСТЕМАХ РАЗВЕДЕНИЯ МОЛОЧНОГО СКОТА В ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ . . . . .	395
<i>И.Э. Федотова</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕЦИЗИОННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ УСКОРЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЛЕКЦИИ СОРТОВ И ПОДВОЕВ ВИШНИ . . . . .	400
<b>ГЕОГРАФИЯ</b>	
<i>А.М. Сараева</i> ТОПОНИМИКА ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ* . . . . .	405
<i>Л.Н. Трофимец, Е.А. Паниди</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ САМООЧИЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОЙМЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РЕКИ НУГРЬ НИЖЕ Г.БОЛХОВА . . . . .	410
ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ . . . . .	417
РЕДАКЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКАЯ КОЛЛЕГИЯ . . . . .	418
РЕДАКЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКАЯ КОЛЛЕГИЯ СЕРИИ . . . . .	419

**И.Ф. АВДЕЕВ**

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математического и информационного анализа экономических процессов Орловского государственного университета  
E-mail: ivan\_avd@mail.ru  
Тел. 8 920 806 17 77

## ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДЗЕТА-ФУНКЦИИ КВАДРАТИЧНОЙ ФОРМЫ КОНЕЧНОЙ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОЙ СУММОЙ С ОСТАТКОМ

*В данной статье получен новый остаточный член в представлении дзета-функции квадратичной формы.*

*Ключевые слова:* дзета-функция квадратичной формы, теорема о среднем, приближенное функциональное уравнение, ряд Дирихле, формула суммирования Сонина.

Пусть  $\zeta(s, K)$  – дзета-функция квадратичной формы  $K$ , определяется равенством

$$\zeta(s, K) = \sum_{m^2+n^2 \neq 0} \frac{1}{(K(m, n))^s},$$

где  $s$  – комплексное число,  $s = \sigma + it$ . Мы будем рассматривать задачу вывода простейшего приближенного функционального уравнения для дзета-функции  $\zeta(s, K)$ , позволяющего продолжить эту функцию и получить нетривиальные оценки модуля этой функции вблизи единичной прямой  $\sigma = 1$ . Будем считать, что форма  $K(m, n)$  представлена в виде

$$K(m, n) = am^2 + bmn + cn^2,$$

здесь коэффициенты  $a, b$  и  $c$  предполагаются удовлетворяющими условиям

$$|b| \leq c \leq a, \quad d = 4ac - b^2,$$

где  $-d < 0$  – дискриминант формы.

Проверим сходимость ряда Дирихле в области  $\sigma > 1$ .

Имеем

$$\left| \sum_{m^2+n^2 \neq 0} \frac{1}{(K(m, n))^s} \right| \leq \sum_{m^2+n^2 \neq 0} \frac{1}{(K(m, n))^s} \leq \sum_{m^2+n^2 \neq 0} \frac{2}{(am^2 + bmn + cn^2)^\sigma}.$$

Так как  $|bmn| \leq \frac{|b|}{2}(m^2 + n^2)$  и

$$K(m, n) = am^2 + bmn + cn^2 \geq am^2 + cn^2 - \frac{|b|}{2}(m^2 + n^2) \geq \frac{a}{2}m^2 + \frac{c}{2}n^2.$$

Далее

$$\sum_{m^2+n^2 \neq 0} \frac{2}{(am^2 + cn^2)^\sigma} \leq$$

$$\leq \sum_{m^2+n^2 \neq 0} \frac{2}{(m^2 + n^2)^\sigma} \leq \sum_{n=1}^{\infty} \frac{r(n)}{n^\sigma}.$$

Здесь  $r(n)$  – есть число представления натурального  $n$  в виде суммы двух квадратов целых чисел. Известно, что  $r(n)$  удовлетворяет неравенству

$$r(n) \leq 4\tau(n),$$

где  $\tau(n)$  – число делителей  $n$ . С другой стороны, для  $\tau(n)$  известна оценка

$$\tau(n) \leq n^\varepsilon \left( \frac{2}{\varepsilon \ln 2} \right)^{\frac{1}{\varepsilon}},$$

$\varepsilon > 0$  – любое [1]. Поэтому ряд  $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{r(n)}{n^\sigma}$  сходится

при всех  $\sigma = 1 + \varepsilon$ , что и требовалось доказать.

Отметим, что при  $\sigma > 1$

$$\begin{aligned} \zeta(s, K) &= \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2}{c^s n^{2s}} + \sum_{m>0} \frac{2}{(K(m, n))^s} = \\ &= \sum_{m, n \geq 1} \frac{2}{(K(m, n))^s} + \sum_{m, n \geq 1} \frac{2}{(K(m, -n))^s} + \\ &\quad + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2}{c^s n^{2s}} + \sum_{m=1}^{\infty} \frac{2}{a^s m^{2s}} = \\ &= \sum_{m, n \geq 1} \frac{2}{(K(m, n))^s} + \\ &\quad + \sum_{m, n \geq 1} \frac{2}{(K(m, -n))^s} + 2(a^{-s} + c^{-s})\zeta(2s). \end{aligned}$$

Для каждого из трех слагаемых правой части последнего равенства необходимо вывести приближенное функциональное уравнение. Но для функции  $\zeta(s)$  соответствующее уравнение давно известно см. [2], а для каждого из двух других сла-

гаемых оно выводится одинаково. Поэтому ограничимся рассмотрением функции  $f(s)$  вида

$$f(s) = \sum_{m,n \geq 1} \frac{1}{(K(m,n))^s} = \sum_{m,n \geq 1} \frac{2}{(am^2 + bmn + cn^2)^s} = 2(4a)^s g(s),$$

где  $g(s)$  определена последним равенством. Точнее

$$g(s) = \sum_{m,n \geq 1} \frac{1}{((2am + bn)^2 + dn^2)^s}.$$

Будем искать приближенное функциональное уравнение для функции  $g(s)$ . Справедливо следующее утверждение теоремы.

**Теорема.** При  $\sigma > \frac{1}{2}$ ,  $t > 0$  для точек  $s = \sigma + it$  с условием  $t < \pi v$ , где  $v$  – полуцелое справедливо приближенное функциональное уравнение вида

$$g(s) = \sum_{m,n \leq v} f(m,n) + \int_M f(x,y) dx dy + O(a^2 t (a + v\sqrt{d})^{-2\sigma}).$$

Здесь  $M = M_0 \setminus M_1$ , где  $M_0$  – область точек с условием  $\frac{1}{2} \leq x, y < +\infty$ , а  $M_1$  – область, определенная неравенством  $\max(x,y) < V$ .

Зафиксируем  $n \geq 1$  и рассмотрим сумму  $g_n(s)$  по  $m$  вида

$$g_n(s) = \sum_{m \geq 1} \frac{1}{((2am + bn)^2 + dn^2)^s}.$$

Для доказательства теоремы нам потребуется следующая лемма.

**Лемма 1.** Пусть  $Q$  и  $R$  – полуцелые числа, удовлетворяющие условию  $Q < R$ . На функцию  $f(x)$  наложим условие, что на отрезке  $[Q, R]$  ее вторая производная существует и непрерывна. Тогда при любом натуральном  $m$  справедлива следующая формула

$$\sum_{Q < x \leq R} f(x) = \int_Q^R f(x) dx + \frac{f'(x)}{12} \Big|_Q^R + T_2,$$

где

$$T_2 = \int_Q^R f''(x) \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\cos 2\pi kx}{(2\pi k)^2} dx.$$

Доказательство. См. [3], [4], [5].

В качестве  $f(x)$  в этой лемме возьмем функцию вида

$$f(x) = f(x,n) = \frac{1}{((2ax + bn)^2 + dn^2)^s}.$$

Положим также  $Q = V$ , а параметр  $R$  будем считать большим числом, превосходящим  $V$ . Тогда для суммы

$$A_Q(s) = \sum_{V < m \leq Q} \frac{1}{((2am + bn)^2 + dn^2)^s}$$

приходим к равенству

$$A_Q(s) = \int_V^R \frac{dx}{((2ax + bn)^2 + dn^2)^s} + (((2ax + bn)^2 + dn^2)^{-s})'_x \frac{1}{12} \Big|_V^R + T_2,$$

где

$$T_2 = \int_V^R (((2ax + bn)^2 + dn^2)^{-s})''_{xx} \times \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\cos 2\pi kx}{(2\pi k)^2} dx.$$

Вычислим явно первые и вторые производные по  $x$ , указанные выше. Имеем

$$\begin{aligned} & (((2ax + bn)^2 + dn^2)^{-s})'_x = \\ & = -s((2ax + bn)^2 + dn^2)^{-s-1} \times \\ & \quad \times 4a(2ax + bn), \\ & (-s((2ax + bn)^2 + dn^2)^{-s-1} 4a(2ax + bn))'_x = \\ & = s(s+1)((2ax + bn)^2 + dn^2)^{-s-2} \times \\ & \quad \times 16a^2(2ax + bn)^2 - \\ & \quad - s((2ax + bn)^2 + dn^2)^{-s-1} 8a^2 \end{aligned}$$

В случае, когда  $\sigma > 1$ , параметр  $R$  можно устремить к бесконечности. В результате приходим к равенству при каждом  $n < V$ , где  $V$  – полуцелое

$$\begin{aligned} g_n(s) &= \sum_{m \geq 1} \frac{1}{((2am + bn)^2 + dn^2)^s} = \\ &= \sum_{1 \leq m \leq V} \frac{1}{((2am + bn)^2 + dn^2)^s} + \\ &+ \int_V^{\infty} \frac{dx}{((2ax + bn)^2 + dn^2)^s} - \\ &- \frac{(((2aV + bn)^2 + dn^2)^{-s})'_x}{12} + \\ &+ \int_V^{\infty} (((2ax + bn)^2 + dn^2)^{-s})''_{xx} \times \end{aligned}$$

$$\times \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\cos 2\pi kx}{(2\pi k)^2} dx.$$

В случае  $n > V$  будем иметь

$$\begin{aligned} g_n(s) &= \sum_{m \geq 1} \frac{1}{((2am + bn)^2 + dn^2)^s} = \\ &= \int_{1/2}^{\infty} \frac{dx}{((2ax + bn)^2 + dn^2)^s} - \\ &\quad - \frac{(((2a + bn)^2 + dn^2)^{-s})'_x}{12} + \\ &\quad + \int_V^{\infty} (((2ax + bn)^2 + dn^2)^{-s})''_{xx} \times \\ &\quad \times \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\cos 2\pi kx}{(2\pi k)^2} dx. \end{aligned}$$

Далее просуммируем величину  $g_n(s)$  по параметру  $n$ . Имеем

$$\begin{aligned} g(s) &= \sum_{n=1}^{\infty} g_n(s) = \sum_{n < V} g_n(s) + \\ &\quad + \sum_{n > V} g_n(s) = G_1 + G_2. \end{aligned}$$

Преобразуем величины  $G_1$  и  $G_2$ . Рассмотрим сначала величину  $G_1$ . Получим

$$\begin{aligned} G_1 &= \sum_{n < V} g_n(s) = \\ &= \sum_{n < V} \sum_{m < V} \frac{1}{((2am + bn)^2 + dn^2)^s} + \\ &\quad + \sum_{n < V} \int_V^{\infty} \frac{dx}{((2ax + bn)^2 + dn^2)^s} - \\ &\quad - \sum_{n < V} \frac{(((2aV + bn)^2 + dn^2)^{-s})'_V}{12} + \\ &\quad + \sum_{n < V} \int_V^{\infty} (((2ax + bn)^2 + dn^2)^{-s})''_{xx} \times \\ &\quad \times \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\cos 2\pi kx}{(2\pi k)^2} dx = G_{11} + G_{12} + R_{11} + R_{12}. \end{aligned}$$

Здесь значения  $G_{11}$ ,  $G_{12}$ ,  $R_{11}$ ,  $R_{12}$  очевидным образом определяются последним равенством.

Рассмотрим сумму  $G_2$ .

$$G_2 = \sum_{n > V} g_n(s) =$$

$$\begin{aligned} &= \sum_{n > V} \sum_{m \geq 1} \frac{1}{((2am + bn)^2 + dn^2)^s} = \\ &= \sum_{n > V} \int_{1/2}^{\infty} \frac{dx}{((2ax + bn)^2 + dn^2)^s} - \\ &\quad - \sum_{n > V} \frac{(((a + bn)^2 + dn^2)^{-s})'_x}{12} + \\ &\quad + \sum_{n > V} \int_{1/2}^{\infty} (((2ax + bn)^2 + dn^2)^{-s})''_{xx} \times \\ &\quad \times \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\cos 2\pi kx}{(2\pi k)^2} dx = G_{21} + R_{21} + R_{22}. \end{aligned}$$

Значение величин  $G_{21}$ ,  $R_{21}$ ,  $R_{22}$  в последнем равенстве определены однозначно.

Из суммы  $G_{12} + G_{21}$  выделим главный член в виде двойного интеграла из формулировки теоремы с допустимой погрешностью. После этого оценим погрешности, вносимые остатками  $R_{11}$ ,  $R_{12}$ ,  $R_{21}$ ,  $R_{22}$ . Член  $G_{11}$  присутствует в формулировке теоремы и в дальнейших преобразованиях не нуждается.

Исследование  $G_{12}$ .

Имеем

$$\begin{aligned} G_{12} &= \sum_{n < V} \int_V^{\infty} \frac{dx}{((2ax + bn)^2 + dn^2)^s} = \\ &= \int_V^{\infty} \sum_{n < V} \frac{dx}{((2ax + bn)^2 + dn^2)^s}. \end{aligned}$$

К внутренней сумме применим лемму 1 со значением параметров  $Q = \frac{1}{2}$ ,  $R = V$ . Получим

$$\begin{aligned} &\int_V^{\infty} \sum_{n < V} \frac{dx}{((2ax + bn)^2 + dn^2)^s} = \\ &= \int_V^{\infty} \int_{1/2}^V \frac{dx dy}{((2ax + by)^2 + dy^2)^s} + \\ &\quad + \frac{1}{12} \int_V^{\infty} \left( \frac{1}{((2ax + by)^2 + dy^2)^s} \right)'_y \Big|_{1/2}^V dx + \\ &\quad + \int_V^{\infty} \int_{1/2}^V (((2ax + by)^2 + dy^2)^{-s})''_{yy} \times \\ &\quad \times \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\cos 2\pi ky}{(2\pi k)^2} dx dy = I_{12} + R_{121} + R_{122}. \end{aligned}$$

Как и ранее, введенные выше величины определя-

ются последним равенством.

Заметим, что несобственные интегралы, являющиеся слагаемыми суммы  $G_{12}$ , сходятся абсолютно в области  $\sigma > 1$  и поэтому являются аналитическими функциями по переменной  $s$  в этой области.

$$\begin{aligned} R_{121} &= \frac{1}{12} \int_V^\infty \left( \frac{1}{((2ax+by)^2 + dy^2)^s} \right)' \Big|_{y=1/2}^V dx = \\ &= \frac{1}{12} \int_V^\infty -s((2ax+by)^2 + dy^2)^{-s-1} \times \\ &\quad \times 2(2abx + y(b^2 + d))2a \Big|_{1/2}^V dx \ll \\ &\ll t \int_V^\infty ((2ax+bV)^2 + dV^2)^{-\sigma-1} (abx+Vd) dx + \\ &\quad + t \int_V^\infty ((ax+b)^2 + d)^{-\sigma-1} (abx+1) dx \ll \\ &\ll t \int_V^\infty \frac{(abx+Vd)}{(a^2x^2)^{\sigma+1}} + t \int_V^\infty \frac{(abx+1)}{(a^2x^2)^{\sigma+1}} \ll \\ &\ll \frac{Vdt}{a^{2\sigma+2}V^{2\sigma+1}} = \frac{t}{a^{2\sigma}V^{2\sigma}}. \end{aligned}$$

Теперь рассмотрим  $R_{122}$ . По определению

$$\begin{aligned} R_{122} &= \int_V^\infty \int_{1/2}^V (((2ax+by)^2 + dy^2)^{-s})''_{yy} \times \\ &\quad \times \sum_{k=1}^\infty \frac{\cos 2\pi ky}{(2\pi k)^2} dx dy. \end{aligned}$$

Вычислим значение второй частной производной подынтегральной функции

$$\begin{aligned} &(((2ax+by)^2 + dy^2)^{-s})'_y = \\ &= -s((2ax+by)^2 + dy^2)^{-s-1} \times \\ &\quad \times (2(ax+by)b + 2yd) \\ &((-s((2ax+by)^2 + dy^2)^{-s-1} (2(2ax+by)b + 2yd))'_y = \\ &= s(s+1)((2ax+by)^2 + y^2d)^{-s-2} \times \\ &\quad \times (2(ax+by)b + 2yd)^2 - \\ &\quad -s((2ax+by)^2 + y^2d)^{-s-1} (2b^2 + 2d). \end{aligned}$$

Следовательно,

$$\begin{aligned} R_{122} &= \int_V^\infty dx \int_{1/2}^V (s(s+1)((2ax+by)^2 + y^2d)^{-s-2} \times \\ &\quad \times (2(2ax+by)b + 2yd)^2 - \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &-s((2ax+by)^2 + y^2d)^{-s-1} (2b^2 + 2d)) \times \\ &\quad \times \sum_{k=1}^\infty \frac{\cos 2\pi ky}{(2\pi k)^2} dy = \\ &= \int_V^\infty dx \int_{1/2}^V (s(s+1))((2ax+by)^2 + y^2d)^{-s-2} \times \\ &\quad \times (2(2ax+by)b + 2yd)^2 \sum_{k=1}^\infty \frac{\cos 2\pi ky}{(2\pi k)^2} dy - \\ &- \int_V^\infty dx \int_{1/2}^V s((2ax+by)^2 + y^2d)^{-s-1} (2b^2 + 2d) \times \\ &\quad \times \sum_{k=1}^\infty \frac{\cos 2\pi ky}{(2\pi k)^2} dy = R_{1221} - R_{1222}. \end{aligned}$$

Для оценки величины  $R_{1221}$  снова воспользуемся второй теоремой о среднем. Имеем

$$\begin{aligned} R_{1221} &= s(s+1) \sum_{k=1}^\infty \frac{1}{(2\pi k)^2} \int_{1/2}^V \cos 2\pi ky dy \times \\ &\quad \times \int_V^\infty ((2ax+by)^2 + y^2d)^{-s-2} \times \\ &\quad \times (2(2ax+by)b + 2yd)^2 dx. \end{aligned}$$

Далее

$$\begin{aligned} &\int_V^\infty ((2ax+by)^2 + y^2d)^{-s-2} \times \\ &\quad \times (2(2ax+by)b + 2yd)^2 dx \leq \\ &\leq \int_V^\infty ((2ax+by)^2 + y^2d)^{-\sigma-2} \times \\ &\quad \times (2(2ax+by)b + 2yd)^2 dx. \end{aligned}$$

Далее

$$\begin{aligned} &(4abx + 2b^2y^2 + 2yd)^2 \times \\ &\quad \times ((2ax+by)^2 + y^2d)^{-\sigma-2} \ll \\ &\ll \left( \frac{2abx + b^2y^2 + yd}{(2ax+by)^2 + y^2d} \right)^2 ((2ax+by)^2 + y^2d)^{-\sigma}. \end{aligned}$$

Напомним, что  $x \geq V \geq y \geq \frac{1}{2}$ . Дальнейшую оценку разобьем на 2 случая.

Первый случай  $a^2x^2 \geq y^2d$ . Тогда  $x^2 \geq \frac{y^2d}{a^2}$ ,  $x \geq \frac{y\sqrt{d}}{a}$ ,  $y \leq \frac{ax}{\sqrt{d}}$ . Следовательно,



$$\begin{aligned} \left( \frac{2abx + b^2y^2 + yd}{(2ax + by)^2 + y^2d} \right)^2 &\ll \left( \frac{a^2x + yd}{a^2x^2 + y^2d} \right)^2 \\ &\ll \left( \frac{a^2x + xa\sqrt{d}}{a^2x^2} \right)^2 = \left( \frac{a + \sqrt{d}}{ax} \right)^2. \end{aligned}$$

По определению,  $4ac - b^2 = d$ , причем  $a \geq c \geq |b|$ , следовательно,  $3ac < d$ ,  $a \ll \sqrt{d}$ . Поэтому

$$\left( \frac{a + \sqrt{d}}{ax} \right)^2 \ll \left( \frac{\sqrt{d}}{ax} \right)^2 = \frac{d}{a^2x^2} \ll \frac{d}{a^2V^2}.$$

Кроме того

$$\begin{aligned} ((2ax + by)^2 + y^2d)^{-\sigma} &\ll \\ &\ll (a^2x^2 + y^2d)^{-\sigma} \ll a^{-2\sigma}x^{-2\sigma}. \end{aligned}$$

Во втором случае имеем  $a^2x^2 \leq y^2d$ . Тогда  $x^2 \leq \frac{y^2d}{a^2}$ ,  $x \leq \frac{y\sqrt{d}}{a}$ . Следовательно,

$$\begin{aligned} \left( \frac{a^2x + yd}{a^2x^2 + y^2d} \right)^2 &\ll \left( \frac{a^2\frac{y\sqrt{d}}{a} + yd}{y^2d} \right)^2 = \\ &= \left( \frac{a + \sqrt{d}}{y\sqrt{d}} \right)^2 \ll \frac{1}{y^2}. \end{aligned}$$

Имеем также

$$\begin{aligned} ((2ax + by)^2 + y^2d)^{-\sigma} &\ll \\ &\ll (a^2x^2 + y^2d)^{-\sigma} \ll (y^2d)^{-\sigma}. \end{aligned}$$

В первом случае подынтегральная функция  $A(y)$  оценивается так

$$A(y) \ll \frac{d}{a^2x^2} (a^2x^2)^{-\sigma}.$$

Следовательно,

$$A(y) \ll \frac{d}{a^{2+2\sigma}x^{2+2\sigma}}.$$

Во втором случае имеем

$$A(y) \ll \frac{1}{y^2} (y^2d)^{-\sigma} = \frac{1}{y^{2+2\sigma}d^\sigma}.$$

Далее оценку функции  $A(y)$  проинтегрируем по  $u$  в пределах от  $1/2$  до  $V$ .

Заметим, что параметр  $x$  при этом принимает некоторое фиксированное значение с условием  $x \geq V$ . Это значение таково, что

$$x > V \geq \frac{V\sqrt{d}}{a},$$

поэтому второй случай, при котором  $y \geq \frac{ax}{\sqrt{d}}$  не имеет места, так как тогда выполняется неравенство

$$y > \frac{a}{\sqrt{d}} \frac{V\sqrt{d}}{a} = V,$$

что невозможно. В этой ситуации получим

$$\int_{1/2}^V A(y) dy \ll \frac{Vd}{a^{2+2\sigma}x^{2+2\sigma}} \ll \frac{d}{a^{2+2\sigma}V^{1+2\sigma}}.$$

Суммируя эту оценку по  $k$  и учитывая, что  $s \ll t$ , окончательно получаем

$$R_{1221} \ll \frac{t^2}{d^\sigma V^{1+2\sigma}}.$$

Теперь рассмотрим  $R_{1222}$ . По определению,

$$\begin{aligned} R_{1222} &= s \int_{1/2}^V dx \int_{1/2}^V ((2ax + by)^2 + y^2d)^{-s-1} \times \\ &\times (2b^2 + 2d) \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\cos 2\pi ky}{(2\pi k)^2} dy = \\ &= s(2b^2 + 2d) \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{(2\pi k)^2} \int_{1/2}^V \cos 2\pi ky dy \times \\ &\times \int_{1/2}^V ((2ax + by)^2 + y^2d)^{-s-1} dx. \end{aligned}$$

Положим,

$$A_2(y) = \int_{1/2}^V ((2ax + by)^2 + y^2d)^{-\sigma-1} dx.$$

Тогда

$$((2ax + by)^2 + y^2d)^{-\sigma-1} \ll (a^2x^2 + y^2d)^{-\sigma-1}.$$

В случае  $a^2x^2 \geq y^2d$  имеем

$$(a^2x^2 + y^2d)^{-\sigma-1} \ll a^{-2\sigma-2}x^{-2\sigma-2}, \text{ откуда заключаем, что } A_2(y) \ll \frac{a^{-2\sigma-2}x^{-2\sigma-2}}{aVt} = \frac{1}{a^{2\sigma+3}x^{2\sigma+2}Vt}.$$

Во втором случае  $y^2d > a^2x^2$ , следовательно,

$$\begin{aligned} ((2ax + by)^2 + y^2d)^{-\sigma-1} &\ll \\ &\ll (a^2x^2 + y^2d)^{-\sigma-1} \ll \\ &\ll (y^2d)^{-\sigma-1} = y^{-2\sigma-2}d^{-\sigma-1}, \end{aligned}$$

$$\text{откуда } A_2(y) \ll (y^2d)^{-\sigma-1} = \frac{1}{y^{2\sigma+2}d^{\sigma+1}}.$$

Полученную оценку для  $A_2(y)$  необходимо проинтегрировать по  $u$  в пределах от  $1/2$  до  $V$ . По условию

$x \geq V$ . При этом  $x > \frac{V\sqrt{d}}{a}$  и второй случай не имеет места. Поэтому

$$H_2 = \int_{1/2}^V A_2(y) dy \ll \frac{V}{a^{2\sigma+2}V^{2\sigma+1}} = \frac{1}{a^{2\sigma+2}V^{2\sigma}}.$$

Из последней оценки вытекает, что

$$R_{1222} \ll t d H_2 \ll \frac{t\sqrt{d}}{a^{2\sigma+2}V^{2\sigma}}.$$

Сравнивая оценки для  $R_{1221}$  и  $R_{1222}$ , приходим к неравенству

$$R_{122} \leq |R_{1221}| + |R_{1222}| \ll \frac{t^2}{d^\sigma V^{1+2\sigma}} + \frac{t\sqrt{d}}{a^{2\sigma+2}V^{2\sigma}}.$$

**Оценка остатка  $R_{11}$ .**

По определению,

$$R_{11} = -\frac{1}{12} \sum_{n < V} (((2aV + bn)^2 + dn^2)^{-s})'_V.$$

Явный вид производной по  $V$  для слагаемых последней суммы имеет вид

$$\begin{aligned} & (((2aV + bn)^2 + dn^2)^{-s})'_V = \\ & = -s((2aV + bn)^2 + dn^2)^{-s-1} \times \\ & \quad \times 4a(2aV + bn) \ll \\ & \ll t((aV)^2 + dn^2)^{-\sigma-1} a^2 V \ll \\ & \ll t(aV)^{-2\sigma-2} a^2 V = t a^{-2\sigma} V^{-2\sigma-1}. \end{aligned}$$

Суммируя по  $n < V$ , получим  $R_{11} \ll t a^{-2\sigma} V^{-2\sigma-1}$ .

**Оценка остатка  $R_{12}$ .**

Значение величины  $R_{12}$  определяется равенством

$$\begin{aligned} R_{12} &= \sum_{n < V} \int_V^{\infty} (((2ax + bn)^2 + dn^2)^{-s})''_{xx} \times \\ & \quad \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\cos 2\pi kx}{(2\pi k)^2} dx = \sum_{n < V} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{(2\pi k)^2} \times \\ & \quad \times \int_V^{\infty} (((2ax + bn)^2 + dn^2)^{-s})''_{xx} \cos 2\pi kx dx. \end{aligned}$$

Но

$$\begin{aligned} & (((2ax + bn)^2 + dn^2)^{-s})''_{xx} = \\ & = 16a^2 s(s+1) ((2ax + bn)^2 + dn^2)^{-s-2} \times \\ & \times (2ax + bn)^2 - 8a^2 s ((2ax + bn)^2 + dn^2)^{-s-1}. \end{aligned}$$

В соответствии с последним равенством величина  $R_{12}$  представляется в виде двух слагаемых  $R_{12} = R_{121} + R_{122}$ , где

$$\begin{aligned} R_{121} &= \sum_{n < V} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{4a^2 s(s+1)}{(\pi k)^2} \times \\ & \times \int_V^{\infty} (((2ax + bn)^2 + dn^2)^{-s-2} \times \\ & \times (2ax + bn)^2 \cos 2\pi kx dx \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{122} &= - \sum_{n < V} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{2a^2 s}{(\pi k)^2} \times \\ & \times \int_V^{\infty} (((2ax + bn)^2 + dn^2)^{-s-1} \cos 2\pi kx dx. \end{aligned}$$

Рассмотрим сначала величину  $R_{121}$ . Для этого оценим величину  $B_n$ , являющуюся значением интервала по  $x$  в последней сумме, то есть

$$\begin{aligned} B_n(k) &= \int_V^{\infty} (((2ax + bn)^2 + dn^2)^{-s-2} \times \\ & \times (2ax + bn)^2 \cos 2\pi kx dx = \\ & = \int_V^{\infty} (((2ax + bn)^2 + dn^2)^{-\sigma-2} \times \\ & \quad \times e^{-it \ln((2ax+bn)^2 + dn^2)} \times \\ & \quad \times (2ax + bn)^2 \left( \frac{e^{2i\pi kx} + e^{-2i\pi kx}}{2} \right) dx. \end{aligned}$$

Выражение  $B_n$  разбивается на 2 слагаемых  $B_{n1}$  и  $B_{n2}$  вида

$$\begin{aligned} B_{n1}(k), B_{n2}(k) &= \frac{1}{2} \int_V^{\infty} (((2ax + bn)^2 + dn^2)^{-\sigma-2} \times \\ & \times (2ax + bn)^2 e^{-it \ln((2ax+bn)^2 + dn^2) \pm 2i\pi kx} dx. \end{aligned}$$

Оба слагаемых оцениваются одинаково. Рассмотрим, например,  $B_{n1}$ . С помощью второй теоремы о среднем опять приходим к оценке

$$B_{n1}(k) \ll ((2aV + bn)^2 + dn^2)^{-\sigma-2} (2aV + bn)^2 |I|,$$

где

$$I = \int_{\xi_1(n)}^{\xi_2(n)} e^{2i\pi kx - it \ln((2ax+bn)^2 + dn^2)} dx,$$

при некоторых числах  $\xi_2(n) > \xi_1(n) \geq V$ . Функцию, стоящую в показателе экспоненты, в интеграле  $I$  обозначим через  $if(x)$ . Для производной  $f'(x)$  выполнено равенство

$$f'(x) = 2\pi k - t \frac{2}{x} > 2\pi k - 2 \gg k.$$



Следовательно, оценка интеграла  $I$  по первой производной имеет вид  $I \ll \frac{1}{k}$ .  
Отсюда имеем

$$B_n(k) \ll B_{n1}(k) \ll \frac{((2aV + bn)^2 + dn^2)^{-\sigma-2} (2aV + bn)^2}{k}.$$

Подставляя полученную оценку в равенство для  $R_{121}$ , получим

$$R_{121} \ll \sum_{n < V} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{a^2 t^2}{k^3} \times \frac{(2aV + bn)^2}{((2aV + bn)^2 + dn^2)^{\sigma+2}} \ll a^2 t^2 \sum_{n < V} \frac{(2aV + bn)^2}{((2aV + bn)^2 + dn^2)^{\sigma+2}} \ll a^2 t^2 a^2 V^2 \sum_{n < V} \frac{(2aV + bn)^2}{((aV)^2 + dn^2)^{\sigma+2}} = a^4 t^2 V^2 \times \left( \sum_{n \leq \frac{aV}{\sqrt{d}}} \frac{(2aV + bn)^2}{((aV)^2 + dn^2)^{\sigma+2}} + \sum_{\frac{aV}{\sqrt{d}} < n < V} \frac{(2aV + bn)^2}{((aV)^2 + dn^2)^{\sigma+2}} \right).$$

Оценивая вклад каждой суммы, приходим к оценке

$$R_{121} \ll a^4 t^2 V^2 (aV)^{-2\sigma-3} d^{-1/2} = t^2 d^{-1/2} a^{1-2\sigma} V^{-2\sigma-1}.$$

Перейдем к оценке величины  $R_{122}$ . Для этого рассмотрим внутренний интеграл  $D_n(k)$  вида

$$D_n(k) = \int_V^{\infty} ((2ax + bn)^2 + dn^2)^{-s-1} \cos 2\pi kx dx = \frac{1}{2} \int_V^{\infty} ((2ax + bn)^2 + dn^2)^{-\sigma-1} \times e^{-it \ln((2ax+bn)^2 + dn^2)} (e^{2i\pi kx} + e^{-2i\pi kx}) dx.$$

Действуя по предыдущей схеме, получим

$$D_n(k) \ll \frac{1}{((aV)^2 + dn^2)^{\sigma+1} k}.$$

Отсюда имеем

$$R_{122} \ll a^2 t \sum_{n < V} \frac{1}{((aV)^2 + dn^2)^{\sigma+1}} \ll a^2 t V (aV)^{-2\sigma-2} = a^{-2\sigma} t V^{-2\sigma-1}.$$

Это окончательная оценка для величины  $R_{122}$ .

**Оценка величины  $G_{21}$ .**

Величина  $G_{21}$  определяется так:

$$G_{21} = \sum_{n > V} \int_{1/2}^{\infty} \frac{dx}{((2ax + bn)^2 + dn^2)^s}.$$

Суммирование по  $n$  сделаем внутренним

$$G_{21} = \int_{1/2}^{\infty} \sum_{n > V} \frac{dx}{((2ax + bn)^2 + dn^2)^s} = \int_{1/2}^{\infty} \sum_{n > V} Q(n) dx,$$

где  $Q(n)$  определяется последним равенством. Применяя формулу суммирования, получим

$$\int_{1/2}^{\infty} \sum_{n > V} Q(n) dx = \int_{1/2}^{\infty} \int_V^{\infty} Q(y) dy dx - \int_{1/2}^{\infty} \frac{Q'_y(y)}{12} \Big|_{y=V} dx + \int_{1/2}^{\infty} \int_V^{\infty} Q''_{yy}(y) \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\cos 2\pi ky}{(2\pi k)^2} dy dx = T_0 + R_{01} + R_{02}.$$

Нам требуется оценить остатки  $R_{01}$  и  $R_{02}$ . Рассмотрим сначала  $R_{01}$ .

$$R_{01} = \int_{1/2}^{\infty} \frac{Q'_y(y)}{12} \Big|_{y=V} dx.$$

Найдем явное значение подынтегрального выражения

$$Q'_y(y) = \left( \frac{1}{((2ax + by)^2 + dy^2)^s} \right)'_y = \frac{-s(2b(2ax + by) + 2dy)}{((2ax + by)^2 + dy^2)^{s+1}}.$$

$$R_{01} = \frac{-s}{6} \int_{1/2}^{\infty} \frac{b(2ax + bV) + dV}{((2ax + bV)^2 + dV^2)^{s+1}} dx \ll t \int_{1/2}^{\infty} \frac{b2ax + dV}{((2ax)^2 + dV^2)^{\sigma+1}} dx = t \int_{1/2}^{\frac{a}{\sqrt{d}}} \frac{b2ax + dV}{((2ax)^2 + dV^2)^{\sigma+1}} dx +$$

$$+t \int_{\frac{V\sqrt{d}}{a}}^{\infty} \frac{b2ax + dV}{((2ax)^2 + dV^2)^{\sigma+1}} dx = I_1 + I_2.$$

Далее

$$I_1 \ll t \int_{1/2}^{\frac{V\sqrt{d}}{a}} \frac{Vd}{(dV^2)^{\sigma+1}} dx \ll \ll t \frac{Vd}{(dV^2)^{\sigma+1}} \frac{V\sqrt{d}}{a} \ll \frac{t}{V^{2\sigma} d^{\sigma-1/2} a}.$$

Теперь оценим  $I_2$

$$I_2 \ll t \int_{\frac{V\sqrt{d}}{a}}^{\infty} \frac{bax + dV}{(ax)^{2\sigma+2}} dx = = t \int_{\frac{V\sqrt{d}}{a}}^{\infty} \frac{b}{a^{2\sigma+1} x^{2\sigma+1}} dx + t \int_{\frac{V\sqrt{d}}{a}}^{\infty} \frac{Vd}{a^{2\sigma+2} x^{2\sigma+2}} dx = = tba^{-(2\sigma+1)} x^{-2\sigma} \Big|_{x=\frac{V\sqrt{d}}{a}}^{\infty} + \frac{Vtd}{a^{2\sigma+2}} V^{-2\sigma-1} d^{\sigma-1/2} a^{2\sigma+1} = = \frac{tb}{aV^{2\sigma} d^{\sigma}} + \frac{td^{1/2-\sigma}}{aV^{2\sigma}} \ll \frac{t}{aV^{2\sigma} d^{\sigma-1/2}}.$$

Следовательно, общая оценка для  $R_{01}$  имеет вид

$$R_{01} \ll \frac{t}{aV^{2\sigma} d^{\sigma-1/2}}.$$

Перейдем к рассмотрению остатка  $R_{02}$ . Он имеет вид

$$R_{02} = \int_{1/2}^{\infty} dx \int_V^{\infty} Q''_{yy}(y) \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\cos 2\pi ky}{(2\pi k)^2} dy.$$

Найдем в явном виде  $Q''_{yy}$

$$Q''_{yy} = \frac{s(s+1)(2b(2ax+by)+2dy)^2}{((2ax+by)^2+dy^2)^{s+2}} - \frac{2s(b^2+d)}{((2ax+by)^2+dy^2)^{s+1}}.$$

Подстановка данного выражения в интеграл дает

$$R_{02} = \int_{1/2}^{\infty} dx \int_V^{\infty} \frac{s(s+1)(2b(2ax+by)+2dy)^2}{((2ax+by)^2+dy^2)^{s+2}} \times \times \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\cos 2\pi ky}{(2\pi k)^2} dy -$$

$$- \int_{1/2}^{\infty} dx \int_V^{\infty} \frac{2s(b^2+d)}{((2ax+by)^2+dy^2)^{s+1}} \times \times \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\cos 2\pi ky}{(2\pi k)^2} dy = R_{021} - R_{022}.$$

Займемся оценкой величины  $R_{021}$ . Вынося суммирование по  $k$  за знак интеграла и выражая  $\cos 2\pi ky$  через экспоненту, получим неравенство

$$R_{021} \ll \sum_{k=1}^{\infty} \frac{t^2}{(2\pi k)^2} \int_{1/2}^{\infty} dx \times \times \int_V^{\infty} \frac{(2b(2ax+by)+2dy)^2}{((2ax+by)^2+dy^2)^{\sigma+2}} \times \times e^{-it \ln(\varphi(y)) \pm 2\pi ik} dy,$$

где  $\varphi(y) = (2ax+by)^2 + dy^2$ .

Из второй теоремы о среднем вытекает оценка

$$\int_V^{\infty} \frac{(2b(2ax+by)+2dy)^2}{((2ax+by)^2+dy^2)^{\sigma+2}} \times \times e^{-it \ln(\varphi(y)) \pm 2\pi ik} dy \ll \ll \sup_{y \geq V} \left\{ \frac{(2b(2ax+by)+2dy)^2}{((2ax+by)^2+dy^2)^{\sigma+2}} \right\} \times \times \frac{1}{\min_{y \geq V} \left| t \frac{\varphi'(y)}{\varphi(y)} \pm 2\pi k \right|}.$$

Заметим, что  $t \frac{\varphi'(y)}{\varphi(y)} \ll \frac{t}{V} < 1$ . Поэтому

$$\frac{1}{\min_{y \geq V} \left| t \frac{\varphi'(y)}{\varphi(y)} \pm 2\pi k \right|} \ll \frac{1}{k}.$$

Далее оценим

$$\sup_{y \geq V} \left\{ \frac{(2b(2ax+by)+2dy)^2}{((2ax+by)^2+dy^2)^{\sigma+2}} \right\}$$

в зависимости от параметра  $x$ . В случае

$$2ax+by \leq y\sqrt{d},$$

имеем неравенство

$$\frac{(2b(2ax+by)+2dy)^2}{((2ax+by)^2+dy^2)^{\sigma+2}} \ll \ll \frac{(2b(2ax+by)+2dy)^2}{(dy^2)^{\sigma+2}} \ll \ll \frac{(2by\sqrt{d}+2dy)^2}{(dy^2)^{\sigma+2}} \ll \frac{(dy)^2}{(dy^2)^{\sigma+2}} = y^{-2\sigma-2} d^{-\sigma}.$$

Если же  $2ax+by > y\sqrt{d}$ , то

$$\frac{(2b(2ax+by)+2dy)^2}{((2ax+by)^2+dy^2)^{\sigma+2}} \ll$$

$$\ll \frac{(b(2ax + by) + dy)^2}{(2ax + by)^{\sigma+2}} \ll$$

$$\ll \left( \frac{b}{(2ax + by)^{\sigma+1}} \right)^2 + \left( \frac{yd}{(2ax + by)^{\sigma+1}} \right)^2.$$

Полученные оценки проинтегрируем по  $x$  и просуммируем по  $k$ . Суммирование по  $k$  дает абсолютную константу, поэтому приходим к оценке

$$R_{021} \ll t^2 \int_{1/2}^{\infty} y^{-2\sigma-2} d^{-\sigma} dx +$$

$$+ t^2 \int_{\frac{y\sqrt{d}-by}{2a}}^{\infty} \left( \left( \frac{b}{(2ax + by)^{\sigma+1}} \right)^2 + \left( \frac{yd}{(2ax + by)^{\sigma+2}} \right)^2 \right) dx \ll$$

$$\ll t^2 \left( y^{-2\sigma-2} \frac{y\sqrt{d}}{a} d^{-\sigma} \right) +$$

$$+ \frac{t^2}{a} \int_{y\sqrt{d}}^{\infty} \left( \left( \frac{b}{z^{\sigma+1}} \right)^2 + \left( \frac{yd}{z^{\sigma+2}} \right)^2 \right) dz \ll$$

$$\ll t^2 y^{-2\sigma-1} d^{\frac{1}{2}-\sigma} a^{-1} + t^2 a^{-1} b^2 (y\sqrt{d})^{-2\sigma-1} +$$

$$+ t^2 a^{-1} y^2 d^2 (y\sqrt{d})^{-2\sigma-3} \ll$$

$$\ll t^2 y^{-2\sigma-1} d^{\frac{1}{2}-\sigma} a^{-1} \ll t^2 V^{-2\sigma-1} d^{\frac{1}{2}-\sigma} a^{-1}.$$

Требуемая оценка для величины  $R_{021}$  получена. Перейдем теперь к оценке  $R_{022}$ . По определению,  $R_{022}$  имеет вид

$$R_{022} = \int_{1/2}^{\infty} dx \int_V^{\infty} \frac{2s(b^2 + d)}{((2ax + by)^2 + dy^2)^{s+1}} \times$$

$$\times \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\cos 2\pi ky}{(2\pi k)^2} dy.$$

Переходя к неравенствам, будем иметь

$$R_{022} \ll td \int_{1/2}^{\infty} dx \int_V^{\infty} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{e^{\pm 2\pi i k + it \ln(\varphi(y))}}{(2\pi k)^2 (\varphi(y))^{\sigma+1}} dy,$$

где  $\varphi(y) = (2ax + by)^2 + dy^2$ . Как и ранее, с помощью второй теоремы о среднем заключаем, что

$$R_{022} \ll td \int_{1/2}^{\infty} \frac{dx}{((2ax + by)^2 + dy^2)^{\sigma+1}},$$

где  $y \geq V$ . Внутренний интеграл по  $y$  оценим в зависимости от параметра  $x$ . Участок интегрирования разобьем на две части, отвечающие условиям  $2ax + by < y\sqrt{d}$  и  $2ax + by \geq y\sqrt{d}$ . Следовательно,

$$R_{022} \ll td \int_{1/2}^{\infty} \frac{dx}{((ax)^2 + V^2 d)^{\sigma+1}} \ll td \int_{1/2}^{\frac{V\sqrt{d}}{a}} \frac{dx}{(V^2 d)^{\sigma+1}} +$$

$$+ td \int_{\frac{V\sqrt{d}}{a}}^{\infty} \frac{dx}{((ax)^2)^{\sigma+1}} \ll tdV \frac{\sqrt{d}}{a} V^{-2\sigma-2} d^{-\sigma-1} +$$

$$+ tda^{-2\sigma-2} x^{-2\sigma-1} \Big|_{x=\frac{V\sqrt{d}}{a}} \ll td^{\frac{1}{2}-\sigma} a^{-1} V^{-1-2\sigma}.$$

Эта оценка лучше, чем оценка для  $R_{021}$ , поэтому имеем

$$R_{02} \ll td^{\frac{1}{2}-\sigma} a^{-1} V^{-1-2\sigma}.$$

### Оценка $R_{21}$ .

Выписывая явное представление для  $R_{21}$  и переходя к неравенствам, получим

$$R_{21} = - \sum_{n>V} \frac{(((a + bn)^2 + dn^2)^{-s})'_x}{12} \Big|_{x=\frac{1}{2}} =$$

$$= \frac{as}{3} \sum_{n>V} ((a + bn)^2 + dn^2)^{-s-1} (a + bn) \ll$$

$$\ll at \sum_{n>V} ((a + bn)^2 + dn^2)^{-\sigma-1} (a + bn) \ll$$

$$\ll at \sum_{n>V} (a^2 + dn^2)^{-\sigma-1} (a + bn) \ll$$

$$\ll at \sum_{V < n < \frac{a}{\sqrt{d}}} a^{-2(\sigma+1)} a +$$

$$+ at \sum_{\substack{n > \frac{a}{\sqrt{d}} \\ n > V}} (dn^2)^{-\sigma-1} (a + bn) \ll$$

$$\ll ata^{-2(\sigma+1)} \frac{a}{\sqrt{d}} \ll$$

$$\ll at \sum_{n>V} (a^2 + dn^2)^{-\sigma-1} (a + n\sqrt{d}) \ll$$

$$\ll at \sum_{n>V} (a + n\sqrt{d})^{-2\sigma-1} a \ll$$

$$\ll atd^{-\sigma-\frac{1}{2}} \sum_{n>V} \left( \frac{a}{\sqrt{d}} + n \right)^{-2\sigma-1} a \ll$$

$$\ll atd^{-\sigma-\frac{1}{2}} \left( \frac{a}{\sqrt{d}} + V \right)^{-2\sigma} = \frac{at}{\sqrt{d}} (a + Vd)^{-2\sigma}.$$

Таким образом,

$$R_{21} \ll \frac{at}{\sqrt{d}} (a + Vd)^{-2\sigma}.$$

Наконец, оценим  $R_{22}$ . Имеем

$$R_{22} = \sum_{n>V^{1/2}} \int_{1/2}^{\infty} (((2ax + bn)^2 + dn^2)^{-s})''_{xx} \times \\ \times \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\cos 2\pi kx}{(2\pi k)^2} dx.$$

Если  $P(x) = F(\varphi(x))$ , где  $F(\varphi) = \varphi^{-s}$

$$\varphi(x) = (2ax + bn)^2 + dn^2. \text{ То}$$

$$P''_{xx} = (P'_\varphi \varphi'_x)' = P''_{\varphi\varphi} (\varphi'_x)^2 + P'_\varphi \varphi''_{xx},$$

$$P'_\varphi = -s\varphi^{-s+1}, P''_{\varphi\varphi} = s(s+1)\varphi^{-s-2}$$

$$\varphi'_x = (2ax + bn)4a,$$

$$(\varphi'_x)^2 = 16a^2(2ax + bn)^2, \varphi''_{xx} = 8a^2.$$

Следовательно,  $P''_{xx} = P_1(x) + P_2(x)$ , где

$$P_1(x) = s(s+1)\varphi^{-s-2}16a^2(2ax + bn)^2,$$

$$P_2(x) = -s\varphi^{-s+1}8a^2.$$

В этих обозначениях величина  $R_{22}$  представляется в виде

$$R_{22} = R_{211} + R_{222},$$

где

$$R_{211} = \sum_{n>V^{1/2}} \int_{1/2}^{\infty} P_1(x) \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\cos 2\pi kx}{(2\pi k)^2} dx,$$

$$R_{222} = \sum_{n>V^{1/2}} \int_{1/2}^{\infty} P_2(x) \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\cos 2\pi kx}{k^2} dx.$$

Оценим сначала  $R_{221}$ . Имеем

$$R_{211} = \sum_{n>V^{1/2}} \int_{1/2}^{\infty} s(s+1)\varphi^{-s-2}16a^2(2ax + bn)^2 \times \\ \times \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\cos 2\pi kx}{(2\pi k)^2} dx = s(s+1) \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^2} \times \\ \times \sum_{n>V^{1/2}} \int_{1/2}^{\infty} \varphi^{-s-2}16a^2(2ax + bn)^2 \cos 2\pi kx dx.$$

Запишем величину  $\varphi^{-s-2}$  в виде

$$\varphi^{-s-2} = \varphi^{-\sigma-2} e^{-it \ln \varphi}$$

и применим вторую теорему о среднем. Получим

$$R_{211} \ll t^2 a^2 \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^3} \sum_{n>V} \frac{(a + bn)^2}{(a + n^2 d)^{-\sigma-2}} \ll$$

$$\ll t^2 a^2 \sum_{n>V} \frac{1}{(a + n\sqrt{d})^{-2\sigma-2}} \ll \\ \ll t^2 a^2 (a + V\sqrt{d})^{-2\sigma-1}.$$

Теперь рассмотрим  $R_{222}$ . Снова опираясь на вторую теорему о среднем, получим

$$R_{222} = \sum_{n>V^{1/2}} \int_{1/2}^{\infty} P_2(x) \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\cos 2\pi kx}{k^2} dx =$$

$$= -s\varphi^{-s+1}8a^2 \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^2} \times$$

$$\times \sum_{n>V^{1/2}} \int_{1/2}^{\infty} \varphi^{-\sigma-1} e^{-it \ln \varphi} \cos 2\pi kx dx \ll$$

$$\ll ta^2 \sum_{n>V} \frac{1}{((a + bn)^2 + dn^2)^{\sigma+1}} \ll \\ \ll ta^2 (a + V\sqrt{d})^{-2\sigma}.$$

Окончательная оценка для  $R_{22}$  приобретает вид

$$R_{22} \ll t^2 a^2 (a^2 + V\sqrt{d})^{-2\sigma-1} + ta^2 (a + V\sqrt{d})^{-2\sigma}.$$

Но

$$t(a + V\sqrt{d})^{-1} < 1 \text{ при } t < V. \text{ Поэтому}$$

$$R_{22} \ll a^2 t (a + V\sqrt{d})^{-2\sigma}.$$

Собирая вместе все полученные ранее оценки, приходим к следующему результату

$$g(s) = \sum_{1 \leq m, n \leq V} \frac{1}{((2am + bn)^2 + dn^2)^s} + \\ + \iint_M \frac{dx dy}{((2ax + by)^2 + dy^2)^s} + \\ + O(ta^{-2\sigma}V^{-2\sigma} + t^2V^{-1-2\sigma}d^{-\sigma} + \\ + td^{\frac{1}{2}}a^{-2\sigma-2}V^{-2\sigma} + ta^{-2\sigma}V^{-2\sigma-1} + \\ + td^{\frac{1}{2}-\sigma}a^{-1}V^{-2\sigma} + t^2V^{-1-2\sigma}d^{\frac{1}{2}-\sigma}a^{-1} + \\ + ta^2(a + V\sqrt{d})^{-2\sigma}).$$

Учитывая, что  $\sigma > \frac{1}{2}$ ,  $d < a^2$  и  $t \leq V$ , остаток в полученной формуле можно преобразовать к виду

$O(ta^2(a + V\sqrt{d})^{-2\sigma})$ , что и завершает доказательство теоремы.

## Библиографический список

1. *Виноградов И. М.* Метод тригонометрических сумм в теории чисел. Тр. МИАН СССР. 23, Изд-во АН СССР. М.–Л., 1947. 110 с.
2. *Титчмарш Е.К.* Теория дзета-функции Римана. Изд. иностр. лит. М., 1953. 409 с.
3. *Авдеев И.Ф.* О некоторых формулах суммирования. Чебышевский сборник. Тула, 2011. Т.12. 4(40). С. 24-32.
4. *Авдеев Ф.С., Авдеев И.Ф.* Асимптотическое разложение остаточного члена в приближенном функциональном уравнении для дзета-функции Римана. Ученые записки Орловского государственного университета. Серия «Естественные науки». Орел, 2012. №3(47). С.6-14.
5. *Авдеев И.Ф.* Об оценке остаточного члена в приближенном функциональном уравнении Харди-Литтлвуда для дзета-функции Римана \ Ученые записки Орловского государственного университета. Серия «Естественные науки». Орел, 2012. №3(47). С.15-19.

*I.F. AVDEEV***REPRESENTATION OF THE ZETA FUNCTION OF THE QUADRATIC FORM  
OF FINITE TRIGONOMETRIC SUM OF THE BALANCE**

*In this article Representation of the zeta function of the quadratic form with new remainder term.*

*Key words: Zeta function of the quadratic form, the mean value theorem, the approximate functional equation, summation formula Sonin's, the Dirichlet series.*



Н.А. АКСЁНОВ

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики и информационных технологий Орловского государственного университета

E-mail: aksenovna@inbox.ru

**К ВОПРОСУ ОБ АНАЛИТИЧЕСКОЙ РАЗРЕШИМОСТИ КОМПЛЕКСНОЙ ЗАДАЧИ КОШИ ДЛЯ НЕКОТОРЫХ СИСТЕМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ОПЕРАТОРНЫХ УРАВНЕНИЙ В ЛОКАЛЬНО ВЫПУКЛЫХ ПРОСТРАНСТВАХ**

*В работе рассматриваются слабые условия аналитической разрешимости комплексной задачи Коши, поставленной для некоторых систем дифференциально-операторных уравнений в ненормированных пространствах достаточно общей природы.*

*Ключевые слова: комплексная задача Коши, система дифференциально-операторных уравнений, локально выпуклое пространство, порядок оператора, тип оператора.*

**1. Введение**

Пусть  $H$  – произвольное счётно-полное локально выпуклое пространство с определяемой мультиинормой  $\{\|\cdot\|_p\}$ ,  $p \in P$  топологией, а  $\mathbf{A}=(A_1, A_2, \dots, A_l)$  – семейство линейных непрерывных, перестановочных друг с другом операторов  $A_\tau : H \rightarrow H, \tau = 1, 2, \dots, l$ . В этом пространстве рассмотрим систему дифференциально-операторных уравнений произвольного конечного порядка

$$\frac{\partial^{m_\tau} u(z_1, z_2, \dots, z_l)}{\partial z_\tau^{m_\tau}} = A_\tau u(z_1, z_2, \dots, z_l), \quad (1)$$

$$\tau = 1, 2, \dots, l, \quad m_\tau \in \mathbb{N},$$

изучаемую относительно вектор-функции  $u(z_1, z_2, \dots, z_l)$ , зависящей от  $l$  комплексных переменных:  $u(z_1, z_2, \dots, z_l) : C^l \rightarrow H$ . В сочетании с начальными условиями

$$u(a_1, a_2, \dots, a_l) = v_{00}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial^k u(a_1, a_2, \dots, a_l)}{\partial z_\tau^k} = v_{\tau k},$$

где  $a_\tau \in C, v_{00}, v_{\tau k} \in H, 1 \leq k \leq m_\tau - 1, \tau = 1, 2, \dots, l$ , система (1) образует комплексную задачу Коши (1)-(2), исследуемую в абстрактных пространствах достаточно общей природы.

В такой постановке задача (1)-(2) охватывает весьма широкий класс задач Коши для систем уравнений, что достигается как свободой выбора операторов  $A_\tau$ , так и характером введённого пространства.

В работе автора [1] был получен аналог достаточных условий Коши-Ковалевской аналитической разрешимости задачи Коши (1)-(2), в основу кото-

рого были положены характеристики (порядок  $\beta(A)$  и тип  $\alpha(A)$ ) линейного непрерывного оператора  $A : H \rightarrow H$  [2]. Считая, что операторы

$$A_\tau \in \mathfrak{N}_H^{\beta(A_\tau), \alpha(A_\tau)} [m_\tau, \infty), \tau = 1, 2, \dots, l, \quad (3)$$

основной результат работы [1] можно сформулировать следующим образом:

**Теорема 1.** Если операторы

$$A_\tau \in \mathfrak{N}_H^{\beta(A_\tau), \alpha(A_\tau)} [m_\tau, \infty), \tau = 1, 2, \dots, l,$$

то задача Коши (1)-(2) имеет единственное решение для любых векторов  $v_{00}, v_{\tau k} \in H, 1 \leq k \leq m_\tau - 1, \tau = 1, 2, \dots, l$ . Оно является векторнозначной функцией  $u(z_1, z_2, \dots, z_l)$   $l$  комплексных переменных со значениями в пространстве  $H$  и определяется формулой

$$u(z_1, z_2, \dots, z_l) = u_{00}(z_1, z_2, \dots, z_l, v_{00}) + \sum_{r=1}^l \sum_{\theta=1}^{m_r-1} u_{r\theta}(z_1, z_2, \dots, z_l, v_{r\theta}), \quad (3)$$

в которой

$$u_{00}(z_1, z_2, \dots, z_l, v_{00}) = \quad (4)$$

$$= \sum_{n_1, n_2, \dots, n_l=0}^{\infty} \prod_{j=1}^l \frac{(z_j - a_j)^{m_j n_j}}{(m_j n_j)!} A_j^{n_j} (v_{00}),$$

$$u_{r\theta}(z_1, z_2, \dots, z_l, v_{r\theta}) = \quad (5)$$

$$= \sum_{n_1, n_2, \dots, n_l=0}^{\infty} \prod_{j=1}^l \frac{(z_j - a_j)^{m_j n_j + \theta_j}}{(m_j n_j + \theta_j)!} A_j^{n_j} (v_{r\theta}),$$

<sup>1</sup> Напомним [3], что оператор  $A$  называется оператором класса  $\mathfrak{N}_H^{\beta(A), \alpha(A)} [\lambda, \mu), \lambda \in \mathbb{R}, \mu > 0$ , если он имеет в пространстве порядок  $\beta(A) < \lambda$ , либо  $\beta(A) = \lambda$ , но тогда его тип  $\alpha(A) < \mu$ .



где  $\theta_j = \theta \delta_{jr}$ ,  $r = 1, 2, \dots, l$ ,  $1 \leq \theta \leq m_r$ ,  $\delta_{jr}$  – символ Кронекера,

$$\prod_{j=1}^l \frac{(z_j - a_j)^{m_j n_j}}{(m_j n_j)!} A_j^{n_j} (v_{00}) \equiv \frac{(z_1 - a_1)^{m_1 n_1} (z_2 - a_2)^{m_2 n_2} \dots (z_l - a_l)^{m_l n_l}}{(m_1 n_1)! (m_2 n_2)! \dots (m_l n_l)!} A_1^{n_1} A_2^{n_2} \dots A_l^{n_l} (v_{00}),$$

$$\prod_{j=1}^l \frac{(z_j - a_j)^{m_j n_j + \theta_j}}{(m_j n_j + \theta_j)!} A_j^{n_j} (v_{r\theta}) \equiv \frac{(z_1 - a_1)^{m_1 n_1 + \theta_1} (z_2 - a_2)^{m_2 n_2 + \theta_2} \dots (z_l - a_l)^{m_l n_l + \theta_l}}{(m_1 n_1 + \theta_1)! (m_2 n_2 + \theta_2)! \dots (m_l n_l + \theta_l)!} A_1^{n_1} A_2^{n_2} \dots A_l^{n_l} (v_{r\theta}),$$

причём:

1) если все операторы  $A_\tau$  имеют порядки  $\beta(A_\tau) < m_\tau$ ,  $\tau = 1, 2, \dots, l$  то вектор-функция (3) является целой функцией  $l$  комплексных переменных;

2) если же среди операторов  $A_\tau$  найдётся хотя бы один оператор  $A_s$ , имеющий порядок  $\beta(A_s) = m_s$  и тип  $\alpha(A_s) < \infty$  а остальные операторы  $A_\tau$  при этом имеют порядки  $\beta(A_\tau) < m_\tau$ ,  $\tau = 1, 2, \dots, l, \tau \neq s$ , то вектор-функция (3) является аналитической функцией  $l$  комплексных переменных в открытом полукруге

$$C(R, a) = \{z_\tau : |z_\tau - a_\tau| < R_\tau, \tau = 1, 2, \dots, l\}$$

с полицентром  $a = (a_1, a_2, \dots, a_l)$  и полирадиусом  $R = (R_1, R_2, \dots, R_l)$ , где  $R_\tau = \infty, \tau = 1, 2, \dots, l, \tau \neq s$  а

$$R_s = \frac{m_s}{e} \left( \frac{1}{\alpha(A_s)} \right)^{1/m_s}.$$

Кроме того, в работе [1] отмечено, что условия аналитической разрешимости задачи Коши (1)-(2) существенно различаются при  $l \geq 2$  и  $l = 1$  В первом случае эти условия являются более сильными – все линейные коммутирующие операторы  $A_\tau$  должны иметь порядок в пространстве  $H^2$ . Во втором же случае эти условия значительно слабее: во-первых, для существования аналитического решения от оператора  $A$  не требуется не только наличие у него порядка, но и даже его непрерывность – достаточно, чтобы он был определён на некотором  $D(A) \subseteq H$  и был замкнут; во-вторых, единственным критерием, характеризующим здесь аналитическую разрешимость задачи Коши

$$u^{(m)}(z) = Au(z), \quad u^{(k)}(a) = v_k,$$

$$0 \leq k \leq m-1, m \in \mathbb{N}, a \in \mathbb{C},$$

2 Заметим, что по определению порядка оператора [3] отсюда автоматически следует, что операторы  $A_\tau$  определены и непрерывны на всём пространстве  $H$ .

выступает принадлежность начальных данных  $v_k$  классу векторов  $\mathfrak{N}_{H^{\beta_p, \alpha}}^{p, \alpha}[m, \infty)$ ,<sup>3</sup> установленная ранее В.П. Громовым [4] и определяемая посредством операторных характеристик (операторного  $p$ -порядка  $\beta_p(x, A)$  и операторного типа  $\alpha(x, A)$ ) фиксированного вектора  $x$  относительно оператора  $A$  [3].

Примером, наглядно иллюстрирующим описанные различия, выступают следующие задачи Коши, рассматриваемые в пространстве  $H(\mathbb{C})$  всех целых функций  $f(w)$  с топологией равномерной сходимости на компакта  $x$

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 u(z_1, z_2, w)}{\partial z_1^2} = \frac{\partial u(z_1, z_2, w)}{\partial w} \\ \frac{\partial u(z_1, z_2, w)}{\partial z_2} = u(z_1, z_2, w+1) \end{cases}, \quad (6)$$

$$u(0, 0, w) = e^w, \quad \frac{\partial u(0, 0, w)}{\partial z_1} = \sin w,$$

$$\frac{\partial u(z, w)}{\partial z} = u(z, w+1), \quad u(0, w) = e^w. \quad (7)$$

Легко видеть, что операторы  $A_1(f(w)) = df(w)/dw$  и  $A_2(f(w)) = f(w+1)$ , фигурирующие в системе (6), являются линейными, непрерывными и коммутируют друг с другом. Тем не менее, вопрос об аналитической разрешимости задачи Коши (6) остаётся открытым, поскольку оператор сдвига  $A_2(f(w)) = f(w+1)$  не имеет порядка в  $H(\mathbb{C})$  [3]. В то же время решением задачи Коши (7) является целая вектор-функция  $u(z, w) = e^{w+ez}$  со значениями в  $H(\mathbb{C})$ . Этот результат объясняется тем, что на конкретных векторах оператор сдвига имеет в пространстве всех целых функций вполне определённые характеристики. В частности, операторные  $p$ -порядки  $\beta_p(e^w, A_2)$  вектора  $e^w$  относительно оператора сдвига равны нулю.

Этот и подобные ему примеры подтолкнули автора к отысканию более «простых» условий аналитической разрешимости задачи Коши (1)-(2) при  $l \geq 2$ , которые были бы схожи с условиями для случая  $l = 1$  и не требовали бы от операторов системы обязательного наличия у каждого из них порядка в пространстве  $H$ .

## 2. Некоторые опорные сведения

Сведения, приведённые в этом пункте, заим-

<sup>3</sup> Пусть  $D(A^p)$  – область определения оператора  $A^p$ ,  $D_*(A) = \bigcap_{p=0}^{\infty} D(A^p)$  – множество векторов пространства  $H$ , на которые оператор  $A$  действует бесконечно много раз. Вектор  $x \in D_*(A)$  назовём вектором класса  $\mathfrak{N}_{H^{\beta_p, \alpha}}^{p, \alpha}[\lambda, \mu]$   $\lambda \in \mathbb{R}, \mu > 0$ , если  $\beta_p(x, A) < \lambda, \forall p$ , либо  $\beta_p(x, A) = \lambda, \forall p$ , но тогда  $\alpha(x, A) < \mu$ .

ствованы из монографии [3].

Пусть  $\mathbf{A} = (A_1, A_2, \dots, A_l)$  – семейство линейных замкнутых, коммутирующих друг с другом операторов, действующих в пространстве  $H$ ,  $A_\tau(H) \subset H$ ,  $\tau = 1, 2, \dots, l$ , с определяющей топологию мульти-нормой  $\{\|\cdot\|_p\}_{p \in P}$ , а  $x \in H$  – фиксированный вектор, на который указанные операторы действуют бесконечно много раз.

**Определение 1.** Пусть  $x \in H$  фиксирован. Число

$$\beta_p(x, \mathbf{A}) = \overline{\lim}_{|n| \rightarrow \infty} \frac{\|A_1^{n_1} A_2^{n_2} \dots A_l^{n_l}(x)\|_p}{|n| \mathfrak{h} |n|}, \quad (8)$$

$$|n| = n_1 + n_2 + \dots + n_l, \quad n_\tau = 0, 1, 2, \dots, \quad \tau = 1, 2, \dots, l,$$

назовём операторным  $p$ -порядком вектора  $x$  относительно семейства операторов  $\mathbf{A}$ .

**Определение 2.** Пусть  $\beta_p(x, \mathbf{A}) \neq \pm \infty$ . Число

$$\alpha_p(x, \mathbf{A}) = \overline{\lim}_{|n| \rightarrow \infty} |n|^{-\beta_p(x, \mathbf{A})} \sqrt{|n|} \|A_1^{n_1} A_2^{n_2} \dots A_l^{n_l}(x)\| \quad (9)$$

назовём операторным  $p$ -типом вектора  $x$  относительно семейства операторов  $\mathbf{A}$ .

Аналогично одномерному случаю  $l = 1$  [3], из (8)-(9) могут быть получены следующие оценки:

$$\forall p, \forall \varepsilon > 0, \exists C_p(\varepsilon, x) : \forall n_\tau (\tau = 1, 2, \dots, l)$$

$$\|A_1^{n_1} A_2^{n_2} \dots A_l^{n_l}(x)\|_p < C_p(\varepsilon, x) |n|^{(\beta_p(x, \mathbf{A}) + \varepsilon)|n|}, \quad (10)$$

$$\forall p, \forall \varepsilon > 0, \exists C_p(\varepsilon, x) : \forall n_\tau (\tau = 1, 2, \dots, l)$$

$$\|A_1^{n_1} A_2^{n_2} \dots A_l^{n_l}(x)\|_p < C_p(\varepsilon, x) (\alpha_p(x, \mathbf{A}) + \varepsilon)^{|n|} |n|^{\beta_p(x, \mathbf{A})|n|}. \quad (11)$$

**Определение 3.** Вектор  $x \in H$  назовём вектором класса  $\mathfrak{S}_H^{\beta_p, \alpha_p}[\lambda, \mu]$   $\lambda \in R, \mu > 0$  относительно семейства операторов  $\mathbf{A}$ , если его операторные  $p$ -порядки относительно этого семейства  $\beta_p(x, \mathbf{A}) < \lambda, \forall p$  либо  $\beta_p(x, \mathbf{A}) = \lambda, \forall p$  но тогда его операторные  $p$ -типы относительно семейства  $\mathbf{A}$   $\alpha_p(x, \mathbf{A}) < \mu, \forall p$ .

**3. Теорема существования и единственности аналитического решения. Устойчивость решения**

**Теорема 2.** Пусть векторы

$v_0, v_{\mathfrak{k}} \in \mathfrak{S}_H^{\beta_p, \alpha_p}[0, \infty)$   $1 \leq k \leq m_\tau - 1, \tau = 1, 2, \dots, l$ . Тогда задача Коши (1)-(2) имеет единственное решение, являющееся целой вектор-функцией  $l$  комплексных переменных со значениями в пространстве  $H$  и определяемое равенствами (3)-(5).

Доказательство теоремы 2 опирается на следующие вспомогательные утверждения.

**Лемма 1.** Пусть  $\beta_p(v_0, \mathbf{A}) < 0, \beta_p(v_{r\theta}, \mathbf{A}) < 0, \forall p$ . Тогда кратные степенные ряды (4)-(5) сходятся по топологии пространства  $H$  абсолютно на  $\mathbb{C}^l$  и определяют целые вектор-функции  $u_0(z_1, z_2, \dots, z_l, v_0)$  и  $u_{r\theta}(z_1, z_2, \dots, z_l, v_{r\theta})$

**Доказательство.** Пусть выполняются условия леммы. Сперва рассмотрим ряд (4). Привлекая оценку (10) и формулу Стирлинга

$$(mn)! = \sqrt{2\pi mn} \left(\frac{mn}{e}\right)^{mn} e^{\Theta/(12mn)}, \quad 0 < \Theta < 1, \quad (12)$$

получаем:

$$\forall p, \forall \varepsilon > 0, \exists C_p(\varepsilon, v_0) : \forall n_\tau > n_{0\tau}(p, \varepsilon) (\tau = 1, 2, \dots, l)$$

$$\begin{aligned} \|u_{00}(z_1, z_2, \dots, z_l, v_{00})\|_p &= \left\| \sum_{n_1, n_2, \dots, n_l=0}^{\infty} \prod_{j=1}^l \frac{(z_j - a_j)^{m_j n_j}}{(m_j n_j)!} A_j^{n_j}(v_{00}) \right\|_p \leq \\ &\leq \sum_{n_1, n_2, \dots, n_l=0}^{\infty} \prod_{j=1}^l \frac{|z_j - a_j|^{m_j n_j}}{(m_j n_j)!} \|A_j^{n_j}(v_{00})\|_p < \\ &< \sum_{n_1, n_2, \dots, n_l=0}^{\infty} C_p(\varepsilon, v_{00}) \prod_{j=1}^l \frac{|n|^{(\beta_p(v_{00}, \mathbf{A}) + \varepsilon)|n|} |z_j - a_j|^{m_j n_j}}{(m_j n_j)!} \leq \\ &\leq C_p(\varepsilon, v_{00}) \sum_{n_1, n_2, \dots, n_l=0}^{\infty} \prod_{j=1}^l \frac{|n|^{(\beta_p(v_{00}, \mathbf{A}) + \varepsilon)n_j} |z_j - a_j|^{m_j n_j}}{(m_j/e)^{m_j n_j} n_j^{m_j n_j}} = \\ &= C_p(\varepsilon, v_{00}) \sum_{n_1, n_2, \dots, n_l=0}^{\infty} \prod_{j=1}^l \left(\frac{e}{m_j}\right)^{m_j n_j} \frac{|n|^{(\beta_p(v_{00}, \mathbf{A}) + \varepsilon)n_j} |z_j - a_j|^{m_j n_j}}{n_j^{m_j n_j}}. \end{aligned}$$

В силу произвольности  $\varepsilon > 0$  его всегда можно подобрать таким образом, что  $\beta_p(v_0, \mathbf{A}) + \varepsilon < 0, \forall p$ . Учитывая далее очевидное неравенство

$$\prod_{j=1}^l |n|^{m_j} \leq \prod_{j=1}^l n_j^{m_j}, \quad \forall \gamma < 0, \forall n_\tau, \tau = 1, 2, \dots, l, \quad (13)$$

имеем:  $\forall p, \forall 0 < \varepsilon < -\beta_p(v_{00}, \mathbf{A})$ ,

$$\exists C_p(\varepsilon, v_0) : \forall n_\tau > n_{0\tau}(p, \varepsilon) (\tau = 1, 2, \dots, l)$$

$$\|u_0(z_1, z_2, \dots, z_l, v_0)\|_p <$$

$$\begin{aligned} &< C_p(\varepsilon, v_{00}) \sum_{n_1, n_2, \dots, n_l=0}^{\infty} \prod_{j=1}^l \left(\frac{e}{m_j}\right)^{m_j n_j} \frac{|n|^{(\beta_p(v_{00}, \mathbf{A}) + \varepsilon)n_j} |z_j - a_j|^{m_j n_j}}{n_j^{m_j n_j}} = \\ &= C_p(\varepsilon, v_{00}) \prod_{j=1}^l \sum_{n_j=0}^{\infty} \left(\frac{e}{m_j}\right)^{m_j n_j} \frac{|n|^{(\beta_p(v_{00}, \mathbf{A}) - m_j + \varepsilon)n_j} |z_j - a_j|^{m_j n_j}}{n_j^{m_j n_j}}. \end{aligned} \quad (14)$$



Из оценки (14) следует, что кратный степенной ряд (4) мажорируется произведением  $l$  однократных степенных рядов

$$\sum_{n_j=0}^{\infty} \left( \frac{e}{m_j} \right)^{m_j n_j} n_j^{(\beta_p(v_{00}, A) - m_j + \varepsilon) n_j} |z_j - a_j|^{m_j n_j}, \quad (15)$$

$$j = 1, 2, \dots, l,$$

составленных из абсолютных величин. Применяя к каждому из рядов (15) формулу Коши-Адамара

$$R = \frac{1}{\lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{|c_n|}}, \quad (16)$$

в силу условий леммы и произвольности  $\varepsilon > 0$

имеем  $R_j = \infty, j = 1, 2, \dots, l$ . Отсюда следует, что

каждый из рядов (15) сходится абсолютно на  $\mathbb{C}$ , поэтому кратный степенной ряд (4) сходится по топологии пространства  $H$  абсолютно на  $\mathbb{C}^l$ .

Далее рассмотрим кратный степенной ряд (5). Как и выше, обращаясь к оценке (10), формуле (12), и неравенству (13), получаем:

$$\forall p, \forall 0 < \varepsilon < -\beta_p(v_{r\theta}, \mathbf{A}),$$

$$\exists C_p(\varepsilon, v_{r\theta}) : \forall n_\tau > n_{0\tau}(p, \varepsilon) (\tau = 1, 2, \dots, l)$$

$$\begin{aligned} & \|u_{r\theta}(z_1, z_2, \dots, z_l, v_{r\theta})\|_p \leq \\ & \sum_{n_1, n_2, \dots, n_l=0}^{\infty} \prod_{j=1}^l \frac{|z_j - a_j|^{m_j n_j + \theta_j}}{(m_j n_j + \theta_j)!} \|A_j^{n_j}(v_{r\theta})\|_p \leq \\ & \leq \sum_{n_1, n_2, \dots, n_l=0}^{\infty} \prod_{j=1}^l \frac{|z_j - a_j|^{m_j n_j + \theta_j}}{(m_j n_j)!} \|A_j^{n_j}(v_{r\theta})\|_p < \end{aligned} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} < C_p(\varepsilon, v_{r\theta}) \sum_{n_1, n_2, \dots, n_l=0}^{\infty} \prod_{j=1}^l \frac{|n_j^{(\beta_p(v_{r\theta}, A) + \varepsilon) n_j}| |z_j - a_j|^{m_j n_j + \theta_j}}{(m_j/e)^{m_j n_j} n_j^{m_j n_j}} \leq \\ \leq C_p(\varepsilon, v_{r\theta}) \prod_{j=1}^l \sum_{n_j=0}^{\infty} \left( \frac{e}{m_j} \right)^{m_j n_j} n_j^{(\beta_p(v_{r\theta}, A) - m_j + \varepsilon) n_j} |z_j - a_j|^{m_j n_j + \theta_j}. \end{aligned}$$

Оценка (17) показывает, что кратный степенной ряд (5) мажорируется произведением  $l$  однократных степенных рядов

$$\sum_{n_j=0}^{\infty} \left( \frac{e}{m_j} \right)^{m_j n_j} n_j^{(\beta_p(v_{r\theta}, A) - m_j + \varepsilon) n_j} |z_j - a_j|^{m_j n_j + \theta_j},$$

$$j = 1, 2, \dots, l,$$

сходящихся в силу формулы (16) абсолютно на  $\mathbb{C}$ , из чего и следует справедливость утверждения леммы для кратного ряда (5). Лемма 1 доказана.

**Лемма 2.** Пусть  $\beta_p(v_{00}, \mathbf{A}) = \beta_p(v_{r\theta}, \mathbf{A}) = 0, \forall p,$

$\alpha_p(v_{00}, A) < \infty, \alpha_p(v_{r\theta}, A) < \infty, \forall p$ . Тогда кратные степенные ряды (4)-(5) сходятся по топологии пространства  $H$  абсолютно на  $\mathbb{C}^l$  и определяют целые вектор-функции  $u_{00}(z_1, z_2, \dots, z_l, v_{00})$  и  $u_{r\theta}(z_1, z_2, \dots, z_l, v_{r\theta})$ .

**Доказательство.** Как и в лемме 1, сначала исследуем кратный ряд (4), а затем кратный ряд (5).

Используя оценку (11) и формулу (12), получаем:  $\forall p, \forall \varepsilon > 0, \exists C_p(\varepsilon, v_{00}) : \forall n_\tau > n_{0\tau}(p, \varepsilon) (\tau = 1, 2, \dots, l)$

$$\begin{aligned} & \|u_{00}(z_1, z_2, \dots, z_l, v_{00})\|_p = \\ & = \left\| \sum_{n_1, n_2, \dots, n_l=0}^{\infty} \prod_{j=1}^l \frac{(z_j - a_j)^{m_j n_j}}{(m_j n_j)!} A_j^{n_j}(v_{00}) \right\|_p \leq \\ & \leq \sum_{n_1, n_2, \dots, n_l=0}^{\infty} \prod_{j=1}^l \frac{|z_j - a_j|^{m_j n_j}}{(m_j n_j)!} \|A_j^{n_j}(v_{00})\|_p < \quad (18) \\ & < \sum_{n_1, n_2, \dots, n_l=0}^{\infty} C_p(\varepsilon, v_{00}) \prod_{j=1}^l \frac{(\alpha_p(v_{00}, A) + \varepsilon)^{n_j} |z_j - a_j|^{m_j n_j}}{(m_j n_j)!} \leq \\ & \leq C_p(\varepsilon, v_{00}) \sum_{n_1, n_2, \dots, n_l=0}^{\infty} \prod_{j=1}^l \frac{(\alpha_p(v_{00}, A) + \varepsilon)^{n_j} |z_j - a_j|^{m_j n_j}}{(m_j/e)^{m_j n_j} n_j^{m_j n_j}} = \\ & \leq C_p(\varepsilon, v_{00}) \sum_{n_1, n_2, \dots, n_l=0}^{\infty} \prod_{j=1}^l \frac{(\alpha_p(v_{00}, A) + \varepsilon)^{n_j} |z_j - a_j|^{m_j n_j}}{(m_j/e)^{m_j n_j} n_j^{m_j n_j}} = \\ & = C_p(\varepsilon, v_{00}) \prod_{j=1}^l \sum_{n_j=0}^{\infty} \left( \frac{e}{m_j} \right)^{m_j n_j} (\alpha_p(v_{00}, A) + \varepsilon)^{n_j} n_j^{-m_j n_j} |z_j - a_j|^{m_j n_j} \end{aligned}$$

Оценка (18) показывает, что в условиях леммы кратный степенной ряд (4) мажорируется произведением  $l$  однократных степенных рядов

$$\sum_{n_j=0}^{\infty} \left( \frac{e}{m_j} \right)^{m_j n_j} (\alpha_p(v_{00}, A) + \varepsilon)^{n_j} n_j^{-m_j n_j} |z_j - a_j|^{m_j n_j},$$

$$j = 1, 2, \dots, l,$$

каждый из которых сходится в силу формулы (16) абсолютно на  $\mathbb{C}$ . Следовательно, для кратного степенного ряда (4) справедливо утверждение леммы. Покажем, что оно имеет место и для кратного ряда (5). Действительно, из оценки (11) и формулы (12) имеем:

$$\forall p, \forall \varepsilon > 0, \exists C_p(\varepsilon, v_{r\theta}) : \forall n_\tau > n_{0\tau}(p, \varepsilon) (\tau = 1, 2, \dots, l)$$

$$\begin{aligned} & \|u_{r\theta}(z_1, z_2, \dots, z_l, v_{r\theta})\|_p \leq \\ & \leq \sum_{n_1, n_2, \dots, n_l=0}^{\infty} \prod_{j=1}^l \frac{|z_j - a_j|^{m_j n_j + \theta_j}}{(m_j n_j + \theta_j)!} \|A_j^{n_j}(v_{r\theta})\|_p < \\ & < C_p(\varepsilon, v_{r\theta}) \sum_{n_1, n_2, \dots, n_l=0}^{\infty} \prod_{j=1}^l \frac{(\alpha_p(v_{r\theta}, A) + \varepsilon)^{n_j} |z_j - a_j|^{m_j n_j + \theta_j}}{(m_j/e)^{m_j n_j} n_j^{m_j n_j}} = \end{aligned}$$

$$= C_p(\varepsilon, v_{r\theta}) \prod_{j=1}^l \sum_{n_j=0}^{\infty} \left( \frac{e}{m_j} \right)^{m_j n_j} (\alpha_p(v_{r\theta}, A) + \varepsilon)^{n_j} n_j^{-m_j n_j} |z_j - a_j|^{m_j n_j + \theta_j}.$$

Рассуждая далее аналогично предыдущему случаю (так же как и для ряда (4)), легко убедиться в справедливости утверждения леммы для кратного ряда (5). Лемма 2 доказана.

Далее приведём краткое

**Доказательство теоремы 2.** На основании доказанных лемм 1-2 кратные ряды (4)-(5) сходятся по топологии пространства  $H$  абсолютно на  $C^l$ , поэтому допускают почленное дифференцирование по переменным  $z_\tau, \tau = 1, 2, \dots, l$  любое число раз. Непосредственной подстановкой в систему и начальные условия можно показать (см. [1]), что вектор-функция (3) удовлетворяет задаче Коши (1)-(2). Единственность решения задачи является следствием голоморфности вектор-функции (3). Теорема 2 доказана.

**Замечание 1.** Сформулированные в теореме 2 условия являются достаточными для существования у задачи Коши (1)-(2) в пространстве  $H$  аналитического решения. Однако для устойчивости решения относительно начальных данных задачи этих условий не достаточно: в этом случае требование существования порядка у всех операторов  $A_\tau$  сохраняет свою силу.

Условия непрерывной зависимости (устойчивости) решения относительно начальных данных описывает следующая теорема (см. [1]).

**Теорема 3.** Пусть операторы

$$A_\tau \in \mathfrak{N}_H^{\beta(A_\tau) \alpha(A_\tau)} [m_\tau, \infty), \tau = 1, 2, \dots, l.$$

Тогда решение задачи Коши (1)-(2) непрерывно зависит от начальных данных

$$v_{00}, v_{\tau k} \in H, 1 \leq k \leq m_\tau - 1, \tau = 1, 2, \dots, l.$$

#### Библиографический список

1. Аксёнов Н.А. Задача Коши для некоторых систем дифференциально-операторных уравнений произвольного порядка в локально выпуклых пространствах. Математические заметки 2011; 90(2). С. 183-198.
2. Громов В.П. Порядок и тип линейного оператора и разложение в ряд по собственным функциям. ДАН СССР 1986; 228(1). С. 27-31.
3. Громов В.П., Мишин С.Н., Панюшкин С.В. Операторы конечного порядка и дифференциально-операторные уравнения. Монография. Орёл: ОГУ, 2009.
4. Громов В.П. Аналитические решения дифференциально-операторных уравнений в локально выпуклых пространствах. ДАН РФ 2004. 394(3). С. 305-308.

N.A. AKSYONOV

#### TO THE QUESTION ON THE ANALYTIC SOLVABILITY OF THE COMPLEX PROBLEM OF CAUCHY FOR SOME SYSTEMS OF DIFFERENTIAL-OPERATOR EQUATIONS IN LOCALLY CONVEX SPACES

*The work deals with the «weak» terms of the analytic solvability of the complex of the Cauchy problem posed for some systems of differential-operator equations in unnormed spaces of the quite general nature.*

*Key words:* complex Cauchy problem, the system of differential-operator equations, locally convex space, operator order, operator type.

## НОВЫЕ ОЦЕНКИ СФЕРИЧЕСКИХ СУММ И. М. ВИНОГРАДОВА

*В статье получены степенные понижения в оценках сферических сумм И. М. Виноградова в окрестности одной из двух точек их глобального максимума.*

*Ключевые слова: проблема шара, квадратичный характер, сферические тригонометрические суммы, тригонометрические суммы, скрученные с квадратичным характером.*

Сферические суммы И. М. Виноградова, то есть тройные суммы по целым точкам, лежащим на сфере переменного радиуса, являются на сегодняшний день основным инструментом исследования в классической проблеме шара.

Проблемой шара называют задачу о выводе асимптотической формулы для  $T(a)$  — числа узлов трехмерной целочисленной решетки, лежащих внутри шара растущего радиуса  $a$  с центром в начале координат, а также возможно более точной оценке остаточного члена  $R(a)$  данной асимптотики.

Из рассуждений К. Ф. Гаусса, касающихся проблемы круга, легко следует асимптотическая формула для количества  $T(a)$  вида  $T(a) = \frac{4}{3}\pi a^3 + R(a)$ ,  $R(a) \ll a^2$ . Главный член этой формулы есть просто объем шара радиуса  $a$ , а остаток имеет тот же порядок, что и площадь сферы радиуса  $a$ . В 1926 году венгерский математик Сеге доказал (см.[1]), что  $R(a)$  есть  $\Omega(a\sqrt{\ln a})$ . В 1935 году И. М. Виноградов свел проблему оценки остатка  $R(a)$  к сферическим суммам и применил к ним свой метод (см.[2], [3]) оценок тригонометрических сумм, разработанный для исследования числа классов квадратичных форм отрицательного дискриминанта и для исследований по проблеме Варинга (см.[4]), и получил первое со времен Гаусса улучшение оценки остаточного члена в проблеме шара (см.[5]). Оценка Виноградова имела вид  $R(a) \ll a^{1,4+\epsilon}$ . В дальнейшем он же неоднократно улучшал этот результат. В 1949 году в работе [6] была по-

лучена оценка  $R(a) \ll a^{1,4-\frac{2}{405}+\epsilon}$ . Оценка 1955 года (см.[7]) имеет вид  $R(a) \ll a^{\frac{11}{8}+\epsilon}$ . Оценка 1960 года (см.[8])  $R(a) \ll a^{\frac{19}{14}+\epsilon}$ . И, наконец, в 1963 году И. М. Виноградов оценил остаток  $R(a)$  величиной  $a^{\frac{4}{3}} \ln^6 a$  (см.[9]). Более совершенное изложение последнего результата содержится в монографии «Особые варианты метода тригонометрических сумм» 1976 года (см.[10]). Следует отметить, что несколько позднее И. М. Виноградова, но независимо от него известный китайский математик Чен Джин Ран в работе [11] также получил оценку вида  $R(a) \ll a^{\frac{4}{3}+\epsilon}$ .

Метод Виноградова, использованный в работе [9], по существу состоит в сведении задачи к оценке сферической тригонометрической суммы  $P(\alpha)$  вида

$$P(\alpha) = a \sum_{l^2+m^2+n^2 \lesssim a^\alpha} \frac{e^{2\pi i a \sqrt{l^2+m^2+n^2}}}{l^2 + m^2 + n^2}.$$

при условии, что параметр  $\alpha$  меняется в промежутке  $E = (0; \frac{4}{3})$ . При каждом значении  $\alpha$  сумма  $P(\alpha)$  оценивается и применяется к исследованию остатка  $R(a)$  в асимптотической формуле. В современном виде зависимость оценки суммы  $P(\alpha)$  от  $\alpha$  приведена в работе [12]. В настоящей статье приводится явное аналитическое и графическое представление этой оценки.

До 1995 года результат И. М. Виноградова в проблеме шара оставался наилучшим. Лишь в 1995 году Г. Иванец и Ф. Чамизо доказали (см. [12]), что  $R(a) \ll a^{\frac{29}{22}+\epsilon}$ . Идея данной работы состоит в том, чтобы найти асимптотическую фор-

мулу для количества целых точек в узком шаровом слое вида  $a^2 \ll l^2 + m^2 + n^2 \ll (a+h)^2$ , где  $h$  — маленькое число, являющееся отрицательной степенью числа  $a$ , и за счет этого учитывать вместе с точками внутри шара точки, лежащие вне его, но с коэффициентом, гладко убывающим от единицы к нулю с ростом радиуса внутри этого слоя. Такое «сглаживание» позволяет вместо отрезка  $E = (0; \frac{4}{3})$  при оценке суммы  $P(\alpha)$  ограничиться отрезком  $E_\gamma = (0; \frac{4}{3} - \gamma)$ , где  $\gamma > 0$  — некоторая постоянная. На новом отрезке сумма  $P(\alpha)$  по Виноградову оценивается лучше, чем на  $E$ , тем самым улучшается оценка остатка  $R(a)$ .

В 1997 году Д.Р. Хис-Браун усилил результат работы [12]. Он доказал (см. [13]), что  $R(a) \ll a^{\frac{21}{16} + \epsilon}$ . С помощью новых соображений он увеличил значение параметра  $h$  и благодаря этому еще более сузил промежуток  $E_\gamma$  до величины  $E_{\gamma=\frac{1}{12}} = (0; \frac{4}{3} - \frac{1}{12}) = (0; \frac{5}{4})$ . Оценка Виноградова для  $P(\alpha)$  на уменьшенном промежутке лучше, чем на старом. В указанной работе Хис-Браун утверждает, что правый конец  $\alpha = \frac{5}{4}$  — точку Хис-Брауна — промежуток  $E_\gamma$  можно еще несколько уменьшить. Однако это уже не ведет к улучшению оценки для  $R(a)$ , поскольку показатель степени в виноградовской оценке для  $P(\alpha)$  в точке  $\alpha = 1$  имеет локальный максимум, равный  $\frac{21}{16}$ , который вместе с точкой  $\alpha = \frac{5}{4}$  является глобальным на  $E_{\gamma=\frac{1}{12}} = (0; \frac{5}{4})$ .

Основной результат данной статьи состоит в получении новой оценки суммы  $P(\alpha)$  в фиксированной окрестности точки  $\alpha = 1$ . Здесь доказано, что при  $\alpha \in (0; \frac{38}{37})$  сумма  $P(\alpha)$  оценивается так

$$P(\alpha) \ll a^{\frac{21}{16} - \frac{1}{592} + \epsilon}.$$

Хотя из этой оценки не следует улучшение оценки остатка  $R(a)$  в проблеме шара, однако реализация схемы Хис-Брауна, направленная на дальнейшее уменьшение длины промежутка  $E_\gamma$ , вместе с нашей оценкой позволяет рассчитывать на получение новых оценок остатка  $R(a)$ .

## 1 Представление сферических через суммы, скрученные с символом Якоби

Рассмотрим сферическую сумму  $P$  вида

$$P = a \sum_{k^2+l^2+m^2 \leq a^\alpha} \frac{e^{2\pi i a \sqrt{k^2+l^2+m^2}}}{k^2+l^2+m^2} = aW,$$

где  $0 \leq \alpha \leq \frac{4}{3}$ .

Обозначим  $n = k^2 + l^2 + m^2$ . Тогда (см. [12], стр.418)

$$W = \sum_{n \leq a^\alpha} \frac{r_3(n) e^{2\pi i a \sqrt{n}}}{n},$$

где

$$r_3(n) = \sum_{d^2|n} R_3\left(\frac{n}{d^2}\right).$$

Здесь

$$R_3(n) = \#\{(n_1, n_2, n_3) \in \mathbb{Z}^3 : \\ \text{с условием НОД}(n_1, n_2, n_3) = 1, \\ n_1^2 + n_2^2 + n_3^2 = n\}.$$

Далее  $R_3(n) = c_n h(-4n) = \frac{1}{\pi} c_n \sqrt{n} L(1, \chi_n)$ ,  $n > 1$ , где  $h(-4n)$  число классов с отрицательным дискриминантом  $-4n$ ,  $L(s, \chi_n) - L$ -функция соответствующая характеру  $\chi_n(m) = \left(\frac{-4n}{m}\right)$  и

$$c_n = \begin{cases} 0, & \text{если } n \equiv 0, 4, 7 \pmod{8}; \\ 16, & \text{если } n \equiv 3 \pmod{8}; \\ 24, & \text{если } n \equiv 1, 2, 5, 6 \pmod{8}. \end{cases}$$

Заметим, что

$$r_3(n) = \sum_{d^2|n} R_3\left(\frac{n}{d^2}\right) = \sum_{\substack{d,k \\ d^2 k = n}} R_3(k).$$

Следовательно

$$W = \sum_{\substack{d,k \\ d^2 k \leq a^\alpha}} \frac{R_3(n) e^{2\pi i a \sqrt{n}}}{d^2 k}.$$

Разобьем теперь суммирование по  $k$  на прогрессии по модулю 8. Тогда получим

$$W = 16W_3 + 24(W_1 + W_2 + W_5 + W_6),$$

где при  $l = 1, 2, 3, 5, 6$  имеем

$$W_l = \frac{1}{\pi} \sum_{\substack{d,k \\ d^2 k \leq a^\alpha \\ k \equiv l \pmod{8}}} \frac{\sqrt{k} L(1, \chi_k) e^{2\pi i a d \sqrt{k}}}{d^2 k}.$$

Положим  $b = a^\alpha$ . Получим

$$\begin{aligned} \pi W_l &= \sum_{\substack{d,k \\ d^2 k \leq b \\ k \equiv l \pmod{8}}} \frac{L(1, \chi_k) e^{2\pi i a d \sqrt{k}}}{d^2 \sqrt{k}} = \\ &= \sum_{\substack{k \leq b \\ k \equiv l \pmod{8}}} \frac{L(1, \chi_k)}{\sqrt{k}} \sum_{d \leq \sqrt{\frac{b}{k}}} \frac{e^{2\pi i a d \sqrt{k}}}{d^2} = \\ &= \sum_{\substack{k \leq b \\ k \equiv l \pmod{8}}} \frac{L(1, \chi_k)}{\sqrt{k}} f_k, \end{aligned}$$

где  $f_k = \sum_{d \leq \sqrt{\frac{b}{k}}} \frac{e^{2\pi i a d \sqrt{k}}}{d^2}$ . Для суммы  $f_k$  при всех  $k$  выполняется неравенство  $|f_k| \leq \sum_{d=1}^{\infty} \frac{1}{d^2} = \frac{\pi^2}{6} < 1,65$ .

С другой стороны  $|f_k - e^{2\pi i a d \sqrt{k}}| \leq \sum_{d \geq 2} \frac{1}{d^2} = \frac{\pi^2}{6} - 1 < 0,65$ .

Следовательно

$$\begin{aligned} |f_k| &= |e^{2\pi i a d \sqrt{k}} + (f_k - e^{2\pi i a d \sqrt{k}})| \geq \\ &\geq |e^{2\pi i a d \sqrt{k}}| - |f_k - e^{2\pi i a d \sqrt{k}}| > \\ &> 1 - 0,65 = 0,35. \end{aligned}$$

Другими словами, при всех возможных значениях  $k$  выполняется неравенство

$$0,35 < |f_k| < 1,65.$$

Здесь значение характера  $\chi_n(m)$  при  $n \in \mathbb{N}$  определяется через значение вещественного квадратичного характера Якоби по формуле  $\chi_n(m) = \left(\frac{-4n}{m}\right)$ .

Значение  $L$ -функции  $L(1, \chi_n)$  определяется как сумма условно сходящегося ряда  $L(1, \chi_n) = \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m} \left(\frac{-4n}{m}\right)$ .

Воспользуемся оценкой Виноградова-Пойа вида

$$|S(x)| = \left| \sum_{m=1}^x \left(\frac{-4n}{m}\right) \right| \ll \min(n^{\frac{1}{2}} \ln n, x)$$

и, выполняя преобразование Абеля, при некотором  $y \in \mathbb{N}$  будем иметь

$$\begin{aligned} L(1, \chi_n) &= \sum_{m=1}^y \frac{1}{m} \left(\frac{-4n}{m}\right) + \\ &+ \sum_{m=y+1}^{\infty} \frac{1}{m} \left(\frac{-4n}{m}\right) = \sum_1 + \sum_2, \\ \sum_2 &= \sum_{m=y+1}^{\infty} \frac{1}{m} \left(\frac{-4n}{m}\right) = \\ &= \sum_{m=y+1}^{\infty} \frac{1}{m} (S(m) - S(m-1)) = \\ &= \sum_{m=y+1}^{\infty} \frac{1}{m} S(m) - \sum_{m=y}^{\infty} \frac{1}{m+1} S(m) = \\ &= \sum_{m=y+1}^{\infty} \frac{1}{m} S(m) - \sum_{m=y+1}^{\infty} \frac{1}{m+1} S(m) - \frac{1}{y+1} S(y) = \\ &= \sum_{m=y+1}^{\infty} \left(\frac{1}{m} - \frac{1}{m+1}\right) S(m) - \frac{1}{y+1} S(y) \ll \\ &\ll n^{\frac{1}{2}} \ln n \sum_{m=y+1}^{\infty} \left(\frac{1}{m} - \frac{1}{m+1}\right) + \frac{n^{\frac{1}{2}} \ln n}{y+1} = \\ &= \frac{n^{\frac{1}{2}} \ln n}{y+1} + \frac{n^{\frac{1}{2}} \ln n}{y+1} \ll \frac{n^{\frac{1}{2}} \ln n}{y}. \end{aligned}$$

Теперь оценим вклад слагаемого  $\sum_2$  в значение суммы  $W_l$ . Имеем

$$\begin{aligned} \pi W_l &= \sum_{\substack{k \leq b \\ k \equiv l \pmod{8}}} \frac{\sum_1}{\sqrt{k}} f_k + \sum_{\substack{k \leq b \\ k \equiv l \pmod{8}}} \frac{\sum_2}{\sqrt{k}} f_k = V_1 + V_2, \\ V_2 &= \sum_{\substack{k \leq b \\ k \equiv l \pmod{8}}} \frac{\sum_2}{\sqrt{k}} f_k \ll \sum_{\substack{k \leq b \\ k \equiv l \pmod{8}}} \frac{k^{\frac{1}{2}} \ln k}{y k^{\frac{1}{2}}} \ll \frac{b \ln a}{y}. \end{aligned}$$

Выберем значение параметра  $y$  таким образом, чтобы обеспечить выполнение оценки

$$V_2 \ll a^{\frac{1}{3} - \delta_1 + \epsilon},$$



где  $0 < \delta_1 < \frac{1}{3}$  и  $\epsilon > 0$  сколь угодно мало. Оно обеспечивается равенством

$$by^{-1} = a^{\frac{1}{3} - \delta_1}.$$

Отсюда имеем

$$y = ba^{-\frac{1}{3} + \delta_1} = a^{\alpha - \frac{1}{3} + \delta_1}.$$

Далее будем считать  $\alpha = \frac{4}{3} + 2\delta_1$ . Следовательно

$$y = a^{1 + 3\delta_1}.$$

При указанном значении  $y$  перейдем к оценке величины  $V_1$ . Напомним, что

$$\begin{aligned} \sum_1 &= \sum_1 (k) = \sum_{m=1}^y \frac{1}{m} \left( \frac{-4k}{m} \right), \\ f_k &= \sum_{d \leq \sqrt{\frac{b}{k}}} \frac{e^{2\pi i ad \sqrt{k}}}{d^2} \end{aligned}$$

Следовательно

$$\begin{aligned} V_1 &= \sum_{\substack{k \leq b \\ k \equiv 1 \pmod{8}}} \frac{\sum_1}{\sqrt{k}} f_k = \sum_{d \leq \sqrt{b}} \frac{1}{d^2} \times \\ &\times \sum_{m=1}^y \frac{1}{m} \sum_{\substack{k \leq \frac{b}{d^2} \\ k \equiv 1 \pmod{8}}} \frac{e^{2\pi i ad \sqrt{k}}}{\sqrt{k}} \left( \frac{-4k}{m} \right). \end{aligned}$$

Преобразуем суммирование по  $m \leq y$  в последней сумме. Для этого отметим, что любое натуральное  $m$  однозначно представляется в виде  $m = p^2 n$ , где  $n$  не делится на квадрат простого числа. Тогда сплошное суммирование по  $m$  в пределах от 1 до  $y$  представляется в виде повторного суммирования по  $(p, n)$ , где внешнее суммирование по  $p$  ведется в пределах от 1 до  $\sqrt{y}$ , а внутреннее суммирование ведется в пределах от 1 до  $yp^{-2}$ . Учитывая еще, что  $n$  – нечетное, приходим к равенству

$$\begin{aligned} V_1 &= \sum_{d \leq \sqrt{b}} \frac{1}{d^2} \sum_{1 \leq p \leq \sqrt{y}} \frac{1}{p^2} \sum'_{1 \leq n \leq yp^{-2}} \frac{1}{n} \times \\ &\times \sum_{\substack{k \leq \frac{b}{d^2} \\ k \equiv 1 \pmod{8}}} \frac{e^{2\pi i ad \sqrt{k}}}{\sqrt{k}} \left( \frac{-k}{n} \right). \end{aligned}$$

Здесь символ  $\sum'$  означает, что суммирование ведется по нечетным числам  $n$  свободным от квадратов.

Внутреннюю сумму по параметрам  $(n, k)$ , входящую в последнее выражение для  $V_1$ , будем обозначать через  $W_{dp}$ . Таким образом

$$V_1 = \sum_{d \leq \sqrt{b}} \frac{1}{d} \sum_{1 \leq p \leq \sqrt{y}} \frac{1}{p^2} W_{dp},$$

где

$$W_{dp} = \sum'_{1 \leq n \leq yp^{-2}} \frac{1}{dn} \sum_{\substack{k \leq \frac{b}{d^2} \\ k \equiv 1 \pmod{8}}} \frac{e^{2\pi i ad \sqrt{k}}}{\sqrt{k}} \left( \frac{-k}{n} \right).$$

В свою очередь, суммирование по  $(n, k)$  в двойной сумме  $W_{dp}$  разобьем на промежутки  $E_N = (N, N_1]$  и  $E_K = (K, K_1]$  в количестве  $\ll \ln a$  по каждому суммированию и с условием  $N \leq N_1 \leq 1,5N$ ,  $K \leq K_1 \leq 1,5K$ ,  $0,7 < N \leq yp^{-2}$ ,  $0,7 < K \leq bd^{-2}$ . Обозначим через  $T = T(N, K)$  сумму, являющуюся частью суммы  $W_{dp}$  и, включающую в себя слагаемые, номера которых  $(n, k)$  принимают значения в промежутках  $E_N, E_K$  соответственно. Тогда очевидно выполняется соотношение

$$|W_{dp}| \ll (\ln a)^2 |T|.$$

Здесь  $T = T(N, K)$  представляет собой одну из сумм вида

$$\begin{aligned} T(N, K) &= \sum'_{N < n \leq N_1} \frac{1}{n} \sum_{K < k \leq K_1} \frac{e^{2\pi i ad \sqrt{k}}}{d\sqrt{k}} \left( \frac{-k}{n} \right) = \\ &= \sum'_{N < n \leq N_1} \frac{1}{n} S(n). \end{aligned}$$

Далее сумму  $T(N, K)$  мы будем оценивать в зависимости от значения параметров  $N$  и  $K$ .

Договоримся также, что тригонометрические суммы, скрученные с символом Якоби, мы для краткости будем называть гибридными суммами. Таковой, в частности, является сумма  $T(N, K)$ .

где  $0 < \delta_1 < \frac{1}{3}$  и  $\epsilon > 0$  сколь угодно мало. Оно обеспечивается равенством

$$by^{-1} = a^{\frac{1}{3} - \delta_1}.$$

Отсюда имеем

$$y = ba^{-\frac{1}{3} + \delta_1} = a^{\alpha - \frac{1}{3} + \delta_1}.$$

Далее будем считать  $\alpha = \frac{4}{3} + 2\delta_1$ . Следовательно

$$y = a^{1 + 3\delta_1}.$$

При указанном значении  $y$  перейдем к оценке величины  $V_1$ . Напомним, что

$$\sum_1 = \sum_1(k) = \sum_{m=1}^y \frac{1}{m} \left( \frac{-4k}{m} \right),$$

$$f_k = \sum_{d \leq \sqrt{\frac{b}{k}}} \frac{e^{2\pi i ad \sqrt{k}}}{d^2}$$

Следовательно

$$V_1 = \sum_{\substack{k \leq b \\ k \equiv 1 \pmod{8}}} \frac{\sum_1 f_k}{\sqrt{k}} = \sum_{d \leq \sqrt{b}} \frac{1}{d^2} \times \\ \times \sum_{m=1}^y \frac{1}{m} \sum_{\substack{k \leq \frac{b}{d^2} \\ k \equiv 1 \pmod{8}}} \frac{e^{2\pi i ad \sqrt{k}}}{\sqrt{k}} \left( \frac{-4k}{m} \right).$$

Преобразуем суммирование по  $m \leq y$  в последней сумме. Для этого отметим, что любое натуральное  $m$  однозначно представляется в виде  $m = p^2 n$ , где  $n$  не делится на квадрат простого числа. Тогда сплошное суммирование по  $m$  в пределах от 1 до  $y$  представляется в виде повторного суммирования по  $(p, n)$ , где внешнее суммирование по  $p$  ведется в пределах от 1 до  $\sqrt{y}$ , а внутреннее суммирование ведется в пределах от 1 до  $yp^{-2}$ . Учитывая еще, что  $n$  – нечетное, приходим к равенству

$$V_1 = \sum_{d \leq \sqrt{b}} \frac{1}{d^2} \sum_{1 \leq p \leq \sqrt{y}} \frac{1}{p^2} \sum'_{1 \leq n \leq yp^{-2}} \frac{1}{n} \times \\ \times \sum_{k \leq \frac{b}{d^2}} \frac{e^{2\pi i ad \sqrt{k}}}{\sqrt{k}} \left( \frac{-k}{n} \right).$$

Здесь символ  $\sum'$  означает, что суммирование ведется по нечетным числам  $n$  свободным от квадратов.

Внутреннюю сумму по параметрам  $(n, k)$ , входящую в последнее выражение для  $V_1$ , будем обозначать через  $W_{dp}$ . Таким образом

$$V_1 = \sum_{d \leq \sqrt{b}} \frac{1}{d} \sum_{1 \leq p \leq \sqrt{y}} \frac{1}{p^2} W_{dp},$$

где

$$W_{dp} = \sum'_{1 \leq n \leq yp^{-2}} \frac{1}{dn} \sum_{k \leq \frac{b}{d^2}} \frac{e^{2\pi i ad \sqrt{k}}}{\sqrt{k}} \left( \frac{-k}{n} \right).$$

В свою очередь, суммирование по  $(n, k)$  в двойной сумме  $W_{dp}$  разобьем на промежутки  $E_N = (N, N_1]$  и  $E_K = (K, K_1]$  в количестве  $\ll \ln a$  по каждому суммированию и с условием  $N \leq N_1 \leq 1,5N$ ,  $K \leq K_1 \leq 1,5K$ ,  $0,7 < N \leq yp^{-2}$ ,  $0,7 < K \leq bd^{-2}$ . Обозначим через  $T = T(N, K)$  сумму, являющуюся частью суммы  $W_{dp}$  и, включающую в себя слагаемые, номера которых  $(n, k)$  принимают значения в промежутках  $E_N, E_K$  соответственно. Тогда очевидно выполняется соотношение

$$|W_{dp}| \ll (\ln a)^2 |T|.$$

Здесь  $T = T(N, K)$  представляет собой одну из сумм вида

$$T(N, K) = \sum'_{N < n \leq N_1} \frac{1}{n} \sum_{K < k \leq K_1} \frac{e^{2\pi i ad \sqrt{k}}}{d \sqrt{k}} \left( \frac{-k}{n} \right) = \\ = \sum'_{N < n \leq N_1} \frac{1}{n} S(n).$$

Далее сумму  $T(N, K)$  мы будем оценивать в зависимости от значения параметров  $N$  и  $K$ .

Договоримся также, что тригонометрические суммы, скрученные с символом Якоби, мы для краткости будем называть гибридными суммами. Таковой, в частности, является сумма  $T(N, K)$ .

## 2 Выделение основного промежутка изменения параметров в гибридных суммах

Далее нам потребуется утверждение доказанное Хис-Брауном в работе [14], которое может быть сформулировано следующим образом.

**Лемма 1.** Пусть  $N_0$  и  $K_0$  – натуральные числа, и пусть  $a_1, \dots, a_{N_0}$  и  $b_1, \dots, b_{K_0}$  произвольные комплексные числа с условием  $|a_m|, |b_m| \leq 1$ . Тогда

$$\sum_{\substack{n \leq N_0 \\ n \equiv 1 \pmod{2}}} \sum_{k \leq K_0} a_n b_k \left(\frac{k}{n}\right) \ll_{\epsilon} \ll_{\epsilon} (N_0 K_0)^{1+\epsilon} \left(\frac{1}{\sqrt{N_0}} + \frac{1}{\sqrt{K_0}}\right)$$

для любого  $\epsilon > 0$ .

*Доказательство.* См. [14], стр. 238.

Для применения этой леммы к сумме  $T$  положим  $K_0 = K_1$ ,  $N_0 = N_1$ ,  $a_n = \frac{1}{n} \left(\frac{-1}{n}\right)$ ,  $b_k = \sqrt{\frac{K}{k}} e^{2\pi i a d \sqrt{k}}$ . Тогда  $|a_n| \leq 1$ ,  $|b_k| \leq 1$ . Применяя лемму 1, получим

$$\begin{aligned} T &= \frac{1}{N\sqrt{K}} \sum'_{N < n \leq N_1} \times \\ &\times \sum_{K < k \leq K_1} a_n b_k \left(\frac{k}{n}\right) \ll_{\epsilon} \frac{(N_1 K_1)^{1+\epsilon}}{N\sqrt{K}} \times \\ &\times \left(\frac{1}{\sqrt{N_1}} + \frac{1}{\sqrt{K_1}}\right) \ll_{\epsilon} a^{\epsilon} \left(\sqrt{\frac{K}{N}} + 1\right), \end{aligned}$$

поскольку  $\epsilon > 0$  произвольно и выполняются условия  $N_1 \ll N$ ,  $K_1 \ll K$ ,  $\ln N \ll \ln a$ ,  $\ln K \ll \ln a$ .

Далее заметим, что если выполняется неравенство

$$\sqrt{\frac{K}{N}} \ll a^{\frac{1}{3}-\delta_1},$$

то из последней оценки вытекает, что вклад суммы  $T$  в основную сумму  $W$  не превышает допустимого значения. Это означает, что остается рассмотреть только случай, когда выполняется про-

тивоположное неравенство, то есть

$$\begin{aligned} \sqrt{\frac{K}{N}} &\gg a^{\frac{1}{3}-\delta_1}, \\ \frac{K}{N} &\gg a^{\frac{2}{3}-2\delta_1} \\ &\text{или} \\ N &\ll K a^{2\delta_1-\frac{2}{3}}. \end{aligned}$$

Тривиальная оценка суммы  $T(N, K)$  выглядит следующим образом

$$T(N, K) \ll \sum_{n > N} \frac{1}{n} \sum_{k > K} \frac{1}{d\sqrt{k}} \ll \frac{\sqrt{K}}{d}.$$

Отсюда следует, что если  $\sqrt{K} \ll a^{\frac{1}{3}-\delta_1}$ , то  $T \ll a^{\frac{1}{3}-\delta_1} d^{-1}$ , что соответствует требуемой оценке.

Следовательно, нам достаточно рассмотреть случаи, когда выполняются неравенства

$$K \gg a^{\frac{2}{3}-2\delta_1}, \quad 1 < N \ll K a^{2\delta_1-\frac{2}{3}}.$$

## 3 Оценка суммы $T(N, K)$

Займемся верхней оценкой величины  $|T|$  при условии  $1 < N \ll K a^{2\delta_1-\frac{2}{3}}$ . Воспользуемся тем, что число  $n$  не делится на квадрат простого и представим значение символа Якоби  $\left(\frac{x}{n}\right) = \left(\frac{-k}{n}\right)$  в виде

$$\left(\frac{x}{n}\right) = \sum_{y=0}^{n-1} C(y) \frac{e^{-\frac{2\pi i x y}{n}}}{\sqrt{n}}.$$

Поскольку при  $y = 0, \dots, (n-1)$  вектора

$$\begin{aligned} \{F_y\} &= \left\{ \frac{e^{-\frac{2\pi i x y}{n}}}{\sqrt{n}} \right\} = \\ &= \left\{ \frac{1}{\sqrt{n}}, \frac{e^{-\frac{2\pi i x y}{n}}}{\sqrt{n}}, \frac{e^{-2\pi i \frac{2y}{n}}}{\sqrt{n}}, \frac{e^{-2\pi i \frac{(n-1)y}{n}}}{\sqrt{n}} \right\} \end{aligned}$$

в евклидовом пространстве  $\mathbb{C}^n$  со скалярным произведением  $(a, b) = \sum_{k=0}^{n-1} a_k b_k$  образуют ортонормированный базис, то коэффициенты  $C(y)$  определяются с помощью равенства

$$C(y) = \left( \left(\frac{x}{n}\right), F_y \right) = \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} \left(\frac{x}{n}\right) e^{\frac{2\pi i x y}{n}}.$$



Обозначим через  $G(n, y)$  сумму Гаусса

$$G(n, y) = \sum_{k=0}^{n-1} \left(\frac{x}{n}\right) e^{\frac{2\pi i x y}{n}} = \theta_n \sqrt{n} \left(\frac{y}{n}\right),$$

где  $|\theta_n| = 1$  (см., например, [14], лемма 5.1-5.4 стр. 358).

Далее имеем

$$C(y) = \frac{G(n, y)}{n},$$

$$\left(\frac{x}{n}\right) = \frac{1}{n} \sum_{y=0}^{n-1} G(n, y) e^{-\frac{2\pi i x y}{n}}.$$

Подставим данное выражение символа Якоби во внутреннюю сумму  $S(n)$  по  $k$  двойной суммы  $T$ . Получим

$$S(n) = \sum_{K < k \leq K_1} \frac{e^{2\pi i a d \sqrt{k}}}{d \sqrt{k}} \left(\frac{-k}{n}\right) =$$

$$= \frac{1}{n} \sum_{K < k \leq K_1} \sum_{y=0}^{n-1} G(n, y) \frac{e^{2\pi i (da \sqrt{k} + \frac{ky}{n})}}{d \sqrt{k}} =$$

$$= \frac{1}{n} \sum_{y=0}^{n-1} G(n, y) \sum_{K < k \leq K_1} \frac{e^{2\pi i (da \sqrt{k} + \frac{ky}{n})}}{d \sqrt{k}} =$$

$$= \frac{\theta_n}{\sqrt{n}} \sum_{y=0}^{n-1} \left(\frac{y}{n}\right) \sum_{K < k \leq K_1} \frac{e^{2\pi i (da \sqrt{k} + \frac{ky}{n})}}{d \sqrt{k}}.$$

Следовательно, для  $T(N, K)$  выполнено равенство

$$T(N, K) = \sum'_{N < n \leq N_1} \frac{1}{n} S(n) =$$

$$= \sum'_{N < n \leq N_1} \frac{\theta_n}{n^{\frac{3}{2}}} \sum_{y=0}^{n-1} \left(\frac{y}{n}\right) \sum_{K < k \leq K_1} \frac{e^{2\pi i (da \sqrt{k} + \frac{ky}{n})}}{d \sqrt{k}} =$$

$$= \sum'_{N < n \leq N_1} \frac{\theta_n}{n^{\frac{3}{2}}} \sum_{y=0}^{n-1} \left(\frac{y}{n}\right) S_1(n).$$

Докажем следующее утверждение

**Лемма 2.** *Имеет место неравенство*

$$|T(N, K)|^2 \ll d^{-2} \left( N + \frac{(da)^{\frac{3}{4}} \ln N \ln^{\frac{3}{2}} K}{K^{\frac{1}{8}}} \right).$$

*Доказательство.*

Возведем сумму  $T(N, K)$  в квадрат. Получим следующее неравенство

$$|T(N, K)|^2 \ll \frac{1}{N^3} \left( \sum_{n, y \geq N} 1 \right) \sum_{N < n \leq N_1} \sum_{y=0}^{n-1} |S_1(n)|^2 \ll$$

$$\ll \frac{1}{d^2 N} \sum_{N < n \leq N_1} \sum_{y=0}^{n-1} \sum_{K < k_1, k_2 \leq K_1} \frac{1}{\sqrt{k_1} \sqrt{k_2}} \times$$

$$\times e^{2\pi i (da(\sqrt{k_1} - \sqrt{k_2}) + \frac{y}{n}(k_1 - k_2))} \ll$$

$$\ll \frac{1}{d^2} \sum_{N < n \leq N_1} \times$$

$$\times \sum_{\substack{K < k_1, k_2 \leq K_1 \\ k_1 - k_2 = n\nu}} \frac{1}{\sqrt{k_1} \sqrt{k_2}} e^{2\pi i da(\sqrt{k_1} - \sqrt{k_2})} \ll$$

$$\ll d^{-2} N + \frac{1}{d^2} \sum_{N < n \leq N_1} \times$$

$$\times \sum_{\substack{K < k_1, k_2 \leq K_1 \\ k_1 - k_2 = n\nu \\ \nu \neq 0}} \frac{1}{\sqrt{k_1} \sqrt{k_2}} e^{2\pi i da(\sqrt{k_1} - \sqrt{k_2})}.$$

В последней сумме сделаем замену переменных суммирования. От переменных  $k_1$  и  $k_2$  перейдем к переменным  $k$  и  $\nu$  следующим образом  $k_1 = k$ ,  $k_2 = k - n\nu$ . Найдем границы изменения новых переменных. Имеем  $K - K_1 < n\nu < K_1 - K$  и

$$-\frac{K_1 - K}{n} < \nu < \frac{K_1 - K}{n}.$$

Далее  $K < k - n\nu \leq K_1$ . Поэтому

$$K + n\nu < k \leq K_1 + n\nu,$$

$$K < k \leq K_1.$$

Следовательно

$$K_2(\nu) = \max(K, K + n\nu) < k \leq$$

$$\leq \min(K_1, K_1 + n\nu) = K_3(\nu).$$

Отсюда имеем

$$\begin{aligned}
 |T(N, K)|^2 &\ll d^{-2}N + \\
 &+ \frac{1}{d^2} \sum_{N < n \leq N_1} \sum_{\substack{-\frac{K_1-K}{n} < \nu < \frac{K_1-K}{n} \\ \nu \neq 0}} \times \\
 &\times \sum_{K_2(\nu) < k \leq K_3(\nu)} \frac{e^{2\pi i da(\sqrt{k} - \sqrt{k-n\nu})}}{\sqrt{k}\sqrt{k-n\nu}} = \\
 &= d^{-2}N + \frac{1}{d^2} \sum_{N < n \leq N_1} \sum_{1 < \nu < \frac{K_1-K}{n}} \times \\
 &\times \sum_{K+n\nu < k \leq K_1} \frac{e^{2\pi i da(\sqrt{k} - \sqrt{k-n\nu})}}{\sqrt{k}\sqrt{k-n\nu}} + \\
 &+ \frac{1}{d^2} \sum_{N < n \leq N_1} \sum_{1 < \mu < \frac{K_1-K}{n}} \times \\
 &\times \sum_{K < k \leq K_1 - n\mu} \frac{e^{2\pi i da(\sqrt{k} - \sqrt{k+n\mu})}}{\sqrt{k}\sqrt{k+n\mu}} = \\
 &= d^{-2} \left( N + \sum^+ + \sum^- \right).
 \end{aligned}$$

Здесь суммы  $\sum^+$  и  $\sum^-$  определяются очевидным образом с помощью последнего равенства. Эти суммы оцениваются одинаково. Поэтому рассмотрим только  $\sum^+$ . Используя известный прием перехода от неполной суммы к полной, получим

$$\begin{aligned}
 \sum^+ &\ll \ln N \sum_{N < n \leq N_1} \sum_{1 < \nu < \frac{K_1-K}{n}} \times \\
 &\times \sum_{K+n < k \leq K_1} \frac{e^{2\pi i (da(\sqrt{k} - \sqrt{k-n\nu}) + \frac{lk}{K})}}{\sqrt{k}\sqrt{k-n\nu}},
 \end{aligned}$$

где  $l$  – некоторое целое число с условием  $|l| \leq \frac{K}{2}$ .

Далее, применим к внутренней сумме по  $k$  формулу обращения.

<sup>1</sup>Далее вводятся следующие вспомогательные обозначения:

$$\begin{aligned}
 \eta &= da(\sqrt{k_m} - \sqrt{k_m - n\nu}) + \frac{lk_m}{K} - mk_m, \\
 \eta_1 &= da(\sqrt{k_{m_1}} - \sqrt{k_{m_1} - t} - \sqrt{k_{m_2}} - \sqrt{k_{m_2} - t}) + \frac{l(k_{m_1} - k_{m_2})}{K} - m_1k_{m_1} + m_2k_{m_2}, \\
 \theta_1 &= \sqrt{k_{m_1}}\sqrt{k_{m_2}}\sqrt{k_{m_1} - t}\sqrt{k_{m_2} - t}, \\
 \eta_2 &= da(\sqrt{k_{m_1}} - \sqrt{k_{m_1} - t} - \sqrt{k_{m_2}} - \sqrt{k_{m_2} - t}) + \frac{l(k_{m_1} - k_{m_2})}{K} - m_1k_{m_1} + m_2k_{m_2} - pt_p, \\
 \theta_2 &= \sqrt{k_{m_1}}\sqrt{k_{m_2}}\sqrt{k_{m_1} - t_p}\sqrt{k_{m_2} - t_p}.
 \end{aligned}$$

**Лемма 3** (Формула обращения.). Пусть  $H, U, A, q, r$  – вещественные числа с условием  $H > 0, U \gg A \gg 1, 0 < r - q \leq U$ . Далее пусть  $f(x)$  и  $\varphi(x)$  – вещественные алгебраические функции, степени которых ограничены, и пусть в интервале  $q \leq x \leq r$  выполнены условия  $A^{-1} \ll f''(x) \ll A^{-1}, f'''(x) \ll \frac{1}{AU}, \varphi(x) \ll H, \varphi'(x) \ll HU^{-1}, \varphi''(x) \ll HU^{-2}$ . Тогда имеет место формула

$$\begin{aligned}
 \sum_{q < x \leq r} \varphi(x) e^{2\pi i f(x)} &= \sum_{f'(q) \leq m \leq f'(r)} b_m Z_m + \\
 &+ O(HT_q + HT_r + H \ln(U + 1)),
 \end{aligned}$$

где, определяя  $x_m$  равенством  $f'(x_m) = m$ , имеем

$$Z_m = e^{-\frac{\pi i}{4}} \frac{\varphi(x_m)}{|f''(x_m)|^{\frac{1}{2}}} e^{2\pi i (f(x_m) - mx_m)},$$

причем  $b_m = 1$ , если  $m$  отлично от  $f'(q)$  и от  $f'(r)$ , и  $b_m = 0,5$ , если  $m$  равно одному из этих чисел. Всегда имеем  $Z_m \ll H\sqrt{A}$ . Наконец,  $T_q = 0$  при целом  $f'(q)$  и равно  $\min\left(\frac{1}{\langle f'(q) \rangle}, \sqrt{A}\right)$  в противном случае, а  $T_r = 0$  при целом  $f'(r)$  и равно  $\min\left(\frac{1}{\langle f'(r) \rangle}, \sqrt{A}\right)$  в противном случае. Символ  $\langle \cdot \rangle$  означает расстояние до ближайшего целого.

*Доказательство.* См. [10].

В нашем случае производная функции стоящей в экспоненте имеет порядок  $\frac{dan\nu}{K^{\frac{3}{2}}} + O(1)$ , поэтому применение формулы обращения приводит

к неравенству<sup>1</sup>

$$\begin{aligned} & \sum_{K+n\nu < k \leq K_1} \frac{e^{2\pi i(da(\sqrt{k}-\sqrt{k-n\nu})+\frac{lk}{K})}}{\sqrt{k}\sqrt{k-n\nu}} \ll \\ & \ll (da)^{-\frac{1}{2}} \sum_{m \succ \frac{dan\nu}{K^{\frac{3}{2}}}} \frac{e^{2\pi i\eta}}{\sqrt{k_m}\sqrt{k_m-n\nu}} \times \\ & \times \frac{(k_m(k_m-n\nu))^{\frac{3}{4}}}{(k_m^{\frac{3}{2}}-(k_m-n\nu)^{\frac{3}{2}})^{\frac{1}{2}}} + O(R^+), \end{aligned}$$

где  $k_m$  определяется из условия

$$\left( da \left( \sqrt{k} - \sqrt{k-n\nu} \right) + \frac{lk}{K} \right)'_k = m$$

Для нахождения остатка в последней формуле используем формулу конечных приращений Лагранжа. Получим

$$R^+ \ll \frac{K^{\frac{5}{4}}}{(n\nu)^{\frac{1}{2}}(da)^{\frac{1}{2}}K}.$$

Просуммируем остаток в последнем выражении по  $n$  и по  $\nu$ . Суммирование по  $\nu$  заменим на интеграл. Учитывая, что  $K \leq bd^{-2} = a^\alpha d^{-2} = a^{\frac{4}{3}+2\delta_1} d^{-2}$ , имеем

$$\frac{K^{\frac{1}{4}}}{(da)^{\frac{1}{2}}} \frac{N}{N^{\frac{1}{2}}} \left( \frac{K}{N} \right)^{\frac{1}{2}} = \frac{K^{\frac{3}{4}}}{(da)^{\frac{1}{2}}} \ll d^{-2} a^{\frac{1}{2}+\frac{3}{2}\delta_1}.$$

То есть, вклад в сумму  $T(N, K)$  не превосходит  $O(d^{-2} a^{\frac{1}{4}+\frac{3}{4}\delta_1} \sqrt{\ln a})$ . Следовательно этим остатком можно пренебречь.

Итак, можно считать, что

$$\begin{aligned} & \sum^+ \ll \\ & \ll \frac{\ln N}{(da)^{\frac{1}{2}}} \sum_{N < n \leq N_1} \sum_{1 < \nu < \frac{K_1-K}{n}} \times \\ & \times \sum_{m \succ \frac{dan\nu}{K^{\frac{3}{2}}}} (k_m(k_m-n\nu))^{\frac{1}{4}} \times \\ & \times \frac{e^{2\pi i\eta}}{(k_m^{\frac{3}{2}}-(k_m-n\nu)^{\frac{3}{2}})^{\frac{1}{2}}}. \end{aligned}$$

Обозначим  $n\nu = t$  и соберем вместе все слагаемые, для которых  $n\nu = t$ . Количество слагаемых с одним и тем же  $t$  обозначим через  $f(t)$ . Тогда  $f(t) \leq \tau(t)$ .

Из последнего неравенства получаем

$$\begin{aligned} & \left| \sum^+ \right|^2 \ll \\ & \ll \frac{\ln^2 N}{da} \left| \sum_{N < t < K_1-K} f(t) \times \right. \\ & \times \sum_{m \succ \frac{dat}{K^{\frac{3}{2}}}} (k_m(k_m-t))^{\frac{1}{4}} \times \\ & \times \left. \frac{e^{2\pi i(da(\sqrt{k_m}-\sqrt{k_m-t})+\frac{lk_m}{K}-mk_m)}}{(k_m^{\frac{3}{2}}-(k_m-t)^{\frac{3}{2}})^{\frac{1}{2}}} \right|^2. \end{aligned}$$

Заметим, что  $t < K_1 - K \ll K$  и

$$\left( \frac{k_m^{\frac{3}{2}}(k_m-t)^{\frac{3}{2}}}{k_m^{\frac{3}{2}}-(k_m-t)^{\frac{3}{2}}} \right)^{\frac{1}{2}} = \left( \frac{1}{(k_m-t)^{\frac{3}{2}}} - \frac{1}{k_m^{\frac{3}{2}}} \right)^{-\frac{1}{2}}.$$

Поэтому

$$\begin{aligned} & \left| \sum^+ \right|^2 \ll \frac{\ln^2 N}{da} \sum_{N < t < K_1-K} \tau^2(t) \times \\ & \times \sum_{N < t < K_1-K} \sum_{m_1, m_2 \succ \frac{da}{K^{\frac{3}{2}}}} \frac{e^{2\pi i\eta_1}}{\theta_1} \times \\ & \times \left( \frac{1}{(k_{m_1}-t)^{\frac{3}{2}}} - \frac{1}{k_{m_1}^{\frac{3}{2}}} \right)^{-\frac{1}{2}} \times \\ & \times \left( \frac{1}{(k_{m_2}-t)^{\frac{3}{2}}} - \frac{1}{k_{m_2}^{\frac{3}{2}}} \right)^{-\frac{1}{2}} = \\ & = \frac{\ln^2 N}{da} \sum_{N < t < K_1-K} \tau^2(t) \sum_{N < t < K_1-K} \times \\ & \times \sum_{m_1, m_2 \succ \frac{da}{K^{\frac{3}{2}}}} v(t, m_1, m_2). \end{aligned}$$

К сумме  $\sum_{N < t < K_1-K} v(t, m_1, m_2)$  применим формулу обращения (лемма 3). Производная функции, стоящей в экспоненте, имеет порядок  $\frac{da}{K^{\frac{3}{2}}}$ , вторая производная – порядок  $\frac{da}{K^{\frac{3}{2}}}$ . Параметр

$t_p$  определим обычным образом согласно формуле обращения. Получим

$$\begin{aligned} \sum_{N < t < K_1 - K} v(t, m_1, m_2) &\ll \\ &\ll \frac{1}{(da)^{\frac{1}{2}}} \sum_{p \asymp \frac{da}{K^{\frac{1}{4}}}} \frac{e^{2\pi i \eta_2}}{\theta_2} \times \\ &\times \left( \frac{1}{(k_{m_1} - t_p)^{\frac{3}{2}}} - \frac{1}{k_{m_1}^{\frac{3}{2}}} \right)^{-\frac{1}{2}} \times \\ &\times \left( \frac{1}{(k_{m_2} - t_p)^{\frac{3}{2}}} - \frac{1}{k_{m_2}^{\frac{3}{2}}} \right)^{-\frac{1}{2}} \times \\ &\times \left( \frac{1}{(k_{m_1} - t_p)^{\frac{3}{2}}} - \frac{1}{(k_{m_2} - t_p)^{\frac{3}{2}}} \right)^{-\frac{1}{2}} + \\ &+ \frac{K^{\frac{1}{4}}}{(da)^{\frac{1}{2}}} \ll \frac{1}{K^2} K^{\frac{3}{2}} \frac{1}{(da)^{\frac{1}{2}}} K^{\frac{3}{4}} \frac{da}{K^{\frac{1}{2}}} + \\ &+ \frac{K^{\frac{1}{4}}}{(da)^{\frac{1}{2}}} \ll \frac{(da)^{\frac{1}{2}}}{K^{\frac{1}{4}}}. \end{aligned}$$

Отсюда, используя неравенство  $\sum_{0 < a \leq N} (\tau(a))^l \ll N(\ln N)^{2^l - 1}$  (см. [15] стр. 18), имеем

$$\begin{aligned} \left| \sum^+ \right|^2 &\ll \frac{\ln^2 N}{da} K \ln^3 K \frac{(da)^2}{K} \times \\ &\times \frac{(da)^{\frac{1}{2}}}{K^{\frac{1}{4}}} = \frac{(da)^{\frac{3}{2}} \ln^2 N \ln^3 K}{K^{\frac{1}{4}}} \end{aligned}$$

и

$$\sum^+ \ll \frac{(da)^{\frac{3}{4}} \ln N \ln^{\frac{3}{2}} K}{K^{\frac{1}{8}}}.$$

Следовательно

$$|T(N, K)|^2 \ll d^{-2} \left( N + \frac{(da)^{\frac{3}{4}} \ln N \ln^{\frac{3}{2}} K}{K^{\frac{1}{8}}} \right).$$

Лемма 2 доказана.  $\square$

#### 4 Оценка гибридной суммы по современной экспоненциальной паре

При получении результата леммы 2 мы опирались на формулу обращения, но для оценок гибридных сумм можно также использовать метод экспоненциальных пар. Применим к сумме  $T(N, K)$  оценку по экспоненциальной паре  $(\frac{37}{56} + \epsilon; \frac{9}{56} + \epsilon)$ , которая содержится в следующей лемме.

**Лемма 4.** Пусть  $N, U, A, L$  – вещественные числа с условием  $N > 0, U \gg A \gg 1, 0 < N \leq U, L > 0$ . Далее пусть  $f(x)$  – вещественная алгебраическая функция, степень которой ограничена, и пусть в интервале  $N \leq x \leq 2N$  выполнены условия  $f'(x) \ll L, A^{-1} \ll f''(x) \ll A^{-1}, f'''(x) \ll \frac{1}{AU}$ . Тогда имеет место неравенство

$$\sum_{N \leq n \leq 2N} e^{2\pi i f(n)} \ll_{\epsilon} N^{\frac{37}{56} + \epsilon} L^{\frac{9}{56} + \epsilon},$$

где  $\epsilon > 0$  сколь угодно мало.

*Доказательство.* см.[16] стр. 86.

Заметим, что лемма 4 допускает очевидное обобщение. Пусть  $\varphi$  – гладкая вещественная функция с конечным числом участков монотонности. И для функции  $\varphi$  выполнены условия  $\varphi(x) \ll H, \varphi'(x) \ll HU^{-1}, \varphi''(x) \ll HU^{-2}$ , при некотором  $H > 0$ . Тогда имеет место формула

$$\sum_{N \leq n \leq 2N} \varphi(n) e^{2\pi i f(n)} \ll_{\epsilon} H N^{\frac{37}{56} + \epsilon} L^{\frac{9}{56} + \epsilon}.$$

Применим последнее утверждение к сумме  $T(N, K)$ . Результат сформулируем в виде следующей леммы

**Лемма 5.** Имеет место неравенство

$$\begin{aligned} |T(N, K)|^2 &\ll d^{-2} (N + \ln N \times \\ &\times \ln^{\frac{3}{2}} K (da)^{\frac{65}{112} + \frac{\epsilon}{2}} K^{\frac{9}{224} + \frac{\epsilon}{4}}), \end{aligned}$$

где  $\epsilon$  сколь угодно мало.

*Доказательство.*

В процессе доказательства леммы 2 мы получили формулу

$$|T(N, K)|^2 \ll d^{-2} \left( N + \sum^+ + \sum^- \right),$$

где суммы  $\sum^+$  и  $\sum^-$  оцениваются одинаково.

Кроме того, в той же было доказано, что для суммы  $\sum^+$  выполнено неравенство

$$\begin{aligned} \left| \sum^+ \right|^2 &\ll \frac{\ln^2 N}{da} \sum_{N < t < K_1 - K} \tau^2(t) \times \\ &\times \sum_{N < t < K_1 - K} \sum_{m_1, m_2 \asymp \frac{da}{K^{\frac{1}{2}}}} v(t, m_1, m_2), \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned} v(t, m_1, m_2) &= \frac{e^{2\pi i \eta_1}}{\theta_1} \times \\ &\times \left( \frac{1}{(k_{m_1} - t)^{\frac{3}{2}}} - \frac{1}{k_{m_1}^{\frac{3}{2}}} \right)^{-\frac{1}{2}} \times \\ &\times \left( \frac{1}{(k_{m_2} - t)^{\frac{3}{2}}} - \frac{1}{k_{m_2}^{\frac{3}{2}}} \right)^{-\frac{1}{2}}. \end{aligned}$$

К сумме  $\sum_{N < t < K_1 - K} v(t, m_1, m_2)$  применим оценку по экспоненциальной паре  $(\frac{37}{56} + \epsilon; \frac{9}{56} + \epsilon)$  (замечание после леммы 4).

В нашей сумме длина отрезка суммирования имеет порядок  $K$ , а производная функции, стоящей в экспоненте – порядок  $\frac{da}{\sqrt{K}}$ . Следовательно

$$\begin{aligned} \sum_{N < t < K_1 - K} v(t, m_1, m_2) &\ll \\ &\ll \frac{1}{K^2} K^{\frac{3}{2}} K^{\frac{37}{56} + \epsilon} \left( \frac{da}{\sqrt{K}} \right)^{\frac{9}{56} + \epsilon} = \\ &= (da)^{\frac{9}{56} + \epsilon} K^{\frac{9}{112} + \frac{\epsilon}{2}}. \end{aligned}$$

Отсюда для суммы  $\sum^+$  получаем оценку

$$\begin{aligned} \left| \sum^+ \right|^2 &\ll \frac{\ln^2 N}{da} K \ln^3 K \frac{(da)^2}{K} (da)^{\frac{9}{56} + \epsilon} K^{\frac{9}{112} + \frac{\epsilon}{2}} = \\ &= \ln^2 N \ln^3 K (da)^{\frac{65}{56} + \epsilon} K^{\frac{9}{112} + \frac{\epsilon}{2}} \end{aligned}$$

и

$$\sum^+ \ll \ln N \ln^{\frac{3}{2}} K (da)^{\frac{65}{112} + \frac{\epsilon}{2}} K^{\frac{9}{224} + \frac{\epsilon}{4}}.$$

Поэтому

$$\begin{aligned} |T(N, K)|^2 &\ll d^{-2} \left( N + \right. \\ &\left. + \ln N \ln^{\frac{3}{2}} K (da)^{\frac{65}{112} + \frac{\epsilon}{2}} K^{\frac{9}{224} + \frac{\epsilon}{4}} \right). \end{aligned}$$

Лемма 5 доказана.  $\square$

## 5 Выбор значения целевого параметра

Проведем сравнение оценки суммы  $T(N, K)$ , полученной с помощью применения формулы обращения (лемма 2), и оценки, полученной с применением экспоненциальной пары (лемма 5).

В леммах 2 и 5 получены следующие неравенства

$$|T(N, K)|^2 \ll d^{-2} \left( N + \frac{(da)^{\frac{3}{4}} \ln N \ln^{\frac{3}{2}} K}{K^{\frac{1}{8}}} \right),$$

$$\begin{aligned} |T(N, K)|^2 &\ll d^{-2} \left( N + \right. \\ &\left. + \ln N (\ln^{\frac{3}{2}} K) (da)^{\frac{65}{112} + \frac{\epsilon}{2}} K^{\frac{9}{224} + \frac{\epsilon}{4}} \right). \end{aligned}$$

Сравним эти результаты. Имеем, если

$$(da)^{\frac{65}{112} + \frac{\epsilon}{2}} K^{\frac{9}{224} + \frac{\epsilon}{4}} < (da)^{\frac{3}{4}} K^{-\frac{1}{8}},$$

то

$$K < (da)^{\frac{38 - 112\epsilon}{37 + 56\epsilon}} < (da)^{\frac{38}{37}}.$$

Тем самым оценка по экспоненциальной паре лучше, чем оценка по формуле обращения, если  $K < a^{\frac{38}{37}}$ . Кроме того, для того, чтобы оценка по экспоненциальной паре была «достаточно хорошей» требуется выполнение неравенства

$$(da)^{\frac{65}{112} + \frac{\epsilon}{2}} K^{\frac{9}{224} + \frac{\epsilon}{4}} < a^{\frac{2}{3} - 2\delta_1}$$

то есть

$$K < d^{-\frac{\frac{65}{112} + \frac{\epsilon}{2}}{\frac{9}{224} + \frac{\epsilon}{4}}} a^{\frac{\frac{29}{336} - 2\delta_1 - \frac{\epsilon}{2}}{\frac{9}{224} + \frac{\epsilon}{4}}} < a^{\frac{\frac{29}{336} - 2\delta_1}{9}} = a^{\frac{58}{27} - \frac{448}{9} \delta_1}.$$

Итак, собирая вместе полученные результаты, получим

$$|T(N, K)|^2 \ll d^{-2} \left( N + d^{\frac{65}{112} + \frac{\epsilon}{2}} \times \right. \\ \left. \times a^{\frac{65}{112} + \epsilon_2} K^{\frac{9}{224} + \frac{\epsilon}{4}} \right) \text{ при } K < a^{\frac{38}{37}}, \\ |T(N, K)|^2 \ll d^{-2} \left( N + d^{\frac{3}{4}} a^{\frac{3}{4} + \epsilon_3} \times \right. \\ \left. \times K^{-\frac{1}{8}} \right) \text{ при } K \geq a^{\frac{38}{37}},$$

где  $\epsilon, \epsilon_2, \epsilon_3$  сколь угодно малы.

При этом первая оценка будет нетривиальной, если  $N \ll a^{\frac{2}{3} - 2\delta_1}$  и

$$a^{\frac{65}{112} + \epsilon_2 + \frac{38}{37} \left( \frac{9}{224} + \frac{\epsilon}{4} \right)} < a^{\frac{2}{3} - 2\delta_1},$$

то есть

$$\delta_1 < \frac{5}{222},$$

Вторая оценка будет нетривиальной, при условии, что  $N \ll a^{\frac{2}{3} - 2\delta_1}$  и

$$a^{\frac{3}{4} + \epsilon_3 - \frac{1}{8} \frac{38}{37}} < a^{\frac{2}{3} - 2\delta_1},$$

то есть

$$\delta_1 < \frac{5}{222},$$

Таким образом, в обоих случаях можно брать в качестве значения для параметра  $\delta_1$  любое положительное число  $\delta$ , меньшее чем  $\frac{5}{222}$ .

## 6 Анализ полученных оценок

Асимптотические формулы и оценки, полученные выше, предназначены для оценок сумм  $W(\alpha)$ , где

$$W(\alpha) = \sum_{k > a^\alpha} \frac{r_3(k) e^{2\pi i a \sqrt{k}}}{k}.$$

Ясно, что оценка сферической суммы  $W$ , определенной в начале статьи сводится к сложению оценок сумм  $W(\alpha)$  в количестве не превосходящем величины  $\ll \ln a$ .

Далее мы рассмотрим вопрос об оценках величины  $W(\alpha)$  в зависимости от значения параметра  $\alpha$ .

Схема рассуждений, изложенная в начале статьи, позволяет свести оценку суммы  $W(\alpha)$  к оценке суммы  $T(N, K)$  через суммы  $V_1(\alpha)$ ,  $W_{dp}(\alpha)$ , где

$$V_1(\alpha) = \sum_{d \leq \sqrt{a^\alpha}} \frac{1}{d} \sum_{1 \leq p \leq \sqrt{y}} \frac{1}{p^2} W_{dp},$$

и

$$W_{dp}(\alpha) = \sum'_{1 \leq n \leq yp^{-2}} \frac{1}{dn} \sum_{k \leq \frac{a^\alpha}{d^2}} \frac{e^{2\pi i a d \sqrt{k}}}{\sqrt{k}} \left( \frac{-k}{n} \right).$$

Здесь  $y = a^{\alpha - \frac{1}{3} + \delta_1}$ .

При этом оценка суммы  $W(\alpha)$  в константу раз отличается от оценки суммы  $V_1(\alpha)$  и

$$|W_{dp}(\alpha)| \ll (\ln a)^2 |T(N, K)|.$$

Следовательно

$$|V_1(\alpha)| \ll (\ln a)^2 \sum_{d \leq \sqrt{a^\alpha}} \frac{1}{d} \sum_{1 \leq p \leq \sqrt{y}} \frac{1}{p^2} |T(N, K)|.$$

Заметим, что по определению суммы  $T(N, K)$  от  $p$  в ней зависит только параметр  $N$ , и эта зависимость по существу определяется условием  $N \ll yp^{-2}$ . Отсюда при фиксированном  $N$  имеем неравенство  $p \ll \sqrt{\frac{y}{N}}$ . Поэтому суммирование по  $p$  неравенства для  $|V_1(\alpha)|$  дает оценку

$$|V_1(\alpha)| \ll (\ln a)^2 \sum_{d \leq \sqrt{a^\alpha}} \frac{|T(N, K)|}{d}.$$

Напомним, что полученная оценка для  $T(N, K)$  имеет вид

$$|T(N, K)| \ll d^{-1} \left( N^{\frac{1}{2}} + d^{\frac{65}{224} + \frac{\epsilon}{4}} \times \right. \\ \left. \times a^{\frac{65}{224} + \frac{\epsilon_2}{2}} K^{\frac{9}{448} + \frac{\epsilon}{8}} \right) \text{ при } K < a^{\frac{38}{37}},$$

$$|T(N, K)| \ll d^{-1} \left( N^{\frac{1}{2}} + d^{\frac{3}{8}} \times \right. \\ \left. \times a^{\frac{3}{8} + \frac{\epsilon_3}{2}} K^{-\frac{1}{16}} \right) \text{ при } K \geq a^{\frac{38}{37}}.$$

Подставляя эту оценку в неравенство для  $|V_1(\alpha)|$  и, суммируя по  $d$ , а также учитывая, что

$N \ll \ll Ka^{-\frac{2}{3}+2\delta_1}$  получим

$$|V_1(\alpha)| \ll (\ln a)^2 K^{\frac{1}{2}} a^{-\frac{1}{3}+\delta_1} + \begin{cases} a^{\frac{65}{224}+\epsilon_4} K^{\frac{9}{448}} & \text{при } K < a^{\frac{38}{37}}, \\ a^{\frac{3}{8}+\epsilon_5} K^{-\frac{1}{16}} & \text{при } K \geq a^{\frac{38}{37}}. \end{cases}$$

где  $\epsilon_4 > 0, \epsilon_5 > 0$  сколь угодно малы.

Точно такая же оценка имеет место и для суммы  $W(\alpha)$ .

Оценка гибридных сумм типа  $W(\alpha)$  и соответствующих им сферических сумм составляет основу применения метода Виноградова в проблеме шара. Последняя их оценка получена И. М. Виноградовым в 1963 году (см. [10]). Приведем удобную для нас форму этой оценки, содержащуюся в работе [12]. Сформулируем ее в виде следующей леммы.

**Лемма 6.** *Обозначим через  $V_M(R)$  сумму*

$$V_M(R) = \sum_{m \asymp M} r_3(m) e(R\sqrt{m}),$$

где  $r_3(m)$  имеет тот же смысл, что и ранее. Тогда для  $M, R > 1$  выполняется следующая оценка

$$V_M(R) \ll \psi(M, R) = M^{\frac{5}{4}+\epsilon} + M^\epsilon \min(R^{\frac{3}{8}} M^{\frac{15}{16}} + R^{\frac{1}{8}} M^{\frac{17}{16}}, R^{\frac{7}{24}} M^{\frac{49}{48}} + R^{\frac{5}{24}} M^{\frac{53}{48}}).$$

*Доказательство.* см. [12].

В нашем случае значения параметров  $M$  и  $R$  имеют вид

$$M = a^\alpha, \quad R = a.$$

В качестве следствия леммы 6 для суммы  $W(\alpha)$  получаем оценку

$$W(\alpha) \ll \frac{\psi(M, R)}{M} = M^{\frac{1}{4}+\epsilon} + M^{-1+\epsilon} \min(R^{\frac{3}{8}} M^{\frac{15}{16}} + R^{\frac{1}{8}} M^{\frac{17}{16}}, R^{\frac{7}{24}} M^{\frac{49}{48}} + R^{\frac{5}{24}} M^{\frac{53}{48}}).$$

Подставляя значения  $M = a^\alpha, R = a$ , получим

$$W(\alpha) \ll \frac{\psi(M, R)}{M} = a^{\frac{\alpha}{4}+\epsilon} + a^\epsilon \min(a^{\frac{3}{8}-\frac{\alpha}{16}} + a^{\frac{1}{8}+\frac{\alpha}{16}}, a^{\frac{7}{24}+\frac{\alpha}{48}} + a^{\frac{5}{24}+\frac{5\alpha}{48}}).$$

Заметим, что  $a^{\frac{3}{8}-\frac{\alpha}{16}} > a^{\frac{1}{8}+\frac{\alpha}{16}}$  при  $\alpha < 2$ , а мы рассматриваем случай  $\alpha < \frac{4}{3}$ . Кроме того  $a^{\frac{7}{24}+\frac{\alpha}{48}} > a^{\frac{5}{24}+\frac{5\alpha}{48}}$  при  $\alpha < 1$ . Следовательно, последнюю оценку для  $W(\alpha)$  можно записать в виде

$$W(\alpha) \ll a^{\frac{\alpha}{4}+\epsilon} + a^\epsilon \begin{cases} a^{\frac{7}{24}+\frac{\alpha}{48}} & \text{при } \alpha < 1, \\ a^{\frac{3}{8}-\frac{\alpha}{16}} & \text{при } 1 \leq \alpha \leq \frac{4}{3}. \end{cases}$$

Далее  $a^{\frac{\alpha}{4}} < a^{\frac{7}{24}+\frac{\alpha}{48}}$  при  $\alpha < 1$ , и  $a^{\frac{\alpha}{4}} < a^{\frac{3}{8}-\frac{\alpha}{16}}$  при  $\alpha < \frac{6}{5}$ . Отсюда

$$W(\alpha) \ll a^\epsilon \begin{cases} a^{\frac{7}{24}+\frac{\alpha}{48}} & \text{при } \alpha < 1, \\ a^{\frac{3}{8}-\frac{\alpha}{16}} & \text{при } 1 \leq \alpha \leq \frac{6}{5}, \\ a^{\frac{\alpha}{4}} & \text{при } \frac{6}{5} \leq \alpha \leq \frac{4}{3}. \end{cases}$$

Следует еще иметь ввиду тривиальную оценку суммы  $W(\alpha)$ , вытекающую из приведенной выше формулы для  $r_3(n)$ , следствием которой является неравенство  $r_3(n) \ll \sqrt{n} \ln n$ . Указанная тривиальная оценка имеет вид

$$W(\alpha) \ll a^{\frac{\alpha}{2}+\epsilon}.$$

Учитывая последнее замечание и то, что  $a^{\frac{\alpha}{2}} < a^{\frac{7}{24}+\frac{\alpha}{48}}$  при  $\alpha < \frac{14}{23}$ , можем уточнить оценку для  $W(\alpha)$

$$W(\alpha) \ll a^\epsilon \begin{cases} a^{\frac{\alpha}{2}} & \text{при } 0 < \alpha < \frac{14}{23}, \\ a^{\frac{7}{24}+\frac{\alpha}{48}} & \text{при } \frac{14}{23} \leq \alpha < 1, \\ a^{\frac{3}{8}-\frac{\alpha}{16}} & \text{при } 1 \leq \alpha < \frac{6}{5}, \\ a^{\frac{\alpha}{4}} & \text{при } \frac{6}{5} \leq \alpha \leq \frac{4}{3}. \end{cases}$$

Эту оценку можно также представить в виде

$$W(\alpha) \ll a^{\epsilon+\phi(\alpha)},$$

$$\text{где } \phi(\alpha) = \begin{cases} \frac{\alpha}{2} & \text{при } 0 < \alpha < \frac{14}{23}, \\ \frac{7}{24} + \frac{\alpha}{48} & \text{при } \frac{14}{23} \leq \alpha < 1, \\ \frac{3}{8} - \frac{\alpha}{16} & \text{при } 1 \leq \alpha < \frac{6}{5}, \\ \frac{\alpha}{4} & \text{при } \frac{6}{5} \leq \alpha \leq \frac{4}{3}. \end{cases}$$



Теперь запишем в подобном виде оценку величины  $W(\alpha)$ , полученную в данной работе. Имеем

$$W(\alpha) \ll (\ln a)^2 K^{\frac{1}{2}} a^{-\frac{1}{3} + \delta_1} + \begin{cases} a^{\frac{65}{224} + \epsilon_4} K^{-\frac{9}{448}} & \text{при } K < a^{\frac{38}{37}}, \\ a^{\frac{3}{8} + \epsilon_5} K^{-\frac{1}{16}} & \text{при } K \geq a^{\frac{38}{37}}. \end{cases}$$

Подставим значение  $K = a^\alpha$  и значение  $\delta_1 = \frac{5}{222}$ , получим

$$W(\alpha) \ll a^{\frac{\alpha}{2} - \frac{1}{3} + \frac{5}{222} + \epsilon} + a^\epsilon \begin{cases} a^{\frac{65}{224} + \frac{9\alpha}{448}} & \text{при } \alpha < \frac{38}{37}, \\ a^{\frac{3}{8} - \frac{\alpha}{16}} & \text{при } \alpha \geq \frac{38}{37}. \end{cases}$$

Заметим, что  $a^{\frac{\alpha}{2} - \frac{1}{3} + \frac{5}{222}} < a^{\frac{65}{224} + \frac{9\alpha}{448}}$  при  $\alpha < \frac{38}{37}$ , и  $a^{\frac{\alpha}{2} - \frac{1}{3} + \frac{5}{222}} < a^{\frac{3}{8} - \frac{\alpha}{16}}$  при  $\alpha < \frac{406}{333}$ . Следовательно

$$W(\alpha) \ll a^\epsilon \begin{cases} a^{\frac{65}{224} + \frac{9\alpha}{448}} & \text{при } \alpha < \frac{38}{37}, \\ a^{\frac{3}{8} - \frac{\alpha}{16}} & \text{при } \frac{38}{37} \leq \alpha < \frac{406}{333}, \\ a^{\frac{\alpha}{2} - \frac{1}{3} + \frac{5}{222}} & \text{при } \frac{406}{333} \leq \alpha \leq \frac{4}{3}. \end{cases}$$

Напомним, что мы рассматриваем случай  $\alpha \leq \frac{4}{3}$ .

Учитывая также тривиальную оценку  $W(\alpha) \ll a^{\frac{\alpha}{2} + \epsilon}$  и то, что  $a^{\frac{\alpha}{2}} < a^{\frac{65}{224} + \frac{9\alpha}{448}}$  при  $\alpha \leq \frac{26}{43}$ , получим

$$W(\alpha) \ll a^\epsilon \begin{cases} a^{\frac{\alpha}{2}} & \text{при } 0 < \alpha < \frac{26}{43}, \\ a^{\frac{65}{224} + \frac{9\alpha}{448}} & \text{при } \frac{26}{43} \leq \alpha < \frac{38}{37}, \\ a^{\frac{3}{8} - \frac{\alpha}{16}} & \text{при } \frac{38}{37} \leq \alpha < \frac{406}{333}, \\ a^{\frac{\alpha}{2} - \frac{1}{3} + \frac{5}{222}} & \text{при } \frac{406}{333} \leq \alpha \leq \frac{4}{3}. \end{cases}$$

Окончательно, эту оценку можно представить в виде

$$W(\alpha) a^{\epsilon + \kappa(\alpha)},$$

$$\text{где } \kappa(\alpha) = \begin{cases} \frac{\alpha}{2} & \text{при } 0 < \alpha < \frac{26}{43}, \\ \frac{65}{224} + \frac{9\alpha}{448} & \text{при } \frac{26}{43} \leq \alpha < \frac{38}{37}, \\ \frac{3}{8} - \frac{\alpha}{16} & \text{при } \frac{38}{37} \leq \alpha < \frac{406}{333}, \\ \frac{\alpha}{2} - \frac{1}{3} + \frac{5}{222} & \text{при } \frac{406}{333} \leq \alpha \leq \frac{4}{3}. \end{cases}$$

Проведем сравнение оценок величины  $W(\alpha)$ . Для этого построим графики (см.рис. 1) функций  $\phi(\alpha)$  и  $\kappa(\alpha)$ .

Сравнение графиков функций  $\phi(\alpha)$ , отвечающей показателю степени в Виноградовской оценке суммы  $W(\alpha)$ , и функции  $\kappa(\alpha)$ , полученной нами для тех же целей, показывает, что наша оценка лучше на двух интервалах  $E' = (\frac{26}{43}; \frac{38}{37})$  и  $E'' = (\frac{6}{5}; \frac{46}{37})$ . В этом улучшении и заключается основной результат диссертации. Из этих двух промежутков более существенным представляется улучшение достигнутое на промежутке  $E'$ . На этом интервале максимум функции  $\phi(\alpha)$  равен  $\frac{5}{16}$  (это значит, что функция  $W(\alpha)$  удовлетворяет оценке  $W(\alpha) \ll a^{\frac{5}{16} + \epsilon}$ ). В то же время максимум функции  $\kappa(\alpha)$  меньше значения  $\frac{5}{16}$  на число  $\frac{1}{592}$ , что означает новое степенное понижение в оценке сферической тригонометрической суммы по сравнению с оценкой И. М. Виноградова.



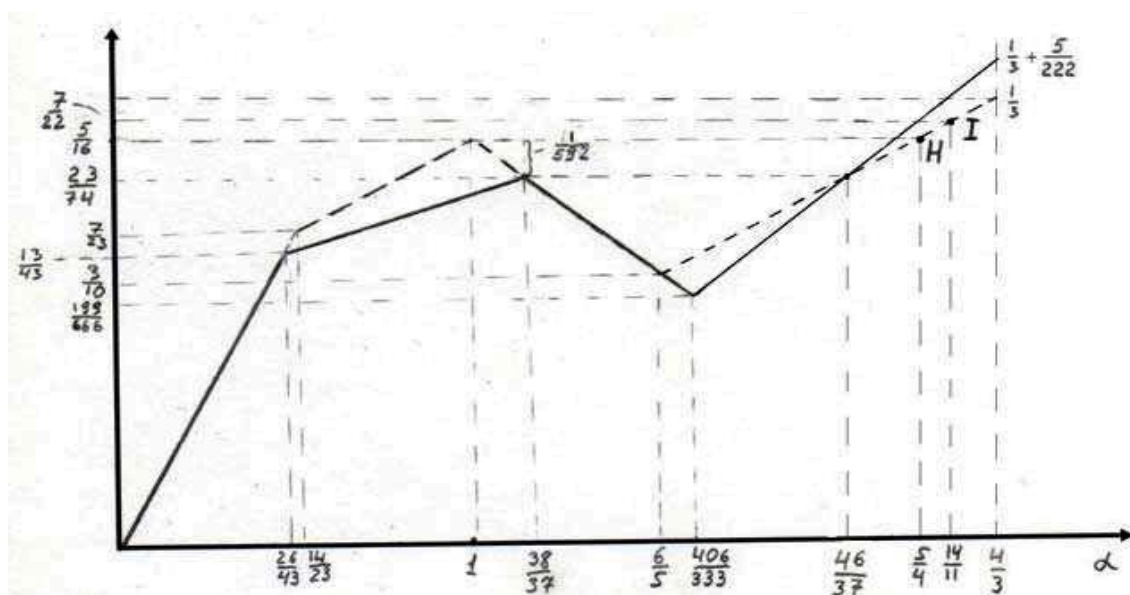


Рис. 1: Графики функций  $\kappa(\alpha)$  (сплошная линия) и  $\phi(\alpha)$  (пунктир)

К сожалению, это степенное понижение еще не дает улучшение оценок остаточного члена в проблеме шара, поскольку для этого требуется новая оценка максимума функции  $\phi(\alpha)$  на всем промежутке  $E = (0; \frac{4}{3})$ . Здесь следует отметить, что в 1995 году Г. Иванец и Ф. Чамизо разработали метод, с помощью которого промежуток  $E = (0; \frac{4}{3})$  можно уменьшить до промежутка  $E_\gamma = (0; \frac{4}{3} - \gamma)$ , где  $\gamma$  – некоторое положительное число. Существенным моментом этого метода является нахождение асимптотической формулы для числа целых точек в узком шаровом слое, имеющем внутренний и внешний радиусы равные  $a$  и  $a+h$ , где  $h$  есть некоторая отрицательная степень числа  $a$ . Заметим, что верхнюю оценку для количества целых точек в этом кольце мы использовали при выражении остатка в проблеме шара через сферические тригонометрические суммы. Г. Иванец и Ф. Чамизо в работе [12] получили данную асимптотическую формулу со значением  $h = a^{-\frac{7}{11}}$ , что позволило указать значение  $\gamma = \frac{2}{33}$  или  $\frac{4}{3} - \gamma = \frac{14}{11}$ . Максимальное значение величины  $\phi(\alpha)$  на соответствующем промежутке

$E_\gamma$  составляет  $\frac{7}{22}$ , откуда вытекает оценка остатка  $R(a)$  в проблеме шара  $R(a) \ll a^{29+\epsilon}$ . В 1997 году Д.Р. Хис-Браун в работе [13], опираясь в основном на доказанную им теорему (см. лемма 1) об оценке двойной суммы от символа Якоби, увеличил величину  $h$  до значения  $h = a^{-\frac{5}{8}}$ . В результате этого значение  $\gamma$  оказалось равным  $\frac{1}{12}$  и  $\frac{4}{3} - \gamma = \frac{5}{4}$ . На промежутке  $(0; \frac{5}{4})$  максимум функции  $\phi(\alpha)$  равен  $\frac{5}{16}$  и достигается в двух точках  $\alpha = 1$  и  $\alpha = \frac{5}{4}$ . Отсюда вытекает оценка остатка  $R(a)$  вида  $R(a) \ll a^{\frac{21}{16}+\epsilon}$ , которая на сегодняшний день является наилучшей. Отметим, что в своей работе [13] Хис-Браун утверждает, что границу  $\frac{4}{3} - \gamma$  можно еще немного уменьшить, но это уже не дает улучшения в оценке  $R(a)$ , поскольку при этом максимальное значение функции  $\phi(\alpha)$  на промежутке  $E_\gamma$  остается равным  $\phi(1) = \frac{5}{16}$ . Но в нашей работе, как уже говорилось, это максимальное значение уменьшено на величину  $\frac{1}{592}$ . Если бы в работе Хис-Брауна его замечание было бы подкреплено соответствующими выкладками, то из нашего результата следовало новое степенное понижение оценки остатка в проблеме шара.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. G. Szego, *Beitrage zur Theorie der Laguerreschen Polynome*, II, Zahlentheoretische Anwendungen, Math. Z., 25 (1926), 388-404
2. И. М. Виноградов, *О среднем значении числа классов чисто коренных форм отрицательного определителя*, Сообщ. Харьк. мат. о-ва, 1918 т.16, №1-2, с. 10-38
3. И. М. Виноградов, *Докторская диссертация*,
4. И. М. Виноградов, *О верхней границе  $G(n)$  в проблеме Варинга*, Изв. АН СССР, ОМОН, 1934, №10, с. 1455-1469. Рез. на англ. яз.
5. И. М. Виноградов, *Число целых точек в шаре*, Тр. мат. ин-та, 1935, т. 9, с. 17-38
6. И. М. Виноградов, *Улучшение остаточного члена одной асимптотической формулы*, Изв. АН СССР, Сер. мат. 1949, т. 13, №2, с. 97-110
7. И. М. Виноградов, *Улучшение асимптотических формул для числа целых точек в области трех измерений*, Изв. АН СССР, Сер. мат. 1955, т. 19, №1, с. 3-10
8. И. М. Виноградов, *К вопросу о числе целых точек в заданной области*, Изв. АН СССР, Сер. мат. 1960, т. 24, №6, с. 777-786
9. И. М. Виноградов, *К вопросу о числе целых точек в шаре*, Изв. АН СССР, Сер. мат. 1963, т. 27, №5, с. 957-968
10. И. М. Виноградов, *Особые варианты метода тригонометрических сумм*, Москва, Наука, 1976.
11. Chen Jing-Run, *Improvement on the asymptotic formulas for the number of lattice points in a region of the three dimentions*, Sci. Sinica, 12, 1963, 751-764
12. F. Chamizo and H. Iwaniec. *On the Sphere Problem*, Rev. Mat. Iberoamericana Vol.11, 2,1995, 417-429.
13. D. R. Heath-Brown *Lattice points in the sphere*, Number theory in progress. Pr. Int. conference. Zaczopane, Poland, 30.06-09.07, 1997. Vol.2: Elem. And anal. numb. Theory. Berlin: de Gruyter. 883-892 (1999)
14. D. R. Heath-Brown *A mean value estimate for real character sums*, Acta Arith. 72(1995), 235-275
15. И. М. Виноградов, *Метод тригонометрических сумм в теории чисел*, Москва, Наука, 1971
16. S. W. Graham, G. Kolesnik *Van der Corput's method of exponential sums*, Cambridge, Cambridge university press, 1991.

**L. G. Arkhipova**

*New estimates of the Vinogradov spherical sums.*

*In the article the power improvement of estimations of the Vinogradov spherical sums in the neighborhood of one of the two points of their global maximum is given.*

*Keywords: sphere problem, quadratic character, spherical exponential sums, exponential sums twisted by the quadratic character*

**А.В. КОКОРЕВ**

аспирант кафедры геометрии и методики преподавания математики Орловского государственного университета  
E-mail: pears911@mail.ru  
Тел. 8 920 287 52 23

**ОБ ОЦЕНКАХ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИХ СУММ НАД КВАДРАТИЧНЫМ ПОЛЕМ**

Методами аналитической теории чисел в данной статье получена оценка суммы Г. Вейля, наименьшее общее кратное знаменателей которых превышает некоторую положительную степень. Эта оценка основывается на теореме о среднем и на лемме о кратности пересечения областей.

Ключевые слова: аналитическая теория чисел, кратные тригонометрические суммы, кратность пересечения областей.

Пусть

$$v = \left\{ a + b\sqrt{2} \mid a, b \in [1; P], a, b \in \mathbb{N} \right\}.$$

Будем рассматривать следующую тригонометрическую сумму

$$s(\beta_1, \dots, \beta_{2n}) = \sum_{\lambda \in v} e^{i\pi \left( \beta_1 Sp(\lambda) + \beta_2 Sp\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\lambda\right) + \dots + \beta_{2n-1} Sp(\lambda^n) + \beta_{2n} Sp\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\lambda^n\right) \right)},$$

где  $\beta_1, \dots, \beta_{2n} \in \mathbb{R}$ ,  $Sp(\gamma) = 2\text{Re}(\gamma)$ .

Под  $\theta$  будем понимать число из  $\mathbb{R}$  такое, что  $|\theta| \leq 1$ . Учитывая периодичность показательной функции, можно положить, что

$$0 \leq \beta_k \leq 1, \quad k = \overline{1, 2n}.$$

**Теорема.** Пусть  $n \geq 3$ . Для  $s = \overline{1, 2n}$  положим

$\tau_s = P^{\frac{1}{3}}$ . Каждое  $\beta_s$  можно представить в виде

$$\beta_s = \frac{\alpha_s}{\chi_s} + \frac{\theta_s}{|\chi_s| \tau_s},$$

где  $\alpha_s, \chi_s \in \mathbb{Z}$ ,  $\text{НОД}(\alpha_s, \chi_s) = 1$ ,  $0 < |\chi_s| \leq \tau_s$ ,  $0 < \alpha_s \leq \chi_s$ ,  $|\theta_s| \leq 1$ ,  $s = \overline{1, 2n}$ .

Пусть,  $Q = (\chi_1, \dots, \chi_{2n})$  а удовлетворяет условию

$|Q_0| > P^6$  и пусть  $\rho = \frac{1}{k}$ ,  $k = 110n^2 \ln(3n^2)$

Тогда

$$\left| \sum_{\lambda \in v} e^{i\pi \left( \beta_1 Sp(\lambda) + \beta_2 Sp\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\lambda\right) + \dots + \beta_{2n-1} Sp(\lambda^n) + \beta_{2n} Sp\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\lambda^n\right) \right)} \right| \leq CP^{2-\rho},$$

$C = 2^{10n^2}$ .

**Доказательство.** Проведём преобразование

$$\begin{aligned} S(\beta_1, \dots, \beta_{2n}) &= \sum_{\lambda \in v} e^{i\pi \left( \beta_1 Sp(\lambda) + \beta_2 Sp\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\lambda\right) + \dots + \beta_{2n-1} Sp(\lambda^n) + \beta_{2n} Sp\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\lambda^n\right) \right)} = \\ &= \sum_{x=1}^P \sum_{y=1}^P e^{2\pi i (\gamma_1 x + \gamma_2 y + \gamma_3 xy + \dots + \gamma_l y^n)}, \end{aligned}$$

где  $\lambda = x + y\sqrt{2}$ ,  $l = \frac{n^2}{2} + 1, 5n$ .

Пусть  $L_k = P^{-k}$ ,  $k = \overline{1, l}$ . Положим  $\tau_s = P^{\frac{1}{3}}$ ,  $s = \overline{1, l}$ , тогда коэффициенты многочлена  $f(x, y) = \gamma_1 x + \gamma_2 y + \gamma_3 xy + \dots + \gamma_l y^n$  можно представить в виде

$$\gamma_s = C_n^q \beta_s = \frac{C_n^q \alpha_s}{\chi_s} + \frac{C_n^q \theta_s}{|\chi_s| \tau_s} = \frac{\bar{\alpha}_s}{\chi_s} + \frac{\bar{\theta}_s}{|\chi_s| \tau_s},$$

где  $\chi_s, \alpha_s, \bar{\alpha}_s \in \mathbb{Z}$ ,  $\text{НОД}(\alpha_s, \chi_s) = 1$ ,  $\text{НОД}(C_n^q, \chi_s) = 1$ ,

$C_n^q \alpha_s \equiv \bar{\alpha}_s \pmod{\chi_s}$ ,  $0 < |\chi_s| \leq \tau_s$ ,  $0 < \bar{\alpha}_s \leq \chi_s$ ,  $|\theta_s| \leq 1$ ,  $q = \overline{1, n}$ .

Тогда  $Q_0 = \text{НОК}(\chi_2, \dots, \chi_{2n}) > P^{\frac{1}{6}}$ .

**Лемма.** Пусть  $x, y \in \mathbb{Z}$ ,  $c, d \leq P_1 = P^{1-\rho}$ ,  $|\theta| \leq 1$ ,  $S = \sum_{\lambda \in v} e^{i\pi f(\lambda)}$ . Тогда верно соотношение

$$|S(A)| \leq W + 4|\theta|P^{2-2\rho} = P_1^{-2} \sum_{c,d=|x,y=1}^{P_1} \left| \sum_{x,y=1}^P e^{i\pi f(x+c; y+d)} \right| + 4|\theta|P^{2-2\rho}. \quad (1)$$

**Доказательство.** Положим

$$x' = x + c, \quad y' = y + d.$$

Тогда

$$\begin{aligned} &\sum_{x=1}^P \sum_{y=1}^P e^{2\pi i (\gamma_1 x + \gamma_2 y + \gamma_3 xy + \dots + \gamma_l y^n)} = \\ &= \sum_{x=1}^P \sum_{y=1}^P e^{2\pi i (\gamma_1 (x+c) + \gamma_2 (y+d) + \gamma_3 (x+c)(y+d) + \dots + \gamma_l (y+d)^n)} + R, \end{aligned}$$

где

$$R = \left( \sum_{x=1}^c \sum_{y=1}^d - \sum_{x=P+1}^{P+c} \sum_{y=P+1}^{P+d} \right) e^{2\pi i (\gamma_1 x + \gamma_2 y + \gamma_3 xy + \dots + \gamma_l y^n)}$$

Имеем

$$\left| \sum_{x=1}^c \sum_{y=1}^d e^{2\pi i(\gamma_1 x + \gamma_2 y + \gamma_3 xy + \dots + \gamma_l y^n)} - \sum_{x=P+1}^{P+c} \sum_{y=P+1}^{P+d} e^{2\pi i(\gamma_1 x + \gamma_2 y + \gamma_3 xy + \dots + \gamma_l y^n)} \right| \leq 2cd \leq 2P_1^{-2} = 2P^{2-2\rho}.$$

Просуммируем обе части неравенства по  $1 \leq c, d \leq P_1$ . Получим

$$\sum_{c,d=1}^{P_1} |S(A)| \leq \sum_{x=1}^P \sum_{y=1}^P e^{2\pi i(\gamma_1(x+c) + \gamma_2(y+d) + \gamma_3(x+c)(y+d) + \dots + \gamma_l(y+d)^n)} + \sum_{c,d=1}^{P_1} 2P^{2-2\rho}.$$

В итоге получаем, что

$$|S(A)| \leq P_1^{-2} \sum_{c,d=1}^{P_1} \sum_{x,y=1}^P e^{2\pi i f(x+c, y+d)} + 2P^{2-2\rho}$$

Далее возведём  $W = P_1^{-2} \sum_{c,d=1}^{P_1} \sum_{x,y=1}^P e^{2\pi i f(x+c, y+d)}$  в степень  $2k$ . А затем применим неравенство Гельдера. Получим

$$W^{2k} = P_1^{-4k} \left( \sum_{c,d=1}^{P_1} \sum_{x,y=1}^P e^{2\pi i f(x+c, y+d)} \right)^{2k} \leq P_1^{-2} \sum_{c,d=1}^{P_1} |S|^{2k}$$

где  $S = \sum_{x,y=1}^P e^{2\pi i f(x+c, y+d)}$ .

Оценим  $|S|^{2k}$ . Для этого проведём следующие преобразования

$$\begin{aligned} & \sum_{x=1}^P \sum_{y=1}^P e^{2\pi i(\gamma_1(x+c) + \gamma_2(y+d) + \gamma_3(x+c)(y+d) + \dots + \gamma_l(y+d)^n)} = \\ & = \sum_{x=1}^P \sum_{y=1}^P e^{2\pi i(\bar{\Gamma}_1(c,d)x + \bar{\Gamma}_2(c,d)y + \bar{\Gamma}_3(c,d)xy + \dots + \bar{\Gamma}_l(c,d)y^n)}. \end{aligned}$$

Определим для  $c, d \in Z$  область  $\omega(c, d) \subset R$  следующим образом

$$\omega = \left\{ \gamma_i \in (0;1) : |\gamma_i - \bar{\Gamma}_i(c; d)| < \frac{1}{2} L_i P^{-\rho}, i = \overline{1, l} \right\}.$$

Тогда верна следующая лемма [1, с. 182]

**Лемма 1. (о пересечении областей).** Пусть  $c, d \in Z$ ,  $n \geq 3$ ,  $P$  – натуральные числа, причем  $P \geq 2n)^{12n}$ . Тогда для  $G$  – кратности пересечения областей  $\Omega(c, d)$ ,  $c, d \leq P$  с фиксированной областью  $\Omega(c_0, d_0)$ ,  $c_0, d_0 \leq P_1 = P^{1-2\rho}$  верно неравенство:

$$G < (2n)^{4n} P^2 \left( P^{\frac{1}{3}} + Q_0^{-1} \right).$$

Далее имеем

$$\begin{aligned} & \sum_{x=1}^P \sum_{y=1}^P e^{2\pi i(\bar{\Gamma}_1(c,d)x + \bar{\Gamma}_2(c,d)y + \bar{\Gamma}_3(c,d)xy + \dots + \bar{\Gamma}_l(c,d)y^n)} = \\ & = \sum_{\lambda \in V} e^{2\pi i(\Gamma_1(c,d)x + \Gamma_2(c,d)y + \Gamma_3(c,d)xy + \dots + \Gamma_l(c,d)y^n)}. \end{aligned}$$

где  $C_n^k \Gamma_i(c; d) = \bar{\Gamma}_i(c; d)$ ,  $i = \overline{1, 2n}$ .

**Лемма 2. (свойство непрерывности)** Пусть  $\beta_s \in R$ ,  $\beta'_s - \beta_s = \delta_s$ ,  $|\delta_s| \leq P^{-s}$ ,  $t \in R$ ,  $s = \overline{1, 2n}$ . Тогда будем иметь

$$|S(\beta'_1, \dots, \beta'_{2n}) - S(\beta_1, \dots, \beta_{2n})| \leq 3^n \pi P^2.$$

**Доказательство.** Имеем

$$\begin{aligned} & |S(\beta'_1, \dots, \beta'_{2n}) - S(\beta_1, \dots, \beta_{2n})| \leq \\ & \leq \sum_{\lambda \in V} e^{\pi i \left( \beta_1 Sp(\lambda) + \beta_2 Sp\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\lambda\right) + \dots + \beta_{2n-1} Sp(\lambda^n) + \beta_{2n} Sp\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\lambda^n\right) \right)} - \\ & - e^{\pi i \left( \beta'_1 Sp(\lambda) + \beta'_2 Sp\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\lambda\right) + \dots + \beta'_{2n-1} Sp(\lambda^n) + \beta'_{2n} Sp\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\lambda^n\right) \right)} \Big| \leq \\ & \leq \sum_{\lambda \in V} e^{\pi i \left( (\beta'_1 - \beta_1) Sp(\lambda) + (\beta'_2 - \beta_2) Sp\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\lambda\right) + \dots + (\beta'_{2n-1} - \beta_{2n-1}) Sp(\lambda^n) + (\beta'_{2n} - \beta_{2n}) Sp\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\lambda^n\right) \right)} - 1 \Big| \end{aligned}$$

Учитывая, что  $|e^{\pi i Sp \xi} - 1| \leq \pi |\xi|$ , для модуля рассматриваемой разности получаем оценку сверху вида

$$\begin{aligned} & 2\pi \sum_{\lambda \in V} (|\delta_1| |\lambda|^n + |\delta_2| |\lambda|^n + \dots + |\delta_{2n-1}| |\lambda| + |\delta_{2n}| |\lambda|) \leq \\ & \leq 2\pi \sum_{\lambda \in V} (|1 + \sqrt{2}|^n + \dots + |1 + \sqrt{2}|) \leq 4\pi P^2 \sum_{k=1}^n (\sqrt{3})^k < 3^n \pi P^2. \end{aligned}$$

Используя неравенство  $(a+b)^{2k} \leq 2^{2k}(a^{2k} + b^{2k})$ , а также последнюю лемму, находим

$$|S|^{2k} \leq 2^{2k} (|S(\beta_1, \dots, \beta_{2n})| - 3^n \pi P^2)^{2k}. \quad (2)$$

Подставим последнюю оценку (2) в (1) и проинтегрируем обе части получившегося неравенства по области

$$\Omega = \left\{ \beta_i \in (0;1) : |\beta_i - \Gamma_i(c; d)| < \frac{1}{2C_n^q} L_i P^{-\rho}, i = \overline{1, 2n} \right\},$$

где  $L_k = P^{-k}$ ,  $k = \overline{1, l}$ .

$$\begin{aligned} & \int_{\Omega} \int_{\Omega} W^{2k} = \int_{\Omega} \int_{\Omega} P_1^{-2} \sum_{c,d} |S|^{2k} \leq \\ & \leq \int_{\Omega} \int_{\Omega} 2^{2k} P_1^{-2} \sum_{c,d} (|S(\beta_1, \dots, \beta_{2n})| - 3^n \pi P^2)^{2k} \leq \\ & \leq \int_{\Omega} \int_{\Omega} 2^{2k} P_1^{-2} \sum_{c,d} (|S(\beta_1, \dots, \beta_{2n})|)^{2k} + \int_{\Omega} \int_{\Omega} 2^{2k} P_1^{-2} \sum_{c,d} (3^n \pi P^2)^{2k} \leq \\ & W^{2k} \leq n^2 P^{n(n+1)+4n\rho} 2^{2k} P_1^{-2} \int_{\Omega} \int_{\Omega} (|S(\beta_1, \dots, \beta_{2n})|)^{2k} + 2^{2k} (3^n \pi P^2)^{2k}. \end{aligned}$$

Пусть  $G$  – максимальная кратность пересечения областей  $\omega(\mu_s)$  с фиксированной областью  $\omega(\mu_0)$ .

Тогда

$$\int_{\Omega} \int_{c,d} \sum \left( |S(\beta_1, \dots, \beta_{2n})| \right)^{2k} \leq$$

$$\leq G \int_0^1 \dots \int_0^1 \sum_{\lambda \in \mathbb{V}} e^{\pi \left( \beta_1 Sp(\lambda) + \beta_2 Sp\left(\frac{\sqrt{2}\lambda}{2}\right) + \dots + \beta_{2n-1} Sp(\lambda^n) + \beta_{2n} Sp\left(\frac{\sqrt{2}\lambda^n}{2}\right) \right)} \leq GI,$$

где [4, с. 29]

$$I = \int_0^1 \dots \int_0^1 |S(A)|^{2k} d\Omega \leq n^{4n\delta(\tau)} 2^{4\chi(\tau)} (6k)^{4n\tau} P^{4k-2\delta(\tau)},$$

$$G < (2n)^{4n} P^2 \left( P^{-\frac{1}{3}} + Q_0^{-1} \right).$$

Учитывая, что  $Q_0 > P^{\frac{1}{6}}$ ,  $Q_0^{-1} < P^{-\frac{1}{6}}$ , имеем

$$G < (2n)^{4n} P^2 \left( P^{-\frac{1}{3}} + Q_0^{-1} \right) < (2n)^{4n} P^2 \left( P^{-\frac{1}{3}} + P^{-\frac{1}{6}} \right) < (2n)^{4n} P^{2-\frac{1}{6}}.$$

Из полученных оценок находим

$$W^{2k} \leq 2^{2k} n^{4n\delta(\tau)+2} 2^{4\chi(\tau)} (6k)^{4n\tau} (2n)^{4n} (P^{1-2\rho})^{-2} P^{n(n+1)+4n\rho-2\delta(\tau)+\frac{11}{6}} P^{4k}$$

$$+ 2^{2k} \left( \frac{1}{2} 3^n \pi P^{-2\rho} P^2 \right)^{2k}$$

Положим  $\tau = n \log(9n^2)$ ,  $k = n\tau$ , то

$$n(n+1) - 2\delta(\tau) = n^2 \left( 1 - \frac{1}{n} \right)^{n \log 9n^2} = n^2 e^{-\ln(9n^2)} \leq \frac{1}{9},$$

$$4n\rho + 4\rho = \frac{4(n+1)}{12n^2 \ln(9n^2)} < \frac{1}{3n \ln(9n^2)} +$$

$$+ \frac{1}{3n^2 \ln(9n^2)} < \frac{1}{36} + \frac{1}{108} < \frac{4}{108},$$

Следовательно,

$$P^{n(n+1)-2\delta(\tau)+4n\rho+4\rho-\frac{1}{6}} < P^{-\frac{1}{54}}.$$

Извлекая корень степени  $2k$ , получим

$$|W| \leq \left( 2^{2k} n^{4n\delta(\tau)+2} 2^{4\chi(\tau)} (6k)^{4n\tau} (2n)^{4n} P^{4k} P^{-\frac{1}{54}} + 3^n \pi P^{-2\rho} P^2 \right)^{\frac{1}{2k}} \leq$$

$$\leq 2^{1+(n+1)+(4n+2)+6\ln(n\tau)} P^2 P^{-\frac{1}{110n^2 \ln(3n^2)}} \leq 2^{10n^2} P^{2-\rho},$$

где  $\rho = (110n^2 \ln(3n^2))^{-1}$ .

#### Библиографический список

1. Архипов Г.И., Карацуба А.А., Чубариков В.Н. Теория кратных тригонометрических сумм. М.: Наука, 1987.
2. Виноградов И.М. Метод тригонометрических сумм в теории чисел. М.: Наука, 1971.
3. Карацуба А.А. Основы аналитической теории чисел. М.: Наука, 1983.
4. Кокорев А.В. Теорема о среднем значении тригонометрической суммы над квадратичным полем вещественных алгебраических чисел. Учёные записки Орловского государственного университета. Серия «Естественные, технические и медицинские науки», 2012. № 3 (47). С. 29–38.

A.V.KOKOREV

#### ABOUT ESTIMATES OF THE TRIGONOMETRICAL SUMS OVER A QUADRATIC NUMBER FIELD

*In this article estimates of the Weyl's sums which least common multiple of denominators exceeds some positive level are received by methods of the analytical number theory. These estimates are based on the meanvalue theorem and on a lemma about multiplicity of crossing of the areas.*

Key words: the analytical theory of numbers, the trigonometrical sums, multiplicity of crossing of the areas.

Д.Н. НИКОЛЬСКИЙ

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информатики Орловского государственного университета  
E-mail: nikolskydn@mail.ru  
Тел. (4862) 76 49 62

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЭВОЛЮЦИИ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА РАЗЛИЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ В ПОРИСТЫХ СРЕДАХ СЛОЖНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА NUMPY\***

Разработан модуль для численного решения системы интегральных уравнений типа Фредгольма второго рода и сингулярных интегральных уравнений совместно с дифференциальными уравнениями эволюции подвижной границы, возникающих при математическом моделировании процессов эволюции в средах со сложной геологической структурой. Программное обеспечение разработано с использованием пакета для научных вычислений NumPy, а также пакета SymPy.

*Ключевые слова:* процесс эволюции границы раздела различных жидкостей, метод дискретных особенностей, программирование на матричных языках.

**1. Основная система уравнений и ее дискретная схема**

Рассмотрим процесс эволюции границы раздела жидкостей различных вязкостей ( $\mu_1$  – вне и  $\mu_2$  – внутри) и плотностей ( $\rho_1$  – вне и  $\rho_2$  – внутри) в неоднородной пористой среде, содержащей полупроницаемые и непроницаемые включения, а также полость со свободной жидкостью (каверну). Полупроницаемое включение ограничено границей  $L_S$ . Внутри этой границы проницаемость грунта равна  $K_2(\bar{x}) = K_2 K(\bar{x})$ , вне –  $K_1(\bar{x}) = K_1 K(\bar{x})$ , причем  $K_1 = const$  и  $K_2 = const$ . Непроницаемую границу обозначим  $L_P$ , а границу каверны со свободной жидкостью  $L_P$ . На границах  $L_S$  и  $L_P$  выполняются условия непрерывности давлений и расхода жидкости, на границе  $L_P$  – условие непротекания. Для границы  $L_P$  ограничимся условием отсутствия касательной составляющей скорости фильтрации.

Согласно [1,2], процесс эволюции границы раздела жидкостей  $L_i$  в среде с границами  $L_P$ ,  $L_S$  и  $L_P$  описывается системой уравнений, состоящей из сингулярного интегрального уравнения

$$\sum_{j \in M_\Sigma} V_n[\Sigma_j, g_j] = -W_{0n} \text{ на } L_i,$$

системы интегральных уравнений типа Фредгольма второго рода

$$g_i - 2\lambda_i \sum_{j \in M_\Sigma} G[L_j, g_j] = f_i \text{ на } L_i, i = P, S, t,$$

и дифференциального уравнения

$$\frac{\partial \bar{x}}{\partial t} = \vec{W}_0 + \sum_{j \in M_\Sigma} \vec{V}[L_j, g_j] \text{ на } L_i \text{ при } t > 0.$$

Здесь  $\lambda_P = -1$ ,  $\lambda_S = \frac{K_1 - K_2}{K_1 + K_2}$ ,  $\lambda_t = \frac{\mu_2 - \mu_1}{\mu_2 + \mu_1}$ ,  $f_P = 2\lambda_P \varphi_0 + C$ ,

$$f_S = 2\lambda_S \varphi_0, f_t = 2\lambda_t \varphi_0 + 2K_S \alpha \Pi$$

$$\alpha = \frac{\rho_1 - \rho_2}{\mu_2 + \mu_1}, \vec{V}[\Sigma_j, g_j] = K \text{ grad} G[\Sigma_j, g_j],$$

$G[L, g]$  и  $\vec{V}[L, g]$  – операторы квазипотенциала двойного слоя и его скорости, распределенного с плотностью  $g$  на границе  $L$ ,  $\vec{W}_0 = K \text{ grad} \varphi_0$  – скорость квазипотенциала невозмущенного течения  $\varphi_0$ ,  $C$  – неизвестная константа, множество  $M_L = \{L, S, P, t\}$ ,  $\Pi$  – потенциал массовых сил. Под каждой границей  $L_i$ ,  $i \in M_L$  понимается совокупность границ с одностипными граничными условиями.

Выполняя дискретизацию сингулярного и интегральных уравнений, получим систему линейных алгебраических уравнений:

$$\sum_{j \in M_\Sigma} \sum_{k=0}^{n_j-1} g_{j,k+1/2}^p V_n[l_{jk}^p, e(\bar{x}_{i,m+1/2}^p)] = -W_{0n}(\bar{x}_{i,m+1/2}^p, t^p), m = \overline{0, n_i - 1} \quad (1)$$

$$g_{i,m+1/2}^p - 2\lambda_i \sum_{j \in M_\Sigma} \sum_{k=0}^{n_j-1} g_{j,k+1/2}^p G[l_{jk}^p, e(\bar{x}_{i,m+1/2}^p)] = -f_i(\bar{x}_{i,m+1/2}^p, t^p), m = \overline{0, n_i - 1}, i = P, S, t. \quad (2)$$

Здесь  $l_{jk}^p$  –  $k$ -й отрезок, принадлежащий  $j$ -й грани-

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (соглашение № 14.В37.21.0388), РФФИ и Орловской области (проект № 12-01-97522 р\_центр\_а).



це в момент времени  $t^p$ ,  $e \equiv 1$ . Отрезок  $l_{jk}^p$  определяется концами  $\bar{x}_{jk}^p$  и  $\bar{x}_{j,k+1}^p$ , его середина  $\bar{x}_{j,k+1/2}^p$ . Дискретизация дифференциального уравнения приводит к разностному соотношению:

$$\bar{x}_{m}^{p+1} = \bar{x}_{m}^p + \left( \bar{W}_0(\bar{x}_m^p, t^p) + \sum_{j \in M_\Sigma} \sum_{k=0}^{n_j-1} g_{j,k+1/2}^p \bar{V}_\varepsilon[l_{jk}^p, e](\bar{x}_{j,m+1/2}^p) \right) \Delta t^p \quad (3)$$

где  $\bar{V}_\varepsilon[l_{jk}^p, e]$  – регуляризованное представление оператора скорости квазипотенциала двойного слоя. В трехмерном случае требуется формальная замена длины отрезка  $l_{jk}^p$  на площадь маленького участка поверхности  $\delta_{jk}^p$ . При решении системы линейных алгебраических уравнений может возникнуть необходимость в ее регуляризации.

### 2. Алгоритм

Анализируя СЛАУ и дискретный аналог дифференциального уравнения движения, видим, что для численного моделирования процесса эволюции границы раздела различных жидкостей в пористых средах со сложной геометрией требуется разработка модуля, содержащего функции заполнения матриц (частей матриц), соответствующих сингулярному интегральному уравнению и уравнению Фредгольма второго рода. Также необходима функция для вычисления потенциала двойного слоя, распределенного по некоторому контуру.

Ограничимся рассмотрением таких операторов квазипотенциала двойного слоя и его скорости, для которых известны фундаментальные решения исходного эллиптического уравнения и уравнения, сопряженного исходному эллиптическому уравнению (сток и вихрь в неоднородном пласте). Операторы представимы в виде:

$$G[L, g](\bar{x}) = \int_L g(\bar{y}) \Omega(\bar{x}, \bar{y}) dl_{\bar{y}}, \quad (4)$$

$$\Omega = P(\bar{y}) \frac{\partial \Phi_1(\bar{x}, \bar{y})}{\partial \bar{n}_{\bar{y}}} = P(\bar{y}) (\text{grad}_{\bar{y}} \Phi_1(\bar{x}, \bar{y}), \bar{n}_{\bar{y}})$$

и

$$\bar{V}[L, g](\bar{x}) = - \int_L g(\bar{y}) \frac{\partial \bar{V}_2(\bar{x}, \bar{y})}{\partial \bar{\tau}_{\bar{y}}} dl_{\bar{y}}, \quad (5)$$

$$\bar{V}_2(\bar{x}, \bar{y}) = \frac{1}{H(\bar{x})} \left( \frac{\partial \Psi_2(\bar{x}, \bar{y})}{\partial x^1}, - \frac{\partial \Psi_2(\bar{x}, \bar{y})}{\partial x^0} \right),$$

где  $\Phi_1(\bar{x}, \bar{y})$  – фундаментальное решение исходного эллиптического уравнения (квазипотенциал стока с полным расходом равным -1),  $\Psi_2(\bar{x}, \bar{y})$  – фундаментальное решение эллиптического уравнения,

сопряженного исходному эллиптическому уравнению (функция тока вихря с полной интенсивностью равной -1),  $\bar{\tau}$  – вектор единичной касательной,  $P = KH$  – проводимость пласта,  $H$  – толщина пласта. Дискретные аналоги последних операторов на элементарных отрезках  $l_k$  с единичной плотностью  $e \equiv 1$  для численных схем (1)-(3) имеют вид:

$$G[l_k, e](\bar{x}_{m+1/2}) = \Omega(\bar{x}_{m+1/2}, \bar{y}_{k+1/2}) \Delta l_k, \quad (6)$$

$$\bar{V}_\varepsilon[l_k, e](\bar{x}_{m+1/2}) = \bar{V}_{2\varepsilon m,k} - \bar{V}_{2\varepsilon m,k+1} \quad (7)$$

Полагаем, что подключены модули `numpy` и `sympy` [3,4] и этим модулям сопоставлены псевдонимы `np` и `sp`, а координаты границ хранятся в массивах типа `np.array`. Причем, первая строка массива хранит абсциссы точек (координаты  $x_i^0$ ), а вторая строка хранит ординаты (координаты  $x_i^1$ ), здесь  $\bar{x}_i \equiv (x_i^j)$ . Для замкнутых контуров координаты первой и последней точек совпадают.

Фундаментальные решения зависят от проводимости пласта, поэтому возникает необходимость в разработке функции, принимающей символьное выражение и преобразующее его в матричное. Введем такую вспомогательную функцию **withoutZero** (см. листинг 1). Эта функция принимает четыре матрицы A, B, C и D и вычисляет выражение по закону из переменной sFunct. Переменная sFunct содержит символьное выражение, а матрицы A, B, C и D содержат вещественные значения. Поэтому в строке 6 выполняется преобразование символьного выражения в матричное. В строках 3-4 исключаются значения, приводящие к делению на маленькое число, заданное переменной `myeps`. Случаи деления на ноль или некоторое малое число могут возникать, когда расчетная точка и точка расположения особенности расположены близко друг к другу. Если точно известно, что в матричном выражении не возникнет деление на ноль, то следует использовать функцию **lmbd**, представленную в листинге 2.

```

1 def withoutZero(sFunct=None, minDist=myeps):
2   def vectorFunct(A,B,C,D):
3     gd=((A-C)**2+(B-D)**2)>minDist**2
4     AA=A.copy(); AA[np.logical_not(gd)]+=1
5     result=np.zeros_like(A)
6     result[gd]=sp.lambdify((x0,x1,y0,y1),sFunct,modules='numpy')
7   return result
8   return vectorFunct

```

Листинг 1. Функция преобразования символьного выражения в матричное с исключением деления на маленькое число.

```

1 def lmbd(sFunct=None):
2   def vectorFunct(A,B,C,D):
3     return sp.lambdify((x0,x1,y0,y1),sFunct,modules='numpy')(A,B,C,D)
4   return vectorFunct

```

Листинг 2. Функция простого преобразования символьного выражения в матричное.

Реализация функции **ieFredgolm2dk**, выполняющей заполнение матрицы, соответствующей уравнению типа Фредгольма второго рода, представлено в листинге 3. В этой функции переменные *xgw* и *xcl* содержат координаты границы с расчетными точками и границы с двойным слоем соответственно. Переменные *lmd* и *alph* соответствуют параметрам  $\lambda$  и  $\alpha$ . Переменные *q* и *z* хранят значения дебитов и координат источников, возмущающих течение, а *vphFun* представляет собой функцию, вычисляющую квазипотенциал невозмущенного течения  $\varphi_0$ . Входные параметры переменные *Py* и *Phi1* содержат символьные выражения, соответствующие функциям  $P(\bar{y})$  и  $\Phi_1(\bar{x}, \bar{y})$ .

В строках 3-4 вычисляются координаты расчетных точек. В соответствии с дискретной схемой для уравнения Фредгольма (2) и дискретным аналогом оператора квазипотенциала двойного слоя (5) эти координаты являются центрами отрезков, составляющих контуры. Вычисление ядра интегрального уравнения в строках 7-9 выполняется в соответствии с формулой (4). Матрица *MtrA* и столбец свободных членов *vtrf* заполняются в соответствии с (2).

В строке 10 приведен частный случай вычисления столбца свободных членов, когда проекция вектора ускорения свободного падения на ось  $x_0$  равна нулю (эта ось горизонтальна). При этом, когда пласт наклонный, под *alph* понимается выражение  $\alpha \sin(\gamma, x_1)$ ,  $\gamma$  – горизонтальная плоскость. При решении интегрального уравнения на подвижной границе в ходе моделирования процесса эволюции границы раздела различных жидкостей в кусочно-неоднородной среде через параметр *K* передается вектор со значениями коэффициентов проницаемости грунта в каждой из расчетных точек.

```

1 def ieFredgolm2dk(xrw,xcl,lmd,alph,q,z,vphFun,Py=_Py_,Phi1=_Phi1_,is
  Diag=1,K=1,minDist=myeps):
2   nrw=xrw[0].shape[0]-1; ncl=xcl[0].shape[0]-1
3   x=np.array([.5*(xrw[0,nrw]+xrw[0,1:]),.5*(xrw[1,nrw]+xrw[1,1:])]
4   y=np.array([.5*(xcl[0,ncl]+xcl[0,1:]),.5*(xcl[1,ncl]+xcl[1,1:])]
5   YC0,XC0=np.meshgrid(y[0,:],x[0,:]); YC1,XC1=np.meshgrid(y[1,:],
  x[1,:])
6   Nrm1=Normal(xcl)
7   KF0=withoutZero(Py*sp.diff(Phi1,y0),minDist)(XC0,XC1,YC0,YC1)
8   KF1=withoutZero(Py*sp.diff(Phi1,y1),minDist)(XC0,XC1,YC0,YC1)
9   MtrA=-2*lmd*(KF0*Nrm1[0]+KF1*Nrm1[1])+(np.eye(nrw) if isDiag
  else 0)
10  vtrf=2.*lmd*vphFun(q,x,z,Phi1)-2*K*alph*x[1]
11  return MtrA,vtrf

```

Листинг 3. Функция заполнения матрицы и столбца свободных членов, соответствующей уравнению типа Фредгольма второго рода.

Код функции **Normal** представлен в листинге 4.

```

1 def Normal(x):
2   n=x[0].shape[0]-1
3   return np.array([-x[1,1:]+x[1,n],x[0,1:]-x[0,n]])

```

Листинг 4. Функция для вычисления ненормированных векторов нормали к отрезкам.

Для разработки функций вычисления скорости квазипотенциала двойного слоя и матрицы, соответствующей сингулярному интегральному уравнению, введем вспомогательные функции **V2** и **MatrixVDL**. Функция **V2** (см. листинг 5) вычисляет сглаженное значение скорости вихря (5). Входные параметры функции *Psi2* и *Hx* содержат выражения для функции тока вихря  $\Psi_2$  и закона изменения толщины слоя  $H(\bar{x})$  в символьном виде. Функция **MatrixVDL** (см. листинг 7) возвращает матрицу со значениями оператора скорости квазипотенциала двойного слоя, распределенного по границе из *xcl* с единичной плотностью  $e \equiv 1$  в точках с координатами из *xgw*. Расчеты выполнены по формуле (7). Так как расчетные точки могут быть выбраны не только на границе, хранящейся в массиве *xgw* предопределенного формата – массива **np.array** с двумя строками, в строках 3-6 листинга 7 предусмотрено вытягивание в одну строку содержимого *xgw[0]* и *xgw[1]*.

```

1 def V2(X0,X1,Y0,Y1,Hx=_Hx_,Psi2=_Psi2_,rEps=myeps):
2   return Theta(X0,X1,Y0,Y1,rEps)*np.array([withoutZero(sp.diff
  (Psi2,x1)/Hx)(X0,X1,Y0,Y1),\ withoutZero(-sp.diff(Psi2,x0)/
  Hx)(X0,X1,Y0,Y1)])

```

Листинг 5. Функция для вычисления скорости вихря.

```

1 def Theta(X0,X1,Y0,Y1,rEps=myeps):
2   R2=(X0-Y0)**2+(X1-Y1)**2
3   THETA=np.ones_like(R2)
4   rEps2=rEps**2
5   R2=R2/rEps2; R=R2**.5; R3=R2*R; R5=R3*R2; R7=R5*R2;
  R9=R7*R2
6   THETA[R2<rEps]=.125*(63.*R5-90.*R7+35.*R9)[R2<rEps]
7   return THETA

```

Листинг 6. Сглаживающая функция.

```

1 def MatrixVDL(xrw,xcl,Hx=_Hx_,Psi2=_Psi2_,rEps=myeps):
2   ncl=xcl[0].shape[0]-1
3   Y0,X0=np.meshgrid(xcl[0,ncl],xrw[0].ravel())
4   Y1,X1=np.meshgrid(xcl[1,ncl],xrw[1].ravel())
5   YNEXT0,X0=np.meshgrid(xcl[0,1:],xrw[0].ravel())
6   YNEXT1,X1=np.meshgrid(xcl[1,1:],xrw[1].ravel())
7   return V2(X0,X1,Y0,Y1,Hx,Psi2,rEps)-V2(X0,X1,YNEXT0,
  YNEXT1,Hx,Psi2,rEps)

```

Листинг 7. Функция для вычисления матрицы со скоростями, создаваемыми отрезками с двойным слоем.

Функция для вычисления скорости создаваемого квазипотенциалом двойного слоя с плотностью, передаваемой как значение переменной *gg*, и распределенного по границе из переменной *xcl* в некоторой системе расчетных точек из переменной *xgw* приведена в листинге 8. Функция вычисления матрицы, соответствующей сингулярному интегральному уравнению (1), представлена в листинге 9.

```

1 def VDL(xrw,xcl,gg,Hx=_Hx_,Psi2=_Psi2_,rEps=myeps):
2   W=MatrixVDL(xrw,xcl,Hx,Psi2,rEps)*gg
3   return np.array([np.sum(W[0],axis=1),np.sum(W[1],axis=1)])

```

Листинг 8. Функция для вычисления потенциала двойного слоя.

```

1 def ieSingular(xrw,xcl,q,z,WFun,Kx= Kx_Hx= Hx_Phi1= Phi1_Psi2=
  Psi2_):
2 nrw=xrw[0].shape[0]-1; ncl=xcl[0].shape[0]-1
3 xc=np.array([.5*(xrw[0,:nrw]+xrw[0,1:]),.5*(xrw[1,:nrw]+xrw[1,1:])]
4 W=MatrixVDL(xc,xcl,Hx,Psi2,myeps)
5 nrml=normal(xrw)
6 A=W[0]*nrml[0].reshape(-1,1)+W[1]*nrml[1].reshape(-1,1)
7 W0=WFun(q,xc,z,Kx,Phi1); f=-W0[0]*nrml[0]-W0[1]*nrml[1]
8 return A,f

```

Листинг 9. Функция для заполнения матрицы и столбца свободных членов, соответствующей сингулярному интегральному уравнению.

Реализация функций, вычисляющих квазипотенциал и скорость системы источников и стоков, приведена в листинге 10. Эти функции используются для моделирования квазипотенциала  $\varphi_0$  и его скорости  $\vec{W}_0$ . Отметим, что в функциях `varphiSources` и `VSources` параметр  $q$  может содержать как значения, соответствующие полным расходам источников, так и их дебитам.

```

1 def varphiSources(q,x,z,Phi1= Phi1_):
2 Z0,X0=np.meshgrid(z[0].ravel(),x[0].ravel())
3 Z1,X1=np.meshgrid(z[1].ravel(),x[1].ravel())
4 return -np.sum(q*lmbd(Psi1)(X0,X1,Z0,Z1),axis=1)
5
6 def VSources(q,x,z,Kx= Kx_Phi1= Phi1_):
7 Z0,X0=np.meshgrid(z[0].ravel(),x[0].ravel())
8 Z1,X1=np.meshgrid(z[1].ravel(),x[1].ravel())
9 V0=lmbd(Kx*sp.diff(Psi1,x0))(X0,X1,Z0,Z1)
10 V1=lmbd(Kx*sp.diff(Psi1,x1))(X0,X1,Z0,Z1)
11 return -np.array([np.sum(q*V0,axis=1), np.sum(q*V1,axis=1)])

```

Листинг 10. Функция для вычисления квазипотенциала и вектора скорости возмущающих течение источников.

### 3. Апробация

Рассмотрим пример использования модуля для решения задачи эволюции границы раздела разнотипных и разнотипных жидкостей в ограниченной кусочно-однородной пористой среде, содержащей непроницаемую границу и каверну. Пласт ограничен непроницаемой границей. Конфигурация контуров представлена на рис.1 и рис.2, причем на рис.1 построены последовательные положения границы раздела жидкостей  $L_i$  в различные моменты времени  $t = iT/4, i=0,4$ . На рис.2 показано поле скоростей в момент времени  $t=T/4$ . Расчеты выполнены при параметрах  $\lambda_i = 0.25, \alpha = -0.1, \lambda_{s_1} = (K - K_{s_1}) / (K + K_{s_1}) = -0.6, \lambda_{s_2} = (K - K_{s_2}) / (K + K_{s_2}) = 0.6$  (причем вне контуров  $L_{s_i}, i=1,2$  коэффициент проницаемости грунта полагается равным единице  $K=1$ , внутри  $L_{s_1}$  коэффициент проницаемости грунта равен  $K_{s_1}=4$ , внутри  $L_{s_2} - K_{s_2} = 1/4$ ). Угол между горизонтальной плоскостью  $\gamma$  и осью  $x_1$  составляет  $30^\circ$ .

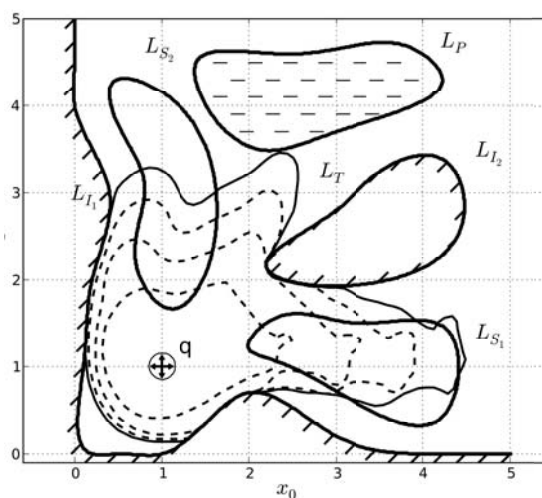


Рис. 1. Процесс эволюции границы раздела жидкостей.

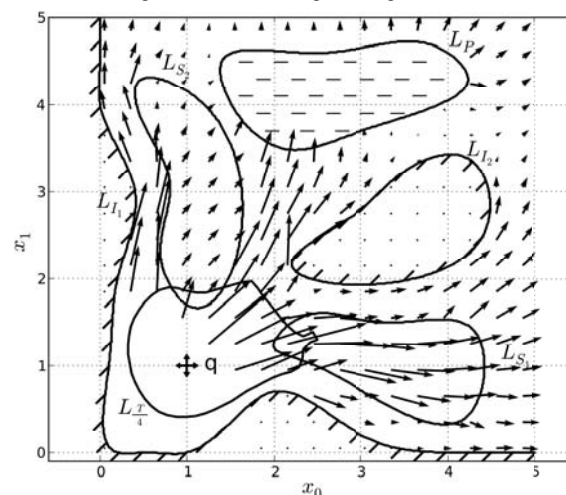


Рис. 2. Поле скоростей.

Разработка программного обеспечения для приведенной задачи с использованием созданного модуля и пакета NumPy не вызывает трудностей. Так, формирование матрицы системы линейных алгебраических уравнений (1)-(2), с учетом дополнительных условий регуляризации, выполняется следующим образом. Вначале функциями `ieFredgolm2dk` и `ieSingular` создаются подматрицы, составляющие систему (1)-(2). В листинге 11, в первой строке приведен пример заполнения блока, соответствующего интегральному уравнению на подвижной границе  $L_i$  и учитывающего двойной слой, распределенный по границе  $L_{s_1}$ . Во второй строке формируется блок, соответствующий сингулярному интегральному уравнению на  $L_i$  и учитывающий двойной слой, распределенный по подвижной границе. Далее в строках 3-12 формируется блочная матрица и в строке 13 столбец свободных членов, соответствующие системе уравнений (1)-(2). Пример вычисления поля скоростей

на сетке, хранящейся в переменной  $x_s$ , приведен в строках 15-19.

```

1 AtS1,tf=ieFredgolm2dk(xt,xS1,lambdat,alphat,q,z,varphiSources,Py,Phi
  1,0,Ks,minDistS)
2 ...
  Alt,tf=ieSingular(xI,xt,q,z,VSources,Kx,Hx,Phi1,Psi2)
  ...
3 A=np.r_[ \
4   np.c_[np.zeros((nI-1,1)),np.zeros((nI-1,1)), AII, AII2, AIP, AIS1, AIS2,
  Alt], \
5   np.c_[np.ones((nI2,1)),np.zeros((nI2,1)), AI2I, AI2I2, AI2P, AI2S1,
  AI2S2, AI2t], \
6   np.c_[np.zeros((nP,1)), np.ones((nP,1)), API, API2, APP, APS1, APS2,
  APt], \
7   np.c_[np.zeros((nS1,1)), np.zeros((nS1,1)), ASI1, ASI12, ASI1P, ASI1S1,
  ASI1S2, ASI1t], \
8   np.c_[np.zeros((nS2,1)), np.zeros((nS2,1)), AS2I, AS2I2, AS2P, AS2S1,
  AS2S2, AS2t], \
9   np.c_[np.zeros((n,1)), np.zeros((n,1)), AtI, AtI2, AtP, AtS1, AtS2, Att], \
  np.c_[0,0,np.zeros((1,nI-1)),np.ones((1,nI2)),np.zeros((1,nP+nS1+nS2+
  +n))], \
10  np.c_[0,0,np.zeros((1,nI-1+nI2)), np.ones((1,nP)), np.zeros((1,nS1+
  nS2+n))]]
11 ]
12 f=np.r_[fI, fI2, fP, fS1, fS2, ft, 0, 0]
13 g=np.linalg.solve(A,f)
14 ...
  gl=g[2:2+nI-1]; gI2=g[2+nI-1:2+nI+nI2-1]; gP=g[2+nI+nI2-1:2+nI+nI2+nP-1]
15 gS1=g[2+nI+nI2+nP-1:2+nI+nI2+nP+nS1-1];
16 gS2=g[2+nI+nI2+nP+nS1-1:2+nI+nI2+nP+nS1+nS2-1]
17 gt=g[2+nI+nI2+nP+nS1+nS2-1:]
18 Ws=VSources(q,xs,z,Kx,Phi1)+VDL(xs,xt,gt,Hx,Psi2)+VDL(xs,xS1,
  gS1, Hx,Psi2)+VDL(xs,xS2,gS2,Hx,Psi2)+VDL(xs,xI,gI,Hx,Psi2)+
  VDL(xs,xI2,gI2,Hx,Psi2)+VDL(xs,xP,gP,Hx,Psi2)
  
```

Листинг 11. Примеры с вызовом разработанных функций.

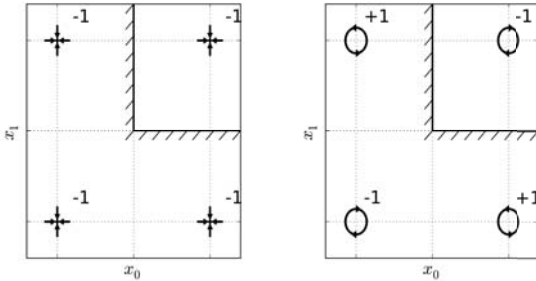


Рис. 3. Построение функций Грина.

Одной из особенностей рассмотренной задачи является наличие разомкнутой непроницаемой границы  $L_{T_1}$ , конфигурацию которой мы учитываем вблизи исследуемого процесса эволюции границы  $L_T$ . Вдали от исследуемого процесса эволюции границы  $L_T$  эта граница удаляется вдоль координатных осей. Поэтому в расчетах были использованы функции Грина, учитывающие непроницаемые оси координат в соответствии с методом изображения особых точек (см. рис.3):

$$\begin{aligned}
 \Phi_1(\bar{x}, \bar{y}) &= \sum_{i=1}^4 \Phi_s(\bar{x} - \bar{z}_i), \quad \Psi_2(\bar{x}, \bar{y}) = \\
 &= \Psi_v(\bar{x} - \bar{z}_1) - \Psi_v(\bar{x} - \bar{z}_2) - \\
 &\quad - \Psi_v(\bar{x} - \bar{z}_3) + \Psi_v(\bar{x} - \bar{z}_4), \\
 \Phi_s(\bar{x} - \bar{z}_i) &= -(2\pi)^{-1} \ln \sqrt{\sum_{k=1}^2 (x^k - z_i^k)^2}, \quad (8) \\
 \Psi_v(\bar{x} - \bar{z}_i) &= -\Phi_s(\bar{x} - \bar{z}_i) \\
 \bar{z}_1 &\equiv (y^0, y^1), \quad \bar{z}_2 \equiv (y^0, -y^1) \\
 \bar{z}_3 &\equiv (-y^0, y^1), \quad \bar{z}_4 \equiv (-y^0, -y^1)
 \end{aligned}$$

Вследствие тождеств  $\frac{\partial \Phi_s(\bar{x} - \bar{z})}{\partial \bar{n}_y} = \frac{\partial \Phi_v(\bar{x} - \bar{z})}{\partial \bar{t}_y}$  при  $\bar{z} = \bar{z}_2 = (y^0, -y^1)$  или  $\bar{z} = \bar{z}_3 = (-y^0, y^1)$ ,

$\frac{\partial \Phi_s(\bar{x} - \bar{z})}{\partial \bar{n}_y} = -\frac{\partial \Phi_v(\bar{x} - \bar{z})}{\partial \bar{t}_y}$  при  $\bar{z}_4 = (-y^0, -y^1)$  (или  $\bar{z}_1 = (y^0, y^1)$ ), использование функций Грина (8) не меняет представление операторов потенциала двойного слоя и его скорости в виде (4) и (5).

```

1 x0,x1,y0,y1=sp.symbols('x0 x1 y0 y1')
2 Phi1=-0.25/sp.pi*sp.log((x0-y0)**2+(x1-y1)**2)-0.25/sp.pi*sp.log((x0-
  y0)**2+(x1+y1)**2)-0.25/sp.pi*sp.log((x0+y0)**2+(x1-y1)**2)-0.25/
  sp.pi*sp.log((x0+y0)**2+(x1+y1)**2)
3 Psi2=0.25/sp.pi*sp.log((x0-y0)**2+(x1-y1)**2)-0.25/sp.pi*sp.log((x0-
  y0)**2+(x1+y1)**2)-0.25/sp.pi*sp.log((x0+y0)**2+(x1-y1)**2)+0.25/
  sp.pi*sp.log((x0+y0)**2+(x1+y1)**2)
  
```

Листинг 12. Символьные выражения для функций Грина.

### Библиографический список

1. Никольский Д. Н. Трехмерная эволюция границы загрязнения в ограниченной кусочно-однородной пористой среде// Журнал вычислительной математики и математической физики. 2011 т. 51, № 5. С.913-919.
2. Никольский Д. Н. Эволюция границы раздела различных жидкостей в неоднородных слоях// Журнал вычислительной математики и математической физики. 2010 т. 50, № 7. С.1269-1275.
3. NumPy Reference// <http://docs.scipy.org/doc/numpy/reference/>
4. SymPy v0.7.1 documentation// <http://docs.sympy.org/0.7.1/index.html>

*D.N. NIKOL'SKII*

**DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR NUMERICAL SOLUTION OF PROBLEMS EVOLUTION OF THE INTERFACE FLUIDS IN POROUS MEDIA COMPLEX GEOLOGICAL STRUCTURES USING PACKAGE NUMPY**

*A module for the numerical solution of integral equations of the second kind and singular integral equations together with the differential equations of evolution of the moving boundary problems arising in mathematical modeling of the processes of evolution in environments with complex geological structure. The software was developed using the package for scientific computing NumPy, and package SymPy.*

*Key words: the evolution of the interface between different fluids, the discrete singularities method, matrix calculations.*





Л.В. САХАРОВА

кандидат технических наук, доцент кафедры математики филиала Морской государственной академии имени адмирала Ф.Ф.Ушакова  
E-mail: L\_Sakharova@mail.ru  
Тел. 8 918 513 50 42

## РЕШЕНИЕ ЖЕСТКОЙ ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ ИЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ФОКУСИРОВАНИЯ МЕТОДОМ КАСАТЕЛЬНЫХ

Статья посвящена проблеме разработки методов приближенного решения жесткой интегро-дифференциальной задачи на примере моделирования изоэлектрического фокусирования (ИЭФ) в так называемых “аномальных” режимах. В процессе работы над моделью решены задачи: аналитическое преобразование интегро-дифференциальной задачи к компактному виду, удобному для исследования асимптотическими методами; построение асимптотического решения системы методом касательных, позволяющего с высокой точностью аппроксимировать профили концентраций ломаными с заданными параметрами; доказательство сходимости построенного асимптотического решения в слабом (вариационном) смысле к решению исходной задачи.

**Ключевые слова:** жесткая интегро-дифференциальная задача, метод касательных.

### Введение

Изоэлектрическое фокусирование (ИЭФ) является одним из наиболее эффективных и универсальных современных методов фракционирования белков. ИЭФ широко используется во многих отраслях современной биологии: в биохимии и биотехнологии, в популяционной и молекулярной генетике, при расшифровке первичной структуры генов, при тонком фракционировании белков, близких по своим физико-химическим свойствам. Метод основан на способности биополимеров или их фрагментов образовывать заряженные комплексы молекул [1].

При одномерном ИЭФ в электролитическую камеру (ЭК), представляющую собой цилиндр длиной  $l$  и радиусом  $r$ , помещается раствор амфолитов (амфотерных аминокислот, обладающих высокой буферной емкостью). Под действием электрического тока в ЭК формируется градиент  $pH$  ( $pH = -\lg H$ , где  $H$  – концентрация ионов водорода  $H^+$ ); при этом разделяемые компоненты при некоторых значениях  $pH$ , определяемых их электрохимическими свойствами, имеют нулевую скорость миграции и фокусируются в соответствующих областях ЭК. В соответствии с принятой терминологией говорят, что в ЭК имеет место стационарное распределение амфолитов. Распределение амфолитов при одномерном ИЭФ неизменно в любом осевом сечении ЭК. Таким образом, все рассматриваемые величины являются функциями одной переменной  $x$ , ось которой параллельна оси цилиндра (Рис.1). В классической математической теории электрофоретических явлений, трактующих электролит как односкоростной многокомпонент-

ный континуум [3] – [5], для описания системы ИЭФ используются функции аналитических концентраций амфолитов; их графики принято называть профилями концентраций амфолитов (Рис.1).

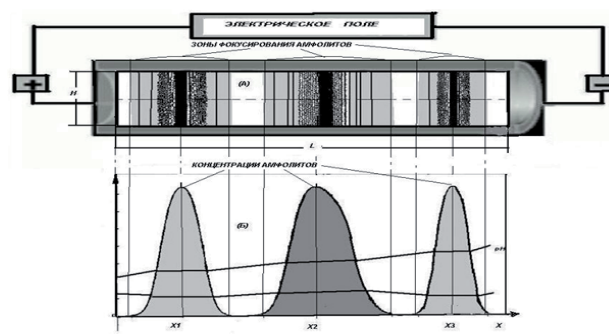


Рис.1. (а): Стационарное распределение трех амфолитов в ЭК; (б): профили амфолитов.

Основоположниками математической теории ИЭФ [1] – [2] была построена базовая математическая модель, согласно которой распределение концентрации амфолитов определяется плотностью гауссовского распределения:  $C = C_0 \exp(-pEx^2 / 2D)$ , где  $E$  есть напряженность электрического поля,  $D$  – коэффициент диффузии,  $p = -\frac{du}{dx}$  – градиент электрофоретической подвижности амфолита. Формула была получена интегрированием в упрощающих предположениях одного из основных уравнений математической физики – уравнения массопереноса. Полученная на основе макроскопической теории электрофореза, формула отражает тот факт микроскопической (статистической) теории, что система молекул биополимера, сконцен-



трировавшихся около его изоточки, есть вероятностная система, подчиненная нормальному закону распределения.

Гауссовское распределение концентраций амфолитов было получено при компьютерном моделировании ИЭФ многими зарубежными авторами [6] – [12]. С другой стороны, ими же было получено искажение гауссовского распределения [9] – [12], получившее название “аномальных” режимов ИЭФ. При комплексном математическом моделировании систем ИЭФ методами математической физики было установлено [3] – [5], [13], что при высоких плотностях тока соответствующая начально-краевая задача становится жесткой в силу появления малого параметра перед производными. В результате система выходит на “аномальный” режим. Суть явления состоит в следующем. В обычном режиме по мере увеличения плотности тока гауссовская кривая профиля концентрации растягивается по вертикали; в момент выхода в “аномальный” режим она как бы “упирается” максимумом в некий графический “потолок”, ограничивающий ее дальнейший рост и деформирующий ее по мере увеличения плотности тока. На вершинах профилей вначале появляются так называемые “плато”; затем профиль концентрации приобретает вид прямоугольника либо трапеции.

Возникает закономерный математический вопрос (оставшийся за рамками работ [9] – [12], являющихся прикладными электрохимическими исследованиями): каково математическое истолкование данного явления? Как рассчитать геометрические параметры трапеций (прямоугольников), в которые деформируются изначальные гауссовские кривые? Каким уравнением определяется геометрический “потолок” и какими зависимостями связано это уравнение с электрохимическими параметрами системы ИЭФ?

Ответить на эти вопросы есть цель настоящего исследования. Исходная интегро-дифференциальная задача, сложная по форме записи и малоприменяемая для аналитического исследования (в силу большого числа входящих в нее электрохимических параметров), была преобразована аналитическими методами к компактному, математически лаконичному и удобному для исследования виду. Путем построения простых аналитических зависимостей были установлены параметры касательных, проведенных к профилям концентраций амфолитов в точках их взаимопересечения; была построена аппроксимация графиков в “аномальных” режимах касательными. В процессе работы над моделью были получены параметры, определяющие ломаную, являющуюся “потолком” профилей

концентраций в “аномальных” режимах. Было выполнено тестирование построенной модели путем сравнения построенных на ее основе графиков с расчетными профилями концентраций; обнаружена высокая степень сходимости решений в “аномальных” режимах. В статье уделено существенное внимание соответствию построенного асимптотического решения точному решению исходной задачи. Доказано, что построенная асимптотика является слабым (то есть вариационным) решением интегро-дифференциальной задачи ИЭФ [16], [17].

### *Физическая и математическая постановка задачи*

В электрофоретическую камеру помещен водный раствор  $N$  амфолитов. Для каждого амфолита известны его коэффициенты миграции  $\mu_k$ , константы диссоциации реакций  $K_1^{(k)}$ ,  $K_2^{(k)}$ , а также общие количества  $m_k$ ,  $k = 1, 2, \dots, N$ . Температура  $T$  внутри ЭК считается постоянной. Под действием постоянного тока плотности  $J$  в ЭК сформировано распределение концентраций амфолитов, приведшее к стационарному распределению концентрации ионов водорода.

Фундаментальная математическая теория электрофоретических явлений (как частный случай ИЭФ) была создана на основе представления электрохимически активной среды как гомогенной (однофазной) смеси. Поведение системы в ней описывается с помощью системы основных уравнений баланса [3] – [5]. Для математического описания системы используются следующие функции:  $H(x)$  – концентрация ионов водорода;  $OH$  – концентрация гидроксил-ионов  $OH^-$ , связанная с  $H$  стандартным уравнением  $OH = k_w^2 / H$ , где  $k_w^2 = 10^{-14}$  константа автодиссоциации воды;  $E(x)$  – напряженность электрического поля;  $\xi_k(x)$ ,  $k = 1, 2, \dots, N$  – аналитические концентрации амфолитов (то есть суммарные концентрации их отрицательных, положительных и нейтральных ионов). Указанные функции являются решениями одномерной задачи, состоящей из  $N + 1$  дифференциальных уравнений, одного алгебраического уравнения и  $N$  интегральных уравнений, заменяющих краевые условия:

$$-\varepsilon \frac{d\xi_k}{dx} + \xi_k (\alpha_1^k - \alpha_{-1}^k) E = 0, k = 1, 2, \dots, N \quad (1)$$

$$J = \sum_{k=1}^N \left( -D_k \frac{d}{dx} ((\alpha_1^k - \alpha_{-1}^k) \xi_k) + \mu_k (\alpha_1^k + \alpha_{-1}^k) \xi_k E \right) - \quad (2)$$

$$-D_H \frac{dH}{dx} + \mu_H H E + D_{OH} \frac{d(OH)}{dx} + \mu_{OH} OH E,$$

$$\sum_{k=1}^N (\alpha_1^k - \alpha_{-1}^k) \xi_k + H - OH = 0, \quad (3)$$

$$\pi r^2 \int_0^l \xi_k(x) dx = m_k, \quad (4)$$

где  $\varepsilon = RT/F$  – стандартный электрохимический параметр (величины  $R, T$  и  $F$  соответственно универсальная газовая постоянная, температура и число Фарадея);  $\mu_H, \mu_{OH}$  – известные константы, подвижности ионов водорода и гидроксил ионов;  $D_k, D_H, D_{OH}$  – константы, коэффициенты диффузии ионов,  $D_k = \varepsilon \mu_k$ ;  $\alpha_1^k$  и  $\alpha_{-1}^k$  – функции  $H$ , так называемые степени диссоциации амфолита, определяемые из формул:

$$\alpha_1^k = \frac{H^2}{K_1^{(k)} K_2^{(k)} + K_1^{(k)} H + H^2},$$

$$\alpha_{-1}^k = \frac{K_1^{(k)} K_2^{(k)}}{K_1^{(k)} K_2^{(k)} + K_1^{(k)} H + H^2}.$$

Дифференциальные уравнения (1) есть уравнения массопереноса, полученные на основании уравнения потока амфолита. Дифференциальное уравнение (2) представляет собой обобщенный, то есть с учетом диффузии, закон Ома (плотность тока является суммой плотностей токов всех ионов, включая ион водорода и ион гидроксила). Алгебраическое уравнение (3) есть уравнение электронейтральности. Наконец, интегральные уравнения (4) соответствуют закону сохранения массы вещества.

Основная математическая проблема численного решения системы (1) – (4), получившей название интегро-дифференциальной задачи ИЭФ, состоит в необходимости при решении системы дифференциальных уравнений (1) определять величину  $H$  из неявно заданного алгебраического уравнения (3). Автором было выполнено преобразование системы, позволившее преодолеть данную проблему.

#### Преобразование системы

**Утверждение 1.** Интегро-дифференциальная задача (1)–(4) относительно  $N+2$  неизвестных функций  $H, E, \xi_k, k=1,2,\dots,N$  может быть сведена к краевой задаче относительно  $N$  неизвестных функций  $c_k(x), k=1,2,\dots,N$ :

$$\varepsilon \frac{dc_k}{dx} \frac{1}{c_k} = \frac{\phi_k'(\psi) J}{\phi_k(\psi) \sigma}, \quad (5)$$

$$\sigma = \sum_{k=1}^n \mu_k c_k \left( \phi_k''(\psi) - \frac{(\phi_k'(\psi))^2}{\phi_k(\psi)} \right) + 2k_w \mu ch(\psi - \psi_0), \quad (6)$$

$$\sum_{k=1}^n c_k \phi_k'(\psi) + 2k_w sh\psi = 0, \quad (7)$$

$$\phi_k(\psi) = \delta_k + ch(\psi - \psi_k), \quad (8)$$

$$\int_0^l c_k(x) \phi_k(\psi) dx = M_k, \quad M_k = \frac{m_k}{2\pi r^2}, \quad (9)$$

Старые и новые неизвестные функции связаны посредством соотношения:

$$\xi_k(x) = c_k(x) \phi_k(\psi), \quad (10)$$

$$H = k_w \exp(\psi). \quad (11)$$

*Доказательство.* На первом этапе доказательства была введена в рассмотрение новая функция  $\psi$ , определенная уравнением (11). Для упрощения уравнений введены новые параметры:

$$\psi_k = \frac{1}{2} \ln \left( K_1^{(k)} K_2^{(k)} / k_w^2 \right), \quad (12)$$

$$\delta_k = \frac{1}{2} \sqrt{K_1^{(k)} / K_2^{(k)}}, \quad (13)$$

$$\psi_0 = \frac{1}{2} \ln \left( \mu_{OH} / \mu_H \right), \quad (14)$$

$$\mu = \sqrt{\mu_H \mu_{OH}}. \quad (15)$$

В новых обозначениях функции, входящие в (1) – (3), приобрели форму:

$$e_k = \alpha_1^k - \alpha_{-1}^k = sh(\psi - \psi_k) (\delta_k + ch(\psi - \psi_k))^{-1},$$

$$\sigma_k = \alpha_1^k + \alpha_{-1}^k = ch(\psi - \psi_k) (\delta_k + ch(\psi - \psi_k))^{-1}.$$

Кроме того, были введены новые функции и новая плотность тока:  $\xi_k = 2k_w \xi_k^{new}, J = 2k_w J^{new}$ . В результате систему (5) – (7) можно переписать в следующей форме:

$$-\varepsilon \frac{d\xi_k^{new}}{dx} + \xi_k^{new} e_k E = 0, \quad (16)$$

$$J^{new} = \sum_{k=1}^N \mu_k \left( -\varepsilon \frac{d}{dx} (e_k \xi_k^{new}) + \sigma_k \xi_k^{new} E \right) + \quad (17)$$

$$+ (-\varepsilon \nabla \psi + E) \mu ch(\psi - \psi_0),$$

$$\sum_{k=1}^N e_k \xi_k^{new} + sh\psi = 0. \quad (18)$$

На втором этапе доказательства для упрощения системы были введены новые функции (определены как (4)):  $\phi_k(\psi) = \delta_k + ch(\psi - \psi_k)$ ; тогда  $e_k = \phi_k'(\psi) (\phi_k(\psi))^{-1}$ ,  $\sigma_k = \phi_k''(\psi) (\phi_k(\psi))^{-1}$ ,

$$\frac{d\phi_k(\psi)}{d\psi} = \phi_k'(\psi) = sh(\psi - \psi_k),$$

$$\frac{d^2\phi_k(\psi)}{d\psi^2} = \phi_k''(\psi) = ch(\psi - \psi_k).$$

Очень важно, что теперь функции  $\xi_k(x)$  могут быть найдены в следующей форме:  $\xi_k(x) = c_k \phi_k(\psi)$ , где  $c_k(x)$  – новая неизвестная функция. В новых переменных система (16) – (18) приобретает форму трех уравнений, обозначенных как (5), (7), (8). Система дифференциальных уравнений (5) – (8) значительно проще, чем (1) – (3), так как из нее исключена неизвестная функция  $E$ . *Утверждение доказано.*

**Исследование системы методом касательных**

Для решения задачи был использован метод касательных, основанный на “растяжении” графика вдоль оси абсцисс путем замены переменной:  $t = x/\varepsilon$  ( $\varepsilon$  – малая величина). Абсцисса, соответствующая точке пересечения профилей  $k$ -го и  $k+1$ -го амфилолитов

$$\xi_k(0) = \xi_{k+1}(0), \quad (19)$$

была принята за новое начало координат (Рис.2). В новой системе координат были приняты следующие предположения для искомых функций концентрации:

$$\xi_k(-\infty) = S_k^0, \quad (20)$$

$$\xi_k(+\infty) = 0, \quad (21)$$

$$\xi_{k+1}(-\infty) = 0, \quad (22)$$

$$\xi_{k+1}(+\infty) = S_{k+1}^0, \quad (23)$$

где  $S_k^0$  и  $S_{k+1}^0$  неизвестные параметры, подлежащие определению (будем называть их *параметрами задачи ИЭФ*).

Кроме того, для функции  $\psi$  необходимо добавить краевые условия:

$$\psi(-\infty) = \psi_k, \quad (24)$$

$$\psi(+\infty) = \psi_{k+1}, \quad (25)$$

где  $\psi_{k+1}$ ,  $\psi_k$  -- константы, подлежащие определению.

**Утверждение 2.** *Функции  $\xi_k(0)$ ,  $\xi_{k+1}(0)$  в окрестности точки  $t = 0$  определяются уравнениями*

$$\xi_k(t) = c_k(t)\phi_k(\psi), \quad \xi_{k+1}(t) = c_{k+1}(t)\phi_{k+1}(\psi), \quad (26)$$

где функции  $c_k(t)$ ,  $c_{k+1}(t)$  определяются из краевой задачи, состоящей из двух дифференциальных уравнений и одного уравнения алгебраического:

$$\frac{1}{c_k} \frac{dc_k}{dt} = \frac{\phi'_k(\psi) J}{\phi_k(\psi) \sigma}, \quad i = k, k+1, \quad (27)$$

$$\sigma = \sum_{i=k}^{k+1} \mu_i c_i \left( \phi'_i(\psi) - \frac{(\phi'_i(\psi))^2}{\phi_i(\psi)} \right), \quad (28)$$

$$c_k \phi'_k(\psi) + c_{k+1} \phi'_{k+1}(\psi) = 0 \quad (29)$$

с двумя начальными условиями

$$c_k(0) = 0.5 S_k^0 / \phi_k(\psi(0)), \quad i = k, k+1 \quad (30)$$

При этом величина  $\psi(0)$  в формулах (30) определяется из алгебраического уравнения:

$$\phi'_k(\psi(0))\phi_{k+1}(\psi(0)) + \phi'_{k+1}(\psi(0))\phi_k(\psi(0)) = 0 \quad (31)$$

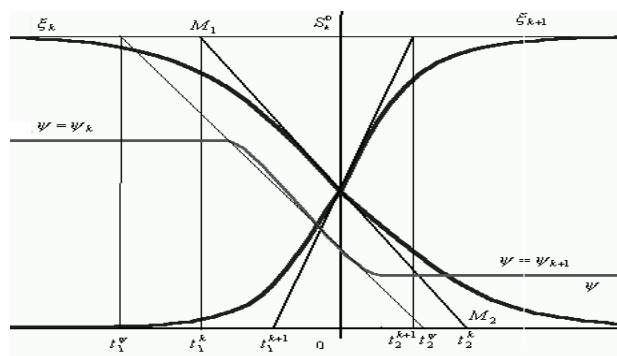


Рис. 2. Касательные к профилям двух соседних амфилолитов в точке их пересечения.

**Доказательство.**

1 этап. Уравнения (5), (6), (7), на основании (Рис. 2), записываются для двух функций  $c_k(t)$  и  $c_{k+1}(t)$ .

2 этап. Уравнение (7) при  $t \rightarrow -\infty$ , с учетом (20), (22), (24), (26) приобретает форму:  $c_k(-\infty) \cdot 0 + 0 \cdot sh(\Delta \psi_k) + 2k_w \cdot sh(\psi_k) = 0$ . Поскольку  $c_k(-\infty)$  есть конечная величина, последнее равенство означает, что при  $c_k(-\infty)$  вкладом слагаемого  $2k_w \cdot sh(\psi_k)$  можно пренебречь в силу его малости. Аналогично, при  $t \rightarrow +\infty$  уравнение (7) и условия (21), (23), (25) показывают, что слагаемым  $2k_w \cdot sh(\psi_{k+1})$  также можно пренебречь в силу его

малости. Следовательно, уравнения (5), (6), (7) можно переписать в форме (27) – (29), в частности, уравнение (29) в общем виде:

$$\sum_{k=1}^n c_k \phi'_k(\psi) = 0, \quad (32)$$

Уравнение (32), в свою очередь, умножением на  $\psi'_i$  приводится к виду:

$$\frac{d}{dt} \left( \sum_{k=1}^n c_k \phi_k(\psi) \right) = \sum_{k=1}^n c'_k \phi_k(\psi).$$

Откуда, на основании (27) и (32),  $\sum_{k=1}^n c_k \phi_k(\psi) = const$ , или, с учетом (26),

$$\xi_k + \xi_{k+1} = const. \quad (33)$$

Условия (19) – (23), (33) показывают, что  $S_k^0 + 0 = const$ ,  $0 + S_{k+1}^0 = const$ . Следовательно, в данных предположениях,

$$S_k^0 = S_{k+1}^0 = const. \quad (34)$$

Из начального условия (19) следует, что  $2\xi_k = S_k^0$ , и следовательно,

$$\xi_k(0) = \xi_{k+1}(0) = 0.5S_k^0. \quad (35)$$

3 этап. Уравнения (19), (26) и (32), записанные для  $t = 0$ , дают систему двух линейных однородных алгебраических уравнений относительно двух неизвестных –  $c_k(0)$  и  $c_{k+1}(0)$ . Система совместна, если ее определитель равен нулю, откуда и получаем уравнение (31) для определения величины  $\psi(0)$ . Отсюда, на основании (26) и (35) получаем начальные условия (30). *Утверждение доказано.*

Теперь проведем в точке  $t = 0$  касательные к графикам (Рис. 2). Очевидно, что они задаются уравнениями:

$$\xi_i(t) = \xi_i(0) + \xi'_i(0)t, \quad i = k, k+1, \quad (36)$$

$$\psi(t) = \psi(0) + \psi'(0)t. \quad (37)$$

**Утверждение 3.** В уравнениях (36) и (37) коэффициенты  $\xi_k(0)$ ,  $\xi_{k+1}(0)$  и  $\psi(0)$  определяются посредством уже полученных формул (35) и (31), а угловые коэффициенты касательных выражаются формулами:

$$\xi'_k(0) = S_k^0/\Delta t_k, \quad (38)$$

$$\xi'_{k+1}(0) = -S_k^0/\Delta t_k, \quad (39)$$

$$\psi'(0) = 2\Phi_{k,k+1}(\psi(0))/\Delta t_k, \quad (40)$$

где

$$\Delta t_k = 2\sigma J(\varphi_k(\psi(0))/\varphi'_k(\psi(0)) - \Phi_{k,k+1}(\psi(0))) \quad (41)$$

$$\Phi_{k,k+1}(\psi(0)) =$$

$$= \left( \frac{\varphi'_{k+1}}{\varphi_{k+1}} - \frac{\varphi'_k}{\varphi_k} \right) \left( \frac{1 + \delta_k \varphi''_k}{\varphi_k^2} + \frac{1 + \delta_{k+1} \varphi''_{k+1}}{\varphi_{k+1}^2} \right) \Big|_{\psi=0}. \quad (42)$$

*Доказательство.*

1. Рис. 2 показывает, что касательная для  $\xi_k(t)$  пересекает прямую  $\xi = S_k^0$  в точке  $M_1(t_1^k, S_k^0)$ , а ось абсцисс  $\xi = 0$  – в точке  $M_2(t_2^k, 0)$ . На основе (36) получаем равенство:

$$t_1^k - t_2^k = (\xi_k(-\infty) - \xi_k(+\infty))(\xi'_k(0))^{-1}. \quad (43)$$

Аналогичные соотношения для  $\xi_{k+1}(t)$  и  $\psi(t)$ , на основании уравнений (36), (37) приобретают вид:

$$t_1^{k+1} - t_2^{k+1} = (\xi_{k+1}(-\infty) - \xi_{k+1}(+\infty))(\xi'_{k+1}(0))^{-1}, \quad (44)$$

$$t_1^\psi - t_2^\psi = (\psi(-\infty) - \psi(+\infty))(\psi'(0))^{-1}. \quad (45)$$

Переобозначим величины:

$$t_1^k - t_2^k = \Delta t_k, \quad t_1^{k+1} - t_2^{k+1} = \Delta t_{k+1}, \quad (46)$$

$$t_1^\psi - t_2^\psi = \Delta t_\psi, \quad \psi_k - \psi_{k+1} = \Delta \psi_k. \quad (47)$$

Как результат, уравнения (43) – (45), с учетом условий (19) – (25), (34), приобретают форму:

$$\xi'_k(0) = S_k^0/\Delta t_k, \quad (48)$$

$$\xi'_{k+1}(0) = -S_k^0/\Delta t_{k+1}, \quad (49)$$

$$\psi'_k(0) = \Delta \psi_k/\Delta t_\psi. \quad (50)$$

Таким образом, формулы (48) – (50) позволяют вычислить  $\xi'_k(0)$ ,  $\xi'_{k+1}(0)$ ,  $\psi'(0)$ , если известны  $\Delta t_k$ ,  $\Delta t_{k+1}$ ,  $\Delta t_\psi$ . Уравнение (26) показывает, что

$$\xi'_k(0) = (c'_k \varphi_k(\psi) + c_k \varphi'_k(\psi) \psi') \Big|_{t=0}.$$

Как результат, уравнения (48), (49), с учетом (27), приобретают вид:

$$S_k^0 = \Delta t_k c_k(0) \varphi'_k(\psi(0)) (J/\sigma + \Delta \psi_k/\Delta t_\psi) \quad (51)$$

$$S_k^0 = -\Delta t_{k+1} c_{k+1}(0) \varphi'_{k+1}(\psi(0)) (J/\sigma + \Delta \psi_k/\Delta t_\psi) \quad (52)$$

Очевидно, что  $J/\sigma + \Delta \psi_k/\Delta t_\psi \neq 0$ , так как в противном случае величина  $S_k^0$  была бы равна нулю. Это означает, что система уравнений (51), (52) совместна при условии выполнения равенства:  $\Delta t_k c_k(0) \varphi'_k(\psi(0)) + \Delta t_{k+1} c_{k+1}(0) \varphi'_{k+1}(\psi(0)) = 0$ .

Подстановка  $c_k(0)$  и  $c_{k+1}(0)$  из (30), с учетом (31), приводит к важному равенству:

$$\Delta t_{k+1} = \Delta t_k. \quad (53)$$

2. Уравнение касательной для  $\xi_k(t)$ , записанное для точек  $M_1$  и  $M_2$ , дает систему уравнений:

$$\xi_k(0) + \xi'_k(0)t_1^k = S_k^0$$

$$\xi_k(0) + \xi'_k(0)t_2^k = 0$$

преобразование которой, с учетом (33) и (47), ведет к уравнениям:

$$t_1^k = 0.5\Delta t_k, \quad t_2^k = -0.5\Delta t_k. \quad (54)$$

Аналогично, рассмотрение уравнения касательной для  $\xi_{k+1}(t)$  с учетом (34) и (49), позволяет получить уравнения:

$$t_1^{k+1} = 0.5\Delta t_k, \quad t_2^{k+1} = -0.5\Delta t_k. \quad (55)$$

Следовательно,  $t_1^k = t_1^{k+1}$ ,  $t_2^k = t_2^{k+1}$ . Дифференцирование уравнения (32) с учетом (34), (48), (49) дает уравнения (40), (42). Подстановка (40) в (51), с использованием (30), позволяет получить уравнение (41).

3. Рис. 2 показывает, что касательная (37) для  $\psi(x)$  пересекает прямую  $\psi = \psi_k$  в точке  $L_1(t_1^\psi, \psi_k)$  и прямую  $\psi = \psi_{k+1}$  в точке  $L_2(t_2^\psi, \psi_{k+1})$ . Использование уравнения (37) в этих точках позволяет получить формулы:

$$t_1^\psi = 0.5\Delta t_k \frac{\psi_k - \psi(0)}{\Phi(\psi(0))}, \quad t_2^\psi = 0.5\Delta t_k \frac{\psi_{k+1} - \psi(0)}{\Phi(\psi(0))}. \quad (56)$$

*Утверждение доказано.*



Теперь будем рассматривать задачу на всем отрезке  $[0, l]$ . Для дальнейшего изложения являются

существенными следующие обозначения: пусть  $x_1$  есть точка пересечения профилей 1-го и 2-го амфолитов;  $x_2$  есть точка пересечения профилей 2-го и 3-го амфолитов;  $x_{N-1}$  есть точка пересечения профилей  $(N-1)$ -го и  $N$ -го амфолитов. На основании выводов 1, 2, рассмотрим графическую аппроксимацию профилей концентраций с помощью касательных (Рис. 3).

Как следует из рисунка,  $k$ -й профиль концентрации: 1) на отрезке  $[x_{k-1}^2, x_k^1]$  аппроксимируется прямой, проходящей через точки  $(x_{k-1}^2, S_{k-1})$  и  $(x_k^1, S_k)$ ; 2) на отрезках  $[x_{k-1}^1, x_{k-1}^2]$  и  $[x_k^1, x_k^2]$  – касательными, проходящими через точки  $(x_{k-1}^1, 0)$ ,  $(x_{k-1}^2, S_{k-1})$  и  $(x_k^2, 0)$ ,  $(x_k^1, S_k)$ ; 3) во всех остальных точках отрезка  $[0, l]$  концентрация принимается равной нулю. Следует отметить, что в общем случае значения  $S_k$  не считаются равными для всех  $k$ . Вывод  $S_{k-1} = S_k$  верен для локальной асимптотики, когда можно пренебречь вкладом слагаемого с  $k_w$ ; как будет показано далее, в общем случае данное слагаемое может оказывать существенное влияние на асимптотику.

Возвращение к исходной переменной  $x$  осуществляется на основании формул:

$$x_k^1 = x_k + 0.5\Delta t_k \cdot \varepsilon, \quad x_k^2 = x_k - 0.5\Delta t_k \cdot \varepsilon. \quad (57)$$

Применим интегральные условия (9) к функциям  $\xi_k$ ,  $k = 1, 2, \dots, N$ . Интегрирование осуществляется простейшим суммированием площадей трапеций и приводит к следующему выводу.

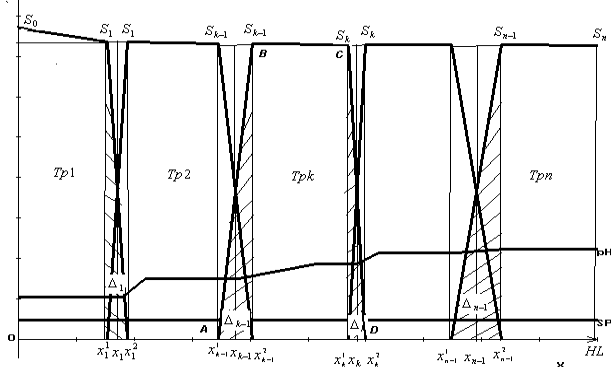


Рис.3. Аппроксимация касательными профилей концентраций системы ИЭФ.

**Утверждение 4.** Параметры задачи ИЭФ  $S_k^0$ ,  $k = 0, 1, 2, \dots, N$ , а также  $x_1, x_2, \dots, x_N$  определяются из системы  $N+1$  линейных алгебраических уравнений:

$$\left\{ \begin{aligned} m_1 &= \Delta x_1 \cdot S_1 + 0.5(S_0 + S_1)(x_1 - \Delta x_1), \\ m_k &= \Delta x_{k-1} \cdot S_{k-1} + \Delta x_k \cdot S_k + \\ &+ 0.5(S_{k-1} + S_k)(x_k - x_{k-1} - \Delta x_{k-1} - \Delta x_k), \\ &k = 2, 3, \dots, N-1, \\ m_N &= \Delta x_{N-1} \cdot S_{N-1} + \\ &+ 0.5(S_{N-1} + S_N)(L - x_{N-1} - \Delta x_{N-1}). \end{aligned} \right. \quad (58)$$

и  $N-1$  простейших интегральных уравнений:

$$S_k = S_0 - 2k_w \int_0^{x_k} sh(\psi) \left( \frac{J}{\varepsilon \sigma} + \psi' \right) dx, \quad (59)$$

$$k = 1, \dots, N-1.$$

Так как  $pH = -\lg(k_w \cdot \exp(\psi))$ , то

$sh(\psi) = 0.5(\exp(\psi) - \exp(-\psi)) = 0.5(10^{7-pH} - 10^{pH-7})$ , то чем меньше величина  $pH$ , тем больше вклад слагаемого  $2k_w \cdot sh(\psi)$  в асимптотику. В то же время, для больших значений  $pH$  верен вывод.

**Утверждение 5.** Для  $pH > 7$  параметры электрохимической системы  $S_k^0$ ,  $k = 0, 1, 2, \dots, N$  определяются формулами

$$S_k^0 = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^k m_i, \quad x_k = \sum_{i=1}^k h_i, \quad h_i = \frac{m_i}{S_k^0}. \quad (60)$$

Следовательно, в случае  $pH > 7$  геометрическим “потолком” системы профилей концентраций является горизонтальная прямая, определяемая уравнением (60); в случае  $pH < 7$  роль такого “потолка” играет ломаная, параметры которой определяются уравнениями (58) – (59).

Тестирование модели

Расчеты проводились в предположениях: длина ЭК,  $l = 2$  (дм); радиус ЭК,  $r = 0.2$  (дм);  $T = 298$  (К). Плотность тока измерялась в А/дм.кв. Значения констант диссоциаций  $K_1^{(k)}$ ,  $K_2^{(k)}$  и коэффициенты миграции  $\mu_k$  взяты из [1]. Исходные количества амфолитов одинаковы,  $m_k = 0.1$  (моль). Асимптотика строилась на основании формул (38) – (42).

**Пример 1.** Рассмотрена система стандартных амфолитов с  $pH > 7$ :  $His - His$ ,  $His - Gly$ ,  $His$ ,  $\beta - Ala - His$ ,  $Tyr - Arg$ . Асимптотические профили были построены на основании формул (60). Расчеты показывают, что в “аномальном” режиме расчетные и асимптотические профили концентраций дают высокую степень совпадения. Рис. 4 подтверждает Вывод 4, все профили концентраций ограничены сверху прямой  $\xi = S_k^0$ .

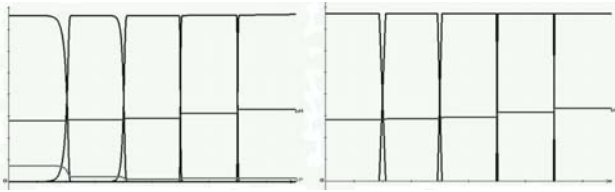


Рис. 4. Расчетные и асимптотические профили концентрации системы с  $pH > 7$ :  $His - His$ ,  $His - Gly$ ,  $His$ ,  $\beta - Ala - His$ ,  $Tyr - Arg$ .

**Пример 2.** Рассмотрена система стандартных амфолитов с  $pH < 7$ :  $Asp$ ,  $m - ABA$ ,  $\alpha - Asp - His$ ,  $Tyr - Tyr$ ,  $IsoGln$ . Асимптотические профили были построены на основании формул (58), (59). Рис. 5 подтверждает Вывод 3, система профилей концентраций ограничена ломаной линией, параметры которой определяются формулами (58), (59).

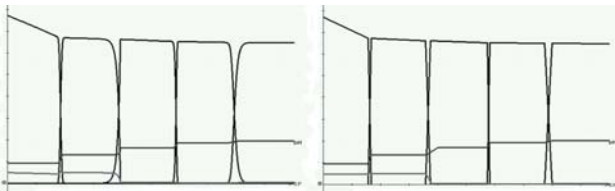


Рис. 5. Расчетные и асимптотические профили концентрации системы с  $pH < 7$ :  $Asp$ ,  $m - ABA$ ,  $\alpha - Asp - His$ ,  $Tyr - Tyr$ ,  $IsoGln$ .

**Построенная аппроксимация как решение задачи в слабой формулировке**

Как видно из Рис. 4, Рис. 5, построенные аппроксимации профилей концентраций не являются всюду дифференцируемыми функциями (в точках стыка прямых производная у графиков отсутствует); следовательно, они не являются решениями исходной задачи (5) – (11) в обычном (сильном) смысле. С целью снижения требований, налагаемых на дифференцируемость функций  $\xi_k$ , переформулируем задачу в слабой форме. Для этого уравнение (5) умножим на произвольную функцию  $v(x)$ , удовлетворяющую условиям:  $v \in C^1[0, l]$ ,  $v(0) = 0$ ,  $v(l) = 0$ ; затем проинтегрируем уравнение на отрезке  $[0, l]$ :

$$\int_0^l \frac{dc_k}{dx} \cdot v(x) dx = \int_0^l \frac{\phi'_k(\psi)}{\phi_k(\psi)} \frac{J}{\sigma \varepsilon} c_k \cdot v(x) dx. \quad (61)$$

После интегрирования по частям последнее уравнение, в силу требований равенства функции  $v(x)$  нулю на конце отрезка, преобразуется к равенству:

$$\int_0^l c_k \left[ \frac{dv}{dx} + v \frac{J}{\varepsilon \phi_k(\psi)} \left( \sum_{k=1}^n \mu_k c_k \left( \phi'_k(\psi) - \frac{(\phi'_k(\psi))^2}{\phi_k(\psi)} \right) + 2k_w \mu ch(\psi - \psi_0) \right) \right] dx = 0.$$

Уравнение (62) представляет собой слабую

формулировку уравнения (5). Асимптотическое решение (36) – (37), (38) – (42), (60) является слабым решением исходной задачи, то есть при подстановке в уравнение (61) дает невязку, стремящуюся к нулю. На основании Рис. 3 и уравнения (61), суммарная невязка решения состоит из частных невязок по пяти отрезкам:

$$\Omega_k = \int_0^l v(x) \left[ \frac{dc_k}{dx} - \frac{\phi'_k}{\phi_k} \cdot \frac{J}{\varepsilon \sigma} c_k \right] dx = \int_0^A + \int_A^B + \int_B^C + \int_C^D + \int_D^l = \delta_{0A} + \delta_{AB} + \delta_{BC} + \delta_{CD} + \delta_{Dl}.$$

Применение к формулам (36) – (37), (38) – (42), (60) простых алгебраических преобразований позволяет доказать, что при  $J \rightarrow 0$  невязка решения стремится к нулю:  $\Omega_k \rightarrow 0$ .

**Выводы**

**Вывод 1.** Автором разработан метод аналитического преобразования интегро-дифференциальной задачи ИЭФ к виду, оптимальному для исследования асимптотическими и численными методами. Установлено, что путем введения в рассмотрение новых функций удается избавиться от существенной трудности при решении задачи – необходимости выражать определять величину  $H$  из неявно заданного алгебраического уравнения.

**Вывод 2.** Методом касательных получено асимптотическое решение интегро-дифференциальной задачи ИЭФ. Профили концентраций аппроксимируются прямыми, коэффициенты которых определяются через электрохимические параметры системы.

**Вывод 3.** Установлено, в случае  $pH > 7$  геометрическим “потолком” системы профилей концентраций является горизонтальная прямая, определяемая уравнением

$$S_k^0 = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^k m_i, \quad x_k = \sum_{i=1}^k h_i, \quad h_i = \frac{m_i}{S_k^0}.$$

В случае  $pH < 7$  роль такого “потолка” играет ломаная, параметры которой определяются уравнениями (58) – (59).

**Вывод 4.** Установлено, что построенное решение является слабым (вариационным) решением интегро-дифференциальной задачи ИЭФ, сходящимся к решению исходной задачи (сильному решению).

**Вывод 5.** Построенная автором комплексная модель ИЭФ имеет теоретическую значимость: с учетом предложенных авторами методов преобразования и асимптотического решения жесткой интегро-дифференциальной задачи могут быть решены аналогичные задачи математической физики, включающие большой параметр.



## Библиографический список

1. *Righetti P.G.* Isoelectric focusing: Theory, Methodology and Application. Elsevier Biomedical Press, New York-Oxford: Elsevier, 1983. 386 p.
2. *Rilbe H.* Theoretical aspects of steady - state isoelectric focusing // Isoelectric focusing. Acad. Pres, New York - London. 1976. P. 14-52.
3. *Бабский В.Г., Жуков М.Ю., Юдович В.И.* Математическая теория электрофореза: Применение к методам фракционирования биополимеров. Киев: Наукова думка, 1983. 202 с.
4. *Жуков М.Ю., Юдович В.И.* Многокомпонентные смеси в локальном химическом равновесии // Молекуляр. биология Вып. 28. Киев: Наукова думка, 1981. С. 54-57.
5. *Жуков М.Ю.* Массоперенос электрическим полем. Ростов н/Д: Изд-во Рост. Ун-та, 2005. 216 с.
6. *Mosher R.A., Bier M., Righetti P.G.* Computer simulation of immobilized pH gradients at acid and alkaline extremes: A quest for extended pH intervals // Electrophoresis. 1985, № 7. P. 59-66.
7. *Mosher R.A., Salive D.A., Thorman W.* The Dynamics of Electrophoresis. VCH Publishers, New York, 1992. 236 p.
8. *Mosher R.A., Thorman W., Graham A., Bier M.* The formation of stable pH gradients with weak monovalent buffers for isoelectric focusing in free solution // Electrophoresis. 1985, № 6. P. 545-551.
9. *Zilberstein G.V., Baskin E.M., Bukshpan Sh.* Parallel processing in the isoelectric focusing chip // Electrophoresis. 2003, № 24. P. 3735-3744.
10. *Viovy J.-L.* Electrophoresis of DNA and other polyelectrolytes: Physical mechanisms // Rev. Modern Phys. 2000. V. 72. № 3. P. 813-872.
11. *Thormann W., Huang T., Pawliszyn J., Mosher R. A.* High-resolution computer simulation of the dynamics of isoelectric focusing of proteins // Electrophoresis. 2004, № 25. P. 324-337.
12. *Thormann W., Mosher R. A.* High-resolution computer simulation of the dynamics of isoelectric focusing using carrier ampholytes: Focusing with concurrent electrophoretic mobilization is an isotachophoretic process. Research Article // Electrophoresis. 2006, № 27. P. 968-983.
13. *Sakharova L.V., Vladimirov V.A., Zhukov M.Yu.* Anomalous pH-gradient in Ampholyte Solution. - arXiv: 0902.3758v1 [physics.chem-ph] 21 Feb 2009.
14. *Сахарова Л.В.* Асимптотическое решение задачи изоэлектрического фокусирования методом касательных. Труды XIV международной конференции “Математика. Экономика. Образование”, 28 мая - 3 июня 2006 г., База отдыха “Морьяк” Новороссийского морского пароходства. Ростов-на-Дону, 2006. С. 151-158.
15. *Сахарова Л.В.* Асимптотическое тестирование задачи математического моделирования ИЭФ в “аномальных” режимах // Экологический вестник научных центров ЧЭС. 2011. №3, С. 73-82.
16. *Люстерник Л.Л., Соболев В.И.* Элементы функционального анализа. М.: Наука, 1965.
17. *Михлин С.Г.* Вариационные методы в математической физике. М.: Наука, 1970.

L.V.SAKHAROVA

**THE SOLUTION OF RIGIDITY INTEGRO-DIFFERENTIAL PROBLEM  
OF ISOELECTRIC FOCUSING BY TANGENT METHOD**

*The article is devoted to problem of development the solution and testing methods of rigidity integro-differential problem on example by modeling of Isoelectric Focusing (IEF) in so-called “anomalous” (non-Gaussian) regimen. Next problems were solved: the analytical transformation the integro-differential problem to the ordinary boundary-value problem, which is suitable to the numeric solution by means of Runge-Kutta; the overcoming of uncontrollable accumulation of calculating errors, which is consequence of rigidity, by means of representation the solution in exponential form. The tangent method of testing the model was developed; it show the high value of corresponding to numeric solutions of the problem. It was proved, that created approximation of system by tangent is solution of initial integral-differential problem in weak (variational) sense.*

Key words: rigidity integro-differential problem, numeric solution, methods of testing.

М.А. ФРОЛОВ

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики и естественнонаучных дисциплин Орловского государственного института экономики и торговли  
E-mail: mark.75@list.ru  
Тел. 8 910 208 87 08

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НА ДЕБИТ СКВАЖИНЫ РАЗМЕРОВ ПОЛУПРОНИЦАЕМОЙ ТРЕЩИНЫ (ЗАВЕСЫ) В ПЛАСТЕ ГРУНТА С КРУГОВЫМ КОНТУРОМ ПИТАНИЯ\*

Ставится плоскопараллельная граничная задача о дебите скважины при наличии полупроницаемых трещин (завес) в пласте. Исследуется влияние на дебит скважины длины трещины (завесы). В отличие от известных исследований, где накладываются ограничения на форму границ, геометрические размеры трещины и её ориентацию, задача решается численно методом дискретных особенностей, что позволяет моделировать трещины (завесы) произвольными гладкими и кусочно-гладкими границами и располагать их произвольно.

Ключевые слова: дебит скважины, полупроницаемая трещина (завеса), гидравлический разрыв пласта, численное решение задачи.

**Введение.** С каждым днём проблема интенсификации добычи флюидов при проектировании водозаборов и разработке нефтяных и газовых месторождений становится всё актуальнее. Одним из самых эффективных методов повышения добычи флюидов является гидравлический разрыв пласта [1]. Сущность метода заключается в том, что в пласте, вблизи скважины создаются искусственные трещины, протяжённость которых может достигать десятки и сотни метров. При этом существенно увеличивается приведённый радиус скважины и, как следствие, повышается продуктивность скважины [1–3, 8].

В настоящей работе рассматривается радиальная вытянутая эллиптическая трещина (завеса), большая полуось которой расположена по радиусу от центра скважины. В отличие от [8] скважина находится внутри трещины (завесы). Исследуется зависимость дебита скважины от длины трещины (завесы) при круговом контуре питания.

**Постановка задачи.** Стационарное течение несжимаемой жидкости в недеформируемой изотропной однородной пористой среде описывается законом Дарси и уравнением неразрывности, записанными в безразмерных величинах [8]:

$$\vec{v} = k \nabla \varphi, \tag{1}$$

$$\nabla \cdot \vec{v} = 0 \tag{2}$$

Рассмотрим плоскопараллельное течение в координатной плоскости  $Oxy$ . Пусть в некоторой точке  $M_0 = (x_0, y_0)$  на выбранной плоскости расположена совершенная эксплуатационная скважина дебита  $q$  (см. рис.1). Контур скважины  $L_c$  – окружность малого радиуса  $R_c$ . Работу скважины будем моделировать точечным стоком мощности  $q$  (см. [8]).

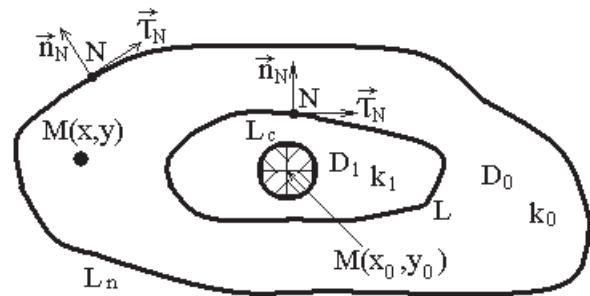


Рис. 1. Постановка задачи.

Замкнутый контур питания  $L_n$  скважины ограничивает область фильтрации  $D_0$ . Предположим, что в области  $D_0$  имеется трещина (завеса) произвольной формы, ограниченная замкнутым контуром  $L$ . Скважина находится внутри трещины (завесы). Пусть вне трещины (завесы) – область  $D_0$ , заполнена средой с коэффициентом проницаемости  $k_0$ , а сама трещина (завеса) – область  $D_1$  – средой с коэффициентом проницаемости  $k_1$  (для трещины  $k_1 > k_0$

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Орловской области в рамках научного проекта №12-01-97522 p\_центр\_a.

и завесы  $k_1 < k_0$ ). Потенциалы скоростей течения в областях  $D_0$  и  $D_1$  обозначим соответственно  $\varphi_0$  и  $\varphi_1$ . Контуры  $L_n$  и  $L$ , моделируем гладкими кривыми.

Функции  $\varphi_0$  и  $\varphi_1$  координат точки  $M = (x, y)$ , всюду за исключением особых точек этих функций в области  $D = D_0 \cup D_1$ , ограниченной  $\Gamma = L_c \cup L \cup L_n$  являются гармоническими. Их представим в виде:

$$\varphi_\nu(M) = \frac{\Phi(M) + \varphi_*(M)}{k_\nu}, M \in D_\nu, \nu = 0, 1. \quad (3)$$

Функция  $\Phi(M)$  – потенциал, описывающий течение жидкости к скважине в безграничной (при отсутствии контуров  $\Gamma = L_c \cup L \cup L_n$ ) однородной среде проницаемости  $k_1$  вида:

$$\Phi(M) = \frac{q}{2\pi k_1} \ln \frac{1}{r}, r = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}. \quad (4)$$

Функция  $\varphi_*(M)$  – потенциал возмущения, вызванный наличием трещины (завесы), контуров питания и скважины (контуров). На контуре  $L$  должны выполняться условия непрерывности давления и расхода жидкости [5, 6], которые для потенциала  $\varphi_*(M)$ , следуя [7], примут вид:

$$\begin{aligned} -(1 + \lambda)\varphi_*^-(M) + (1 - \lambda)\varphi_*^+(M) &= 2\lambda\Phi(M), \\ \left(\frac{\partial\varphi_*(M)}{\partial n_M}\right)^+ &= \left(\frac{\partial\varphi_*(M)}{\partial n_M}\right)^-, M \in L, \end{aligned} \quad (5)$$

где знаками «+» и «-» отмечены предельные значения соответствующих функций при подходе к контуру  $L$  из областей  $D_0$  и  $D_1$  (выбор ортов нормали  $\vec{n}$  и касательной  $\vec{\tau}$  (рис. 1). В условиях (5)  $\lambda = \frac{k_0 - k_1}{k_0 + k_1}$ ,  $\lambda \in (-1, 1)$ .

Согласно [7], на контурах питания и скважины имеем условия:

$$\varphi_*^-(M) = \alpha(M) - \Phi(M), M \in L_n, \quad (6)$$

$$\varphi_*(M) = C - \frac{q}{2\pi k_1} \ln \frac{1}{R_c}, M = M_0 \quad (7)$$

Таким образом, чтобы найти дебит  $q$  скважины, необходимо определить потенциал  $\varphi_*(M)$ , удовлетворяющий условиям (5) – (7).

**Решение задачи.** В случае границ  $L_n$  и  $L$  моделируемых гладкими кривыми класса Ляпунова, задача о дебите сводится к системе интегральных уравнений и интегральных соотношений [5-7].

Потенциал возмущения  $\varphi_*(M)$  ищем в виде потенциала двойного слоя:

$$\begin{aligned} \varphi_*(M) &= \int_L g_\nu(N) \nabla_N G(N, M) \vec{n}_N dS_N + \\ &+ \int_{L_n} f(N) \nabla_N G(N, M) \vec{n}_N dS_N, \quad (8) \\ M &\in D_\nu, \nu = 0, 1. \end{aligned}$$

Следуя [7], удовлетворим (8) условиям (5)–(7). Имеем систему уравнений:

$$\begin{aligned} 2\lambda \left( \int_L g(N) \nabla_N G(N, M) \vec{n}_N dS_N + \right. \\ \left. + \int_{L_n} f(N) \nabla_N G(N, M) \vec{n}_N dS_N \right) - g(M) &= \\ = -2\lambda\Phi(M), M \in L, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2 \left( \int_L g(N) \nabla_N G(N, M) \vec{n}_N dS_N + \right. \\ \left. + \int_{L_n} f(N) \nabla_N G(N, M) \vec{n}_N dS_N \right) - f(M) &= \\ = 2[\alpha(M) - \Phi(M)], M \in L_n. \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \int_L g(N) \nabla_N G(N, M) \vec{n}_N dS_N + \\ + \int_{L_n} f(N) \nabla_N G(N, M) \vec{n}_N dS_N &= \\ = C - \frac{q}{2\pi k_1} \ln \frac{1}{R_c}, M = M_0. \end{aligned}$$

Используя развитый в [4-6] подход, задача решается численно. Задавая контуры  $L_n$  и  $L$  параметрически и производя их дискретизацию, перейдем к системе линейных неоднородных алгебраических уравнений [8].

Пусть контуром питания к скважине  $L_n$  является окружность радиуса  $R$ . Полупроницаемую трещину смоделируем эллипсом  $L$  с полуосями  $a, b$  и центром в точке  $M_1 = (x_1, y_1)$  (рис 2).

Расположим скважину в центре окружности радиуса  $R$ . В этой же точке выберем центр контура  $L$ , точку  $M_1 = (x_1, y_1)$ . В качестве характерного размера выберем радиус скважины  $R_c = 1$ .

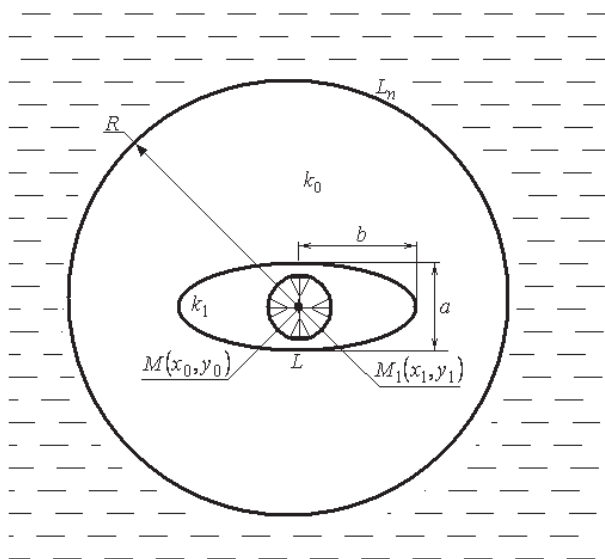


Рис. 2. Выбор контуров.

Исследуем влияние на дебит скважины длины большой полуоси  $b$ . Остальные числовые значения выберем следующими:  $x_0=0, y_0=0, x_1=0, y_1=0, a=R_c, C=1, \alpha(M)=0, k_0=1, n=1600$ . Число точек разбиения  $n$  выбиралось исходя из исследования практической сходимости решения таким, что при удвоении  $n$  изменение дебита не превысит 3%.

На рис. 3 показаны зависимости величины  $\eta = \frac{q_\lambda}{q_0} - 1$  от длины полуоси  $b$ . Здесь  $q_\lambda$  – дебит

скважины с полупроницаемой трещиной и значения параметра  $\lambda = -0.9, q_0$  – дебит скважины в отсутствии полупроницаемой трещины (завесы) ( $\lambda=0$ ). Длину полуоси  $b$  измеряем в  $R_c$ . Кривая 1 соответствует радиусу контура питания  $R = 1000R_c$ , кривая 2 –  $R = 100R_c$ . Как видим, влияние длины полуоси  $b$  на дебит скважины более выражено в случае 2, когда скважина расположена ближе к контуру питания. Так, например, для кривой 1 при  $b = 70R_c$  прирост дебита скважины не превышает 50%, в то время как для кривой 2 при том же значении  $b$  прирост дебита составит более 90%.

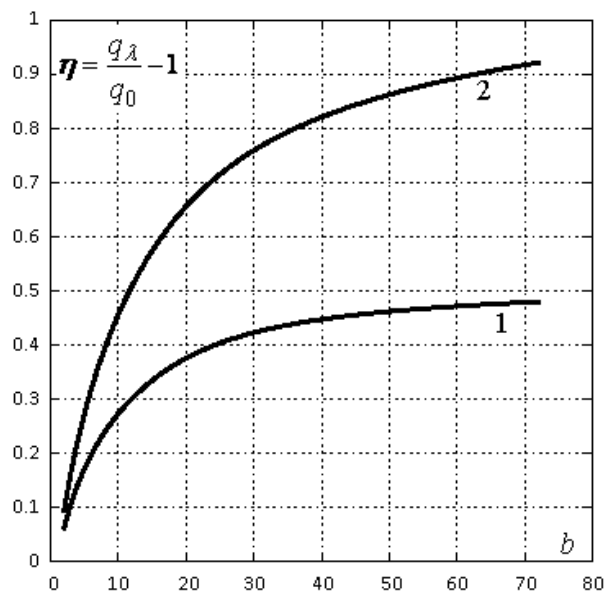


Рис. 3. Зависимость  $\eta(b)$ .

Различна и скорость изменения дебита для этих двух случаев. Для кривой 1, например, начиная уже с величины  $b = 70R_c$ , дальнейшее изменение дебита при увеличении  $b$  не превысит 5%, наступает так называемое «насыщение». Для кривой 2, ввиду близости контура питания, зависимость  $\eta(b)$  выражена сильнее и потому здесь явления «насыщения» не наблюдается.

**Основные результаты и выводы.** Исследования показали, что с ростом длины трещины дебит скважины увеличивается. Для кругового контура питания  $R = 1000R_c$  можно указать длину трещины, начиная с которой дальнейшее увеличение её размеров не приведёт к ощутимому изменению дебита. Для кругового контура питания  $R = 100R_c$  зависимость  $\eta(b)$  выражена сильнее, потому и при любой длине трещины увеличением дебита пренебречь нельзя. Этот важный с практической точки зрения результат позволяет сделать вывод о том, что эффективность гидроразрыва пласта в значительной степени определяется и удалённостью скважины от контура питания.

#### Библиографический список

1. Казанцев П.Ю. Исследование технологий воздействия гидроразрывом пласта на поздней стадии разработки месторождений. Автореф. на соиск. уч. степ. канд. тех. наук, Тюмень, 2004. 25с.
2. Каневская Р.Д. Математическое моделирование разработки месторождений нефти и газа с применением гидравлического разрыва пласта. М.: Недра. 1999. 213 с.
3. Каневская Р.Д. Математическое моделирование гидродинамических процессов разработки месторождений углеводородов. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003, 128 с.
4. Лифанов И.К. Метод сингулярных интегральных уравнений и численный эксперимент. М.: ТОО «Янус», 1995, 520 с.

5. Пивень В.Ф. Математическое моделирование двумерных задач гидродинамики в неоднородных слоях. Докт. дисс. Орёл, Орловский гос. ун-т, 1998, 266с.
6. Пивень В.Ф. Интегральное уравнение граничной задачи сопряжения фильтрационных течений в неоднородной среде. Труды IX международного симпозиума «МДОЗМФ-2000». Орёл, 2000.С.343–348.
7. Пивень В.Ф., Фролов М.А. Исследование дебита скважины в пласте грунта с трещинами (завесами) // Труды IV Международного симпозиума «МДОЗМФ-2009» 2009. Ч. 2. С. 137–140.
8. Пивень В.Ф., Фролов М.А. Исследование влияния на дебит скважины размеров полупроницаемой трещины (завесы) в пласте грунта // Ученые записки Орловского государственного университета, №2, 2010 Орел: Изд-во ГОУ ВПО «Орловский государственный университет», 2010, С.56 -63

*M.A. FROLOV*

**EFFECT ON A YIELD OF A CHINK OF THE DIMENSIONS OF A SEMIPERMEABLE CRACK (SCREEN) IN A LAYER OF A GROUND WITH A CIRCULAR CONTOUR POWER**

*The parallel plate boundary problem about a yield of a chink is put at presence of semipermeable cracks (curtains) in a layer. As against known examinations where limitations on the form of borders, geometrical dimensions of a crack and her orientation overlap, the problem is solved numerically by a method of discrete singularities that allows to model a crack (screen) the arbitrary sleek and piecewise smooth borders and to have them voluntary*

*Key words: a yield of a chink, a semipermeable crack (screen), a pressure parting of a layer, a numerical solution of a problem.*





**С.И. МАТЮХИН**

доктор физико-математических наук, декан  
естественнонаучного факультета Госунивер-  
ситета – УНПК

E-mail: sim1@mail.ru

Тел. (4862) 41 98 81

**Г.Р. МАКУЛЕВСКИЙ**

аспирант Госуниверситета – УНПК

E-mail: maggadr@gmail.com

Тел. (4862) 41 98 89

**Д.О. МАЛЫЙ**

инженер-исследователь Лаборатории приборно-  
технологического моделирования микро- и  
нано электроники Госуниверситета – УНПК

E-mail: bloodymc@mail.ru

Тел. (4862) 41 98 89

## ЗАВИСИМОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ДГС РО ЛАЗЕРА НА ОСНОВЕ AlGaAs ОТ ШИРИНЫ ВОЛНОВОДА

*Методами компьютерного моделирования в пакете программ Sentaurus TCAD компании Synopsys исследована зависимость вольт-амперной (ВАХ) и ватт-амперной (ВтАХ) характеристик полупроводникового AlGaAs лазера с двойной гетероструктурой и отдельным ограничением (ДГС РО) от ширины волновода. Изучено влияние этого параметра на коэффициент полезного действия (КПД) лазерного диода и вертикальную расходимость лазерного излучения. Показано, что при заданной длине волны излучения существуют оптимальные значения ширины волновода, при которых пороговый ток лазерной генерации будет минимальным, а КПД лазера – максимальным.*

*Ключевые слова:* полупроводниковый лазер на основе AlGaAs, двойная гетероструктура, отдельное ограничение, вольт-амперная характеристика, ватт-амперная характеристика, коэффициент полезного действия; ширина волновода, компьютерное моделирование, Sentaurus TCAD.

### 1. Введение

В настоящее время полупроводниковые лазеры широко используются в устройствах чтения и записи компакт-дисков (CD, DVD), телекоммуникации, в системах прецизионного измерения перемещений и спектроскопии высокого разрешения, для накачки твердотельных лазеров, а также в областях, связанных с обработкой материалов (резка, микросварка), и в медицине (лазерная хирургия, дерматология). При этом, начиная с 1990 г., практически все промышленные образцы полупроводниковых лазеров, по сути, являются инжекционными лазерами с двойной гетероструктурой и отдельным ограничением (ДГС РО) [1, 2].

Благодаря относительной простоте и отработанности технологии изготовления наибольшее распространение получили ДГС РО лазеры на основе GaAs, в которых в качестве широкозонных полупроводников используются твердые растворы AlGaAs. Достижение пороговой плотности тока таких лазеров менее  $1 \text{ кА/см}^2$  при комнатной температуре открыло обширные перспективы их практического применения и послужило поворотным моментом в

их производстве. Однако дальнейшее продвижение в этом направлении существенно осложняется проблемами, связанными с оптимизацией конструкции лазерных диодов и, в частности, с выбором ширины их активной и волноводной областей и значений мольной концентрации алюминия в этих областях для диодов, работающих на заданной длине волны лазерного излучения  $\lambda$ .

В наших предыдущих работах [3, 4] было исследовано влияние мольной концентрации алюминия в активной и волноводной областях лазерного диода на основе AlGaAs на его спектральные характеристики и изучена зависимость ключевых характеристик этого диода – ВАХ, ВтАХ, КПД, порогового тока, вертикальной расходимости излучения от ширины его активной области. В настоящей работе исследована зависимость этих характеристик от ширины волновода.

Эта задача решена путём компьютерного (имитационного) моделирования полупроводникового лазера на основе AlGaAs в пакете программ приборно-технологического моделирования Sentaurus TCAD компании Synopsys [5]. В ходе



проведенного моделирования было показано, что при заданной длине волны излучения существуют оптимальные значения ширины волновода, при которых пороговый ток лазерной генерации будет минимальным, а КПД лазера – максимальным.

### 2. Методика компьютерного моделирования

В качестве прототипа для моделирования и прибора, предназначенного для калибровки компьютерной модели, был выбран мощный лазерный диод на основе двойной гетероструктуры AlGaAs/GaAs, излучающий на длине волны 808 нм. Такие лазеры, а также линейки и решетки на их основе производятся в ФГУП НИИ «Полюс» им. М.Ф. Стельмаха (г. Москва) [6, 7] и широко используются для накачки твердотельных неодимовых лазеров, а также волоконных усилителей.

Стандартная структура лазерных диодов, которая обеспечивает уверенное получение приборов указанного спектрального класса, описана в таблице 1 [7]. На основе этой структуры обычно изготавливаются чипы многомодовых лазеров, работающих в непрерывном режиме, с полосково-выми контактами, сформированными мелким травлением. Ширина полоска  $W$ , как правило, равна 100 мкм, длина резонатора  $L$  лазеров обычно выбирается равной 1000 мкм.

Таблица 1.

Стандартная структура ДГС РО лазера на основе AlGaAs

Номер слоя	Слой	Состав	Уровень легирования, см <sup>-3</sup>	Толщина, мкм
1	<i>n</i> -подложка	<i>n</i> -GaAs (100)	2·10 <sup>18</sup>	350
2	<i>n</i> -буфер	<i>n</i> -GaAs	1·10 <sup>18</sup>	0.4
3	<i>n</i> -эмиттер	A <sub>10.5</sub> Ga <sub>0.5</sub> As	8·10 <sup>17</sup>	1.6
4	волновод	A <sub>10.33</sub> Ga <sub>0.67</sub> As	не легирован (n ≈ 10 <sup>15</sup> см <sup>-3</sup> )	0.2
5	активная область (КЯ)	A <sub>10.08</sub> Ga <sub>0.92</sub> As	не легирован (n ≈ 10 <sup>15</sup> см <sup>-3</sup> )	0.012
6	волновод	A <sub>10.33</sub> Ga <sub>0.67</sub> As	не легирован (n ≈ 10 <sup>15</sup> см <sup>-3</sup> )	0.2
7	<i>p</i> -эмиттер	A <sub>10.5</sub> Ga <sub>0.5</sub> As	8·10 <sup>17</sup>	1.6
8	контактный <i>p</i> -слой	<i>p</i> -GaAs	4·10 <sup>19</sup>	0.5

Моделирование структуры описанного диода осуществлялось при помощи программы Mdraw, а его электрофизических характеристик – при помощи программы Dessis пакета Sentaurus TCAD компании Synopsys. Коэффициенты отражения граней резонатора выбирались равными 0.05 и 0.95; температура лазерного диода считалась равной 300 К. Для сокращения времени численного счета контактный *p*-слой, *n*-буфер и *n*-подложка заменялись эквивалентными сопротивлениями.

Для лазеров указанного типа длина волны лазерного излучения  $\lambda = 808$  нм, пороговое напряжение  $U_T = 1.56–1.6$  В, дифференциальное сопротивление  $r = 50 – 80$  мОм, пороговый ток  $I_{th} = 290 – 360$  мА, наклон ВтАХ  $S = 1.15 – 1.25$  Вт/А, вертикальная расходимость излучения в области дальнего поля  $\Theta_{\perp} = 42^{\circ}$  [6, 7]. Калибровка компьютерной модели позволила получить следующие значения этих величин при моделировании в Sentaurus TCAD:  $\lambda^0 = 808.2$  нм,  $U_{T0} = 1.61$  В,  $r_0 = 77$  мОм,  $I_{th}^0 = 308$  мА,  $S_0 = 1.25$  Вт/А,  $\Theta_{\perp 0} = 40^{\circ}$ .

В ходе проведенного моделирования изучалась зависимость  $U_T$ ,  $r$ ,  $I_{th}$ ,  $S$ , КПД лазера  $\eta$ , равного отношению мощности лазерного излучения к электрической мощности, а также вертикальной расходимости  $\Theta_{\perp}$  лазерного излучения от ширины волновода  $d_w$ .

### 3. Результаты моделирования и их обсуждение

Результаты исследования зависимости порогового напряжения  $U_T$  и дифференциального сопротивления  $r$  лазерного диода от ширины волновода  $d_w$ , полученные при ширине активной области  $d_a$ , равной 12 и 15 нм, представлены на рис. 1 и 2. Как показывают эти рисунки, изменение ширины волновода, как и следовало ожидать, практически не меняет  $U_T$  и  $r$ : при разумных значениях ширины  $d_w \gg d_a$   $U_T/U_{T0} \sim 0.97 \div 1.02$ , а  $r/r_0 \sim 1$ . В то же время увеличение относительно стандартного значения  $= 0.412$  мкм (таблица 1) приводит к росту порогового тока  $I_{th}$  (рис. 3) и к падению наклона ВтАХ  $S$  (рис. 4).

Такое поведение функций  $I_{th}(d_w)$  и  $S(d_w)$  связано с уменьшением коэффициента оптического ограничения  $\Gamma$  и приводит к монотонному падению коэффициента полезного действия  $\eta$  при увеличении ширины волновода  $d_w$  (рис. 5). При этом обусловленная дифракцией вертикальная расходимость лазерного излучения  $\Theta_{\perp}$  также падает (рис. 6).

Наиболее интересной областью изменения функции  $I_{th}(d_w)$ , на наш взгляд, является область значений  $d_w < d_w^0$ . Как показывает рисунок 3, в этой области функция  $I_{th}(d_w)$  достигает своего минимального значения, а затем растет при уменьшении ширины волновода  $d_w$ . Такое поведение порогового тока  $I_{th}$  приводит к появлению максимума на кривой зависимости КПД лазерного диода  $\eta$  от  $d_w$  (рис. 5), что сопровождается заметным уменьшением вертикальной расходимости лазерного излучения  $\Theta_{\perp}$  (рисунок 6). При этом КПД лазерных диодов с шириной активной области  $d_a = 15$  нм оказывается выше КПД стандартных диодов с  $d_a = 12$  нм (рисунок 5), что согласуется с результатами работы [4].

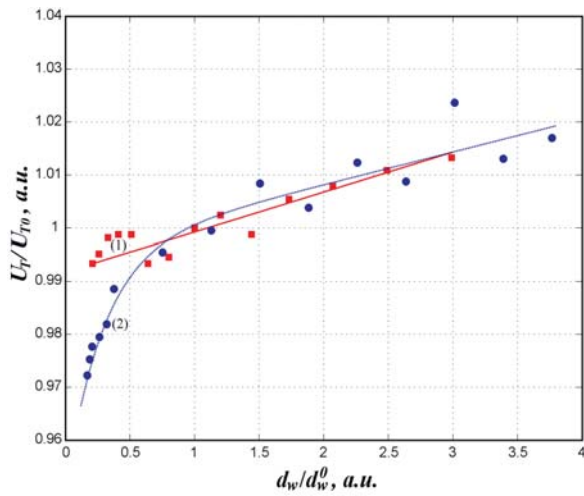


Рис. 1. Пороговое напряжение ДГС РО лазера на основе AlGaAs в зависимости от ширины волновода  $d_w$  :  
 1 – при ширине активной области  $d_a = 12$  нм;  
 2 – при ширине активной области  $d_a = 15$  нм.

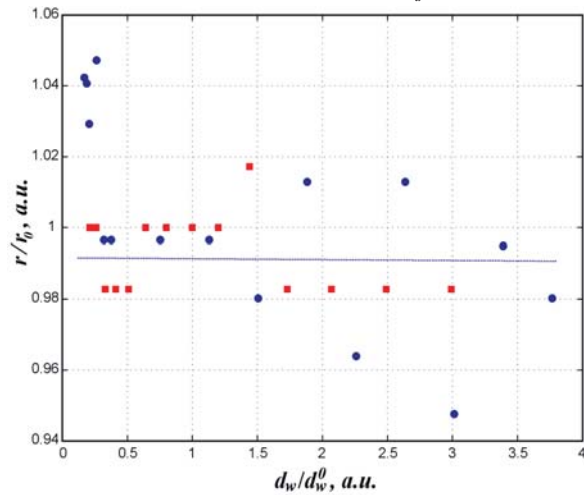


Рис. 2. Дифференциальное сопротивление ДГС РО лазера на основе AlGaAs в зависимости от ширины волновода  $d_w$ .

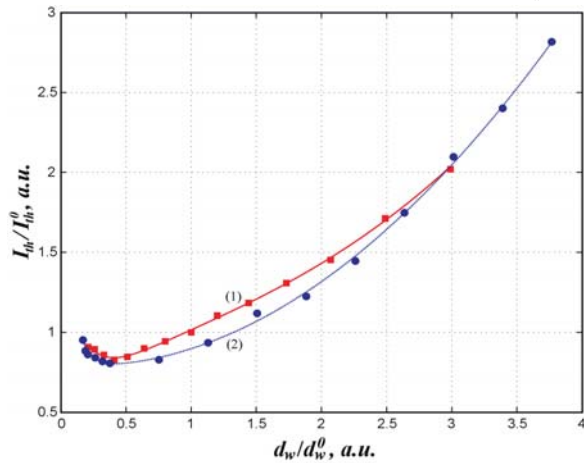


Рис. 3. Пороговый ток ДГС РО лазера на основе AlGaAs в зависимости от ширины волновода  $d_w$  :  
 1 – при ширине активной области  $d_a = 12$  нм;  
 2 – при ширине активной области  $d_a = 15$  нм.

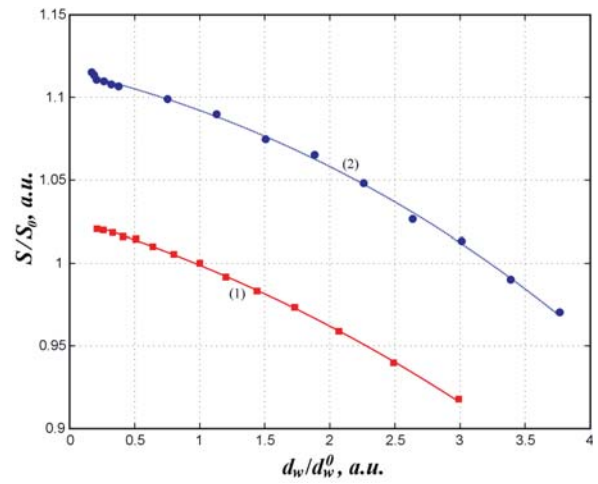


Рис. 4. Наклон ВТАХ ДГС РО лазера на основе AlGaAs в зависимости от ширины волновода  $d_w$  :  
 1 – при ширине активной области  $d_a = 12$  нм;  
 2 – при ширине активной области  $d_a = 15$  нм.

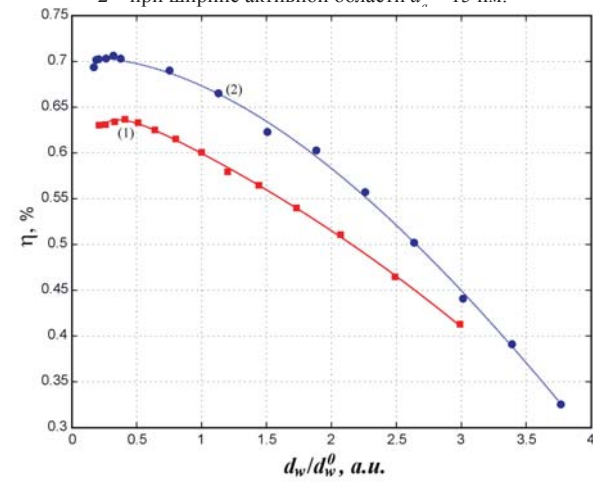


Рис. 5. КПД полупроводникового ДГС РО лазера на основе AlGaAs в зависимости от ширины волновода  $d_w$  :  
 1 – при ширине активной области  $d_a = 12$  нм;  
 2 – при ширине активной области  $d_a = 15$  нм.

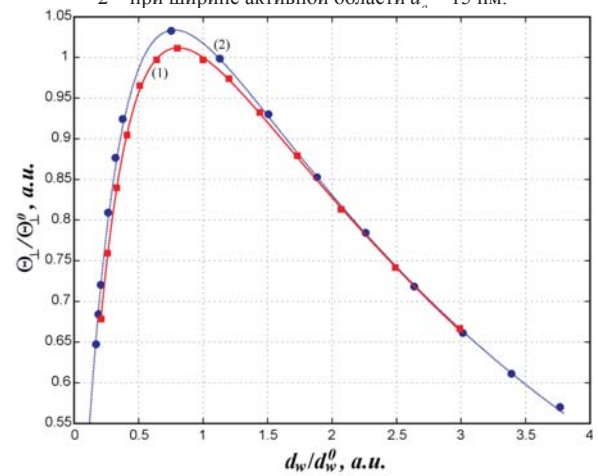


Рис. 6. Вертикальная расходимость излучения ДГС РО лазера на основе AlGaAs в зависимости от ширины волновода  $d_w$  :  
 1 – при ширине активной области  $d_a = 12$  нм;  
 2 – при ширине активной области  $d_a = 15$  нм.

#### 4. Заключение

Как показывают полученные в ходе проведенного моделирования результаты, для ДГС РО лазеров на основе AlGaAs, излучающих на заданной длине волны  $\lambda$ , существуют значения ширины волновода, оптимальные с точки зрения понижения порогового тока лазерной генерации и повышения КПД лазерных диодов. В частности, для лазеров с квантоворазмерной активной областью, работающих на длине волны  $\lambda = 808$  нм, оптимальной шириной волновода является величина  $d_w \approx 0.4 d_w \approx 0,165$  мкм, при которой пороговый ток лазерной генерации достигает своего минимального значения (рисунок 3).

При такой ширине волновода полупроводниковые лазеры, изготавливаемые по стандартной технологии [6], будут обладать максимально возможным КПД (рис. 5) при низкой вертикальной расходимости излучения в области дальнего поля (рис. 6). При этом, как показывают результаты моделирования, увеличению КПД лазерных диодов, излучающих на той же длине волны  $\lambda = 808$  нм, будет способствовать увеличение ширины их активной области до величины  $d_a = 15$  нм (рис. 5).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Орловской области. Грант №12-02-97512.

#### Библиографический список

1. *Alferov Zh.I.* The Double Heterostructure Concept and Its Applications in Physics, Electronics, and Technology. Rev. Mod. Phys. 2001. V.73. No.3. P.767-782.
2. *Елисеев П.Г.* Полупроводниковые лазеры – от гомопереходов до квантовых точек. Квантовая электроника. 2002. Т.32. С.1085-1098.
3. *Матюхин С.И.* Длина волны полупроводникового ДГС РО лазера на основе AlGaAs с квантоворазмерной активной областью. Ученые записки Орловского государственного университета. 2011. №3 (41). С.74-83.
4. *Матюхин С.И.* Зависимость характеристик полупроводникового ДГС РО лазера на основе AlGaAs от ширины квантоворазмерной активной области. Наноинженерия. 2012. №5. С.14-17.
5. Sentaurus TCAD User Guide, – Synopsys, 2005 [Электронный ресурс. Доступ: <http://www.synopsys.com/Tools/TCAD/Pages/default.aspx>].
6. *Андреев А.Ю.* Мощные лазеры ( $\lambda = 808 - 850$  нм) на основе асимметричной гетероструктуры раздельного ограничения. А.Ю. Андреев, А.Ю. Лешко, А.В. Лютецкий и др. ФТП. 2006. Т.40. Вып.5. С.628-632.
7. *Андреев А.Ю.* Мощные лазеры ( $\lambda = 808$  нм) на основе гетероструктур раздельного ограничения AlGaAs/GaAs. А.Ю. Андреев, С.А. Зорина, А.Ю. Лешко, А.В. Лютецкий и др. ФТП. 2009. Т.43. Вып.4. С.543-547.

S.I. MATYUKHIN, G.R. MAKULEVSKIY, D.O. MALYI

#### INFLUENCE OF THE WAVEGUIDE WIDTH ON CHARACTERISTICS OF ALGAAS SEMICONDUCTOR LASER WITH SEPARATE CONFINEMENT HETEROSTRUCTURES

*I-V- and light-current-curves of an AlGaAs semiconductor laser with separate confinement heterostructures (SCH) as functions of the waveguide widths are investigated by the methods of computer simulation in the Synopsys' Sentaurus TCAD software. Influence of these parameter on optical efficiency of the laser and vertical divergence of laser radiation is studied. It's shown that at the set wavelength there are optimal value of the waveguide width when the threshold current of lasing is minimal and the optical efficiency is maximal.*

*Key words:* semiconductor laser on the base of AlGaAs, double heterostructure, separate confinement, I-V-curve; light-current-curve, optical efficiency, radiation wavelength, waveguide width, computer simulation, Sentaurus TCAD.

**В.Ф. ПИВЕНЬ**

доктор физико-математических наук, профессор, зав.кафедрой теоретической физики и математического моделирования Орловского государственного университета

E-mail: oryol@au.ru

Тел. (4862) 74 79 11

**О.В. КОСТИН**

аспирант кафедры теоретической физики и математического моделирования Орловского государственного университета

E-mail: coldmind2006@yandex.ru

Тел. 8 953 612 56 56

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ЗАДАЧИ ЭВОЛЮЦИИ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА ЖИДКОСТЕЙ В АНИЗОТРОПНОЙ ОДНОРОДНОЙ ПОРИСТОЙ СРЕДЕ

*Ставится плоскопараллельная задача эволюции границы раздела жидкостей различных вязкостей в анизотропном однородном слое пористой среды. Эта задача исследуется в случае работы одиночной эксплуатационной скважины.*

*Ключевые слова:* математическое моделирование, плоскопараллельная фильтрация, анизотропная пористая среда.

### 1. Постановка задачи

Плоскопараллельная стационарная фильтрация несжимаемой жидкости в недеформируемом анизотропном однородном слое пористой среды (грунте) постоянной толщины с тензором проницаемости  $K = K_{ij}$ ,  $i, j = 1, 2$  может быть описана обобщённым потенциалом  $\varphi$  и функцией тока  $\psi$ . Эти функции зависят от декартовых координат  $x, y$ , времени  $t$  ( $t$  – параметр) и удовлетворяют всюду в области фильтрации  $D$  (за исключением особых точек течения) системе уравнений [1]:

$$\begin{aligned} K_{11} \frac{\partial \varphi}{\partial x} + K_{12} \frac{\partial \varphi}{\partial y} &= \frac{\partial \psi}{\partial y}, \\ K_{21} \frac{\partial \varphi}{\partial x} + K_{22} \frac{\partial \varphi}{\partial y} &= -\frac{\partial \psi}{\partial x}. \end{aligned} \quad (1.1)$$

Здесь  $\varphi = -(p + \rho\Pi)/\mu$  ( $p$  – давление,  $\mu$  и  $\rho$  – динамическая вязкость и плотность жидкости,  $\Pi$  – потенциал массовой силы). Компоненты тензора проницаемости слоя  $K_{ij}$ ,  $i, j = 1, 2$  – постоянные величины.

Уравнения (1.1) записаны в безразмерных величинах. Система уравнений (1.1) относится к эллиптическому типу, если компоненты тензора проницаемости удовлетворяют условиям

$$\begin{aligned} K_{11} &> 0, \\ |K_s| &= K_{11}K_{22} - \left(\frac{K_{12} + K_{21}}{2}\right)^2 > 0, \end{aligned} \quad (1.2)$$

где  $|K_s|$  – определитель симметричной части тензора  $K$ .

Поставим двумерную задачу эволюции границы раздела жидкостей  $\Gamma_t$  на комплексной плоскости  $z = x + iy$  (физической плоскости). Граница  $\Gamma_t$  делит область фильтрации  $D$  на части  $D_1$  и  $D_2$  ( $D = D_1 \cup D_2$ ). Пусть в области  $D_1$  движется жидкость постоянной вязкости  $\mu_1$  и плотности  $\rho_1$ , а в области  $D_2$  – вязкости  $\mu_2$  и плотности  $\rho_2$ . Считаем, что при движении одна жидкость полностью замещает другую (модель «поршневого» вытеснения). Течение жидкости в области  $D$  описывает обобщённый потенциал  $\varphi(z, t)$  и функция тока  $\psi(z, t)$ , которые удовлетворяют системе уравнений (1.1).

Считаем, что на границе раздела жидкостей  $\Gamma_t$  капиллярные силы пренебрежимо малы. Тогда условия непрерывности давления и расхода жидкости на этой границе примут вид [1]:

$$\begin{aligned} \mu_1 \varphi^+(z, t) - \mu_2 \varphi^-(z, t) &= \\ &= (\rho_2 - \rho_1) \Pi(z, t), \\ \psi^+(z, t) &= \psi^-(z, t), \quad z \in \Gamma_t. \end{aligned} \quad (1.3)$$

Здесь и далее «+» («–») обозначают предельные значения функций при подходе к границе  $\Gamma_t$  со стороны (противоположной стороны) орта нормали  $\vec{n}$  (орт  $\vec{n}$  направлен внутрь области  $D_1$ ).

Положение границы  $\Gamma_t$  в плоскости  $z$  в любой момент времени  $t > 0$  задаём параметрическим уравнением ( $S$  – параметр)



$$\begin{aligned} z &= z(t, s) \quad (x = x(t, s), \\ y &= y(t, s)), \quad z \in \Gamma_t. \end{aligned} \quad (1.4)$$

В начальный момент времени  $t = 0$  положение границы  $\Gamma_t$  известно

$$\begin{aligned} z_0 &= z(0, s) \quad (x_0 = x(0, s), \\ y_0 &= y(0, s)), \quad z_0 \in \Gamma_0. \end{aligned} \quad (1.5)$$

Дифференциальное уравнение движения границы  $\Gamma_t$  имеет вид [1]

$$\frac{dz}{dt} = \frac{v^+(z, t) + v^-(z, t)}{2}, \quad z \in \Gamma_t. \quad (1.6)$$

Здесь  $v^\pm(z, t)$  – предельные значения комплексной скорости фильтрации  $v(z, t) = v_x(x, y, t) + i v_y(x, y, t)$ . Компоненты скорости фильтрации  $v_x$  и  $v_y$  определяют первое и второе уравнения (1.1) соответственно.

Задача эволюции границы  $\Gamma_t$  ставится в плоскости  $z$  следующим образом. Задано положение границы  $\Gamma_0$ , потенциал массовой силы  $\Pi(z, t)$ , вязкости  $\mu_1, \mu_2$  и плотности  $\rho_1, \rho_2$  жидкостей, тензор проницаемости  $K$ . Необходимо найти положение границы  $\Gamma_t$  (1.5) при  $t > 0$ . Решение задачи состоит в интегрировании системы уравнений (1.1), (1.6) при условиях (1.3) и (1.5).

Поставленная задача эволюции границы раздела жидкостей решается на вспомогательной плоскости  $\zeta = \xi + i\eta$  согласно методу, приведённому в статье [3].

На плоскости  $\zeta$  течение происходит в области  $D'$  ( $D = D_1 \cup D_2$ ) и характеризуется  $\varphi(\zeta, t)$  обобщённым потенциалом и функцией тока  $\psi(\zeta, t)$ . Область  $D'$  связана с областью  $D$  гомеоморфным (взаимно однозначным и непрерывным) преобразованием [1]

$$\zeta = z + \kappa \bar{z} \quad \left( z = \frac{\zeta - \kappa \bar{\zeta}}{1 - |\kappa|^2} \right) \quad (1.7)$$

Здесь  $\kappa = [K_{22} - K_{11} - i(K_{12} + K_{21})] / (K_{22} + K_{11} + 2\sqrt{|K_s|})$  – комплексная константа. Из условий (1.2) следует, что  $|\kappa| < 1$ .

Преобразование (1.7) аффинное. Оно характеризуется постоянным положительно-определённым якобианом  $J = |\partial\zeta/\partial z|^2 - |\partial\zeta/\partial \bar{z}|^2 = 1 - |\kappa|^2 > 0$  и преобразует гомеоморфно плоскости  $z$  и  $\zeta$ , оставляя

начало координат и бесконечно удалённую точку этих плоскостей неподвижными.

На вспомогательной плоскости  $\zeta$  уравнения (1.1) принимают канонический вид:

$$\begin{aligned} \sqrt{|K_s|} \frac{\partial\varphi}{\partial\xi} + \sqrt{|K_a|} \frac{\partial\varphi}{\partial\eta} &= \frac{\partial\psi}{\partial\eta}, \\ -\sqrt{|K_a|} \frac{\partial\varphi}{\partial\xi} + \sqrt{|K_s|} \frac{\partial\varphi}{\partial\eta} &= -\frac{\partial\psi}{\partial\xi}. \end{aligned} \quad (1.8)$$

Здесь  $|K_a| = [(K_{12} - K_{21})/2]^2$  – определитель антисимметричной части тензора проницаемости  $K$ . Первое и второе уравнение системы (1.8) определяют  $v_\xi$  и  $v_\eta$  компоненты вектора скорости фильтрации

$v(\zeta, t) = v_\xi(\xi, \eta, t) + i v_\eta(\xi, \eta, t)$  в плоскости  $\zeta$ .

Система уравнений (1.8) относится к эллиптической системе уравнений, если  $\sqrt{|K_s|} > 0$ ,  $|K_s| + |K_a| = |K| > 0$  ( $|K|$  – определитель тензора  $K$ ). При этом  $\sqrt{|K_a|} = (K_{12} - K_{21})/2$  может принимать как положительные (при  $K_{12} > K_{21}$ ), так и отрицательные (при  $K_{12} < K_{21}$ ) значения.

Используя гомеоморфизм (1.7), запишем условия (1.3) – (1.5) в плоскости  $\zeta$ :

$$\begin{aligned} \mu_1 \varphi^+(\zeta, t) - \mu_2 \varphi^-(\zeta, t) &= (\rho_2 - \rho_1) \Pi(\zeta, t), \\ \psi^+(\zeta, t) &= \psi^-(\zeta, t), \quad \zeta \in \Gamma'_t, \end{aligned} \quad (1.9)$$

$$\begin{aligned} \zeta &= \zeta(t, s) \quad (\xi = \xi(t, s), \\ \eta &= \eta(t, s)), \quad \zeta \in \Gamma'_t, \end{aligned} \quad (1.10)$$

$$\begin{aligned} \zeta_0 &= \zeta(0, s) \quad (\xi_0 = \xi(0, s), \\ \eta_0 &= \eta(0, s)), \quad \zeta_0 \in \Gamma'_0. \end{aligned} \quad (1.11)$$

где  $\Gamma'_t$  и  $\Gamma'_0$  – образы границ  $\Gamma_t$  и  $\Gamma_0$ .

Дифференциальное уравнение (1.6) в плоскости  $\zeta$  примет вид [1]

$$\frac{d\zeta}{dt} = (1 - |\kappa|^2) \frac{v^+(\zeta, t) + v^-(\zeta, t)}{2}, \quad \zeta \in \Gamma'_t \quad (1.12)$$

Здесь  $v^\pm(\zeta, t)$  – предельные значения комплексной скорости фильтрации  $v(\zeta, t)$ , которую согласно уравнениям (1.8) запишем в виде



$$\begin{aligned} \nu(\zeta, t) &= 2\left[\sqrt{|K_s|} - i\sqrt{|K_a|}\right] \frac{\partial \varphi(\zeta, t)}{\partial \bar{\zeta}} = \\ &= -2i \frac{\partial \psi(\zeta, t)}{\partial \bar{\zeta}}, \end{aligned} \quad (1.13)$$

где  $2\partial/\partial \bar{\zeta} = \partial/\partial \xi + i\partial/\partial \eta$ .

Введём в плоскости  $\zeta$  комплексный потенциал

$$W(\zeta, t) = \varphi(\zeta, t) + i \frac{\psi(\zeta, t)}{P}, \quad (1.14)$$

где  $P = \sqrt{|K_s|} - i\sqrt{|K_a|}$  – проводимость анизотропного слоя. Комплексный потенциал  $W(\zeta, t)$  – аналитическая функция в области  $D'$  плоскости  $\zeta$  за исключением его особых точек.

Учтём особые точки течения и представим комплексный потенциал (1.14) в виде

$$W(\zeta, t) = W_0(\zeta, t) + W_*(\zeta, t) \quad (1.15)$$

Здесь  $W_0(\zeta, t) = \varphi_0(\zeta, t) + i\psi_0(\zeta, t)/P$  – заданный комплексный потенциал, описывающий на всей плоскости  $\zeta$  течение жидкости вязкости  $\mu = 1$  и плотности  $\rho = 1$  в слое проводимости  $P$ ,  $W_*(\zeta, t) = \varphi_*(\zeta, t) + i\psi_*(\zeta, t)/P$  – комплексный потенциал возмущений, обусловленных различием физических свойств жидкостей. Источники (стоки) течения моделируют изолированными особыми точками  $W_0(\zeta, t)$ , которые располагаются произвольно в плоскости  $\zeta$  и могут включать бесконечно удалённую точку этой плоскости [2].

Используя формулу (1.15), запишем условия (1.9) для функций  $\varphi_*(\zeta, t)$ ,  $\psi_*(\zeta, t)$ . Учитывая, что предельные значения  $\varphi_0^\pm(\zeta, t) \equiv \varphi_0(\zeta, t)$ ,  $\psi_0^\pm(\zeta, t) \equiv \psi_0(\zeta, t)$ ,  $\zeta \in \Gamma'_t$ , имеем:

$$\begin{aligned} &\mu_1 \varphi_*^+(\zeta, t) - \mu_2 \varphi_*^-(\zeta, t) = \\ &= (\mu_2 - \mu_1) \varphi_0(\zeta, t) + (\rho_2 - \rho_1) \Pi(\zeta, t), \quad (1.16) \\ &\psi_*^+(\zeta, t) = \psi_*^-(\zeta, t), \quad \zeta \in \Gamma'_t. \end{aligned}$$

Для возмущений обобщённый потенциал терпит разрыв, а функция тока непрерывна на  $\Gamma'_t$ .

Если область  $D'$  имеет бесконечно удалённую точку, то комплексный потенциал возмущений  $W_*(\zeta, t)$  не содержит там особых точек (заданные особые точки течения входят в комплексный потенциал  $W_0(\zeta, t)$ ). Поэтому для обобщённого потенциала  $\varphi_*(\zeta, t)$  потребуем выполнение условий

регулярности [1]:

$$\begin{aligned} \varphi_*(\zeta, t) &= O(|\zeta|^{-1}), \quad |P\nabla \varphi_*(\zeta, t)| = O(|\zeta|^{-2}) \\ &\text{при } |\zeta| \rightarrow \infty. \end{aligned} \quad (1.17)$$

Представим скорость  $\nu(\zeta, t)$  согласно (1.15) в виде

$$\nu(\zeta, t) = \nu_0(\zeta, t) + \nu_*(\zeta, t), \quad (1.18)$$

где  $\nu_0(\zeta, t)$  и  $\nu_*(\zeta, t)$  выражаются через функции  $\varphi_0(\zeta, t)$ ,  $\psi_0(\zeta, t)$  и  $\varphi_*(\zeta, t)$ ,  $\psi_*(\zeta, t)$  по формуле (1.13). Тогда учитывая, что предельные значения  $\nu_0^\pm(\zeta, t) \equiv \nu_0(\zeta, t)$ ,  $\zeta \in \Gamma'_t$ , уравнение (1.12) запишем в виде

$$\begin{aligned} \frac{d\zeta}{dt} &= (1 - |\kappa|^2) \left( \nu_0(\zeta, t) + \frac{\nu_*^+(\zeta, t) + \nu_*^-(\zeta, t)}{2} \right), \\ &\zeta \in \Gamma'_t. \end{aligned} \quad (1.19)$$

Исследование задачи эволюции границы раздела жидкостей сводится в плоскости  $\zeta$  к интегрированию дифференциального уравнения движения границы (1.19) с начальным условием (1.11). При этом для нахождения скорости возмущения необходимо отыскать комплексный потенциал возмущений  $W_*(\zeta, t)$  (функции  $\varphi_*(\zeta, t)$ ,  $\psi_*(\zeta, t)$ ), который удовлетворяет уравнениям (1.8) и условиям (1.16), (1.17). По найденному уравнению границы (1.10) в плоскости  $\zeta$  определяем её положение при  $t > 0$  в физической плоскости  $z$ , используя преобразование (1.7).

Силы гидродинамического давления гораздо больше массовых сил ( $|\nabla P| \gg \rho, |\nabla \Pi|, \nu = 1, 2$ ), то есть в условии (1.16) можно положить  $(\rho_2 - \rho_1) \Pi(\zeta, t) = 0$

## 2. Сведение задачи к решению системы уравнений

Полагаем, что в каждый момент времени  $t \geq 0$  граница раздела жидкостей  $\Gamma_t$  является простой (без самопересечений) гладкой кривой. Следуя [1], на плоскости  $\zeta$  комплексный потенциал возмущений  $W_*$ , как аналитическую функцию в области  $D'$ , представим интегралом типа Коши по гладкой кривой  $\Gamma'_t$ :

$$W_*(\zeta, t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\Gamma'_t} \frac{f(\tau, t)}{\tau - \zeta} d\tau, \quad \zeta \in D', \quad (2.1)$$

где  $f(\tau, t)$  – вещественная непрерывная на  $\Gamma'_t$

функция. Продолжив непрерывно комплексный потенциал (2.1) на кривую  $\Gamma'_i$  получим его предельные значения:

$$W_*^\pm(\zeta, t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\Gamma'_i} \frac{f(\tau, t)}{\tau - \zeta} d\tau \pm \frac{f(\zeta, t)}{2}, \quad \zeta \in \Gamma'_i, \quad (2.2)$$

где интеграл понимается в смысле главного значения по Коши.

Функция (2.1) удовлетворяет условию в бесконечности (1.17). Подставив предельные значения (2.2) в граничные условия (1.16), получим, что второе из условий выполняется, а из первого имеем интегральное уравнение для функции  $f(\zeta, t)$

$$f(\zeta, t) - \frac{\lambda}{\pi} \int_{\Gamma'_i} f(\tau, t) \Omega(\tau, \zeta) d\ell_\tau = 2\lambda \varphi_0(\zeta, t), \quad (2.3)$$

$$\zeta \in \Gamma'_i,$$

$$\text{где } \Omega(\tau, \zeta) = \frac{\partial}{\partial \ell_\tau} \left[ \arg(\tau - \zeta) - \sqrt{|K_a|/|K_s|} \ln|\tau - \zeta| \right],$$

$$\lambda = (\mu_2 - \mu_1)/(\mu_2 + \mu_1), \quad \lambda \in (-1, 1).$$

Используя формулу

$$\begin{aligned} v(\zeta, t) &= 2 \left[ \sqrt{|K_s|} - i\sqrt{|K_a|} \right] \frac{\partial \varphi(\zeta, t)}{\partial \bar{\zeta}} = \\ &= -2i \frac{\partial \psi(\zeta, t)}{\partial \bar{\zeta}}, \end{aligned} \quad (2.4)$$

где  $2\partial/\partial \bar{\zeta} = \partial/\partial \xi + i\partial/\partial \eta$  и выражение (2.1), находим предельные значения сопряжённой скорости возмущений [1]

$$\bar{v}_*^\pm(\zeta, t) = \frac{|K|}{\sqrt{|K_s|}} \left[ \frac{1}{2\pi i} \int_{\Gamma'_i} \frac{\partial f(\tau, t)}{\partial \tau} \frac{d\tau}{\tau - \zeta} \pm \frac{\partial f(\zeta, t)}{\partial \zeta} \right], \quad (2.5)$$

$$\zeta \in \Gamma'_i$$

Дифференциальное уравнение движения границы  $\Gamma'_i$ , сопряжённое уравнению (1.7), примет вид

$$\frac{d\bar{\zeta}}{dt} = (1 - |\kappa|^2) \left[ \bar{v}_0(\zeta, t) + \frac{|K|}{2\pi\sqrt{|K_s|}} \int_{\Gamma'_i} \frac{\partial f(\tau, t)}{\partial \tau} \frac{d\tau}{\tau - \zeta} \right], \quad (2.6)$$

$$\zeta \in \Gamma'_i.$$

Из уравнения (2.6) следуют два дифференциальных вещественных уравнения движения границы  $\Gamma'_i$  на вспомогательной плоскости  $\zeta$ :

$$\begin{aligned} \frac{d\xi}{dt} &= (1 - |\kappa|^2) v_{0\xi} + \\ &+ (1 - |\kappa|^2) \frac{|K|}{2\pi\sqrt{|K_s|}} \int_{\Gamma'_i} \frac{\partial f(\tau, t)}{\partial \ell_\tau} \left[ \frac{\partial \arg(\tau - \zeta)}{\partial \ell_\tau} \cos \alpha - \right. \\ &\quad \left. - \frac{\partial \ln|\tau - \zeta|}{\partial \ell_\tau} \sin \alpha \right] d\ell_\tau, \end{aligned} \quad (2.7)$$

$$\begin{aligned} \frac{d\eta}{dt} &= (1 - |\kappa|^2) v_{0\eta} + \\ &+ (1 - |\kappa|^2) \frac{|K|}{2\pi\sqrt{|K_s|}} \int_{\Gamma'_i} \frac{\partial f(\tau, t)}{\partial \ell_\tau} \left[ \frac{\partial \arg(\tau - \zeta)}{\partial \ell_\tau} \sin \alpha + \right. \\ &\quad \left. + \frac{\partial \ln|\tau - \zeta|}{\partial \ell_\tau} \cos \alpha \right] d\ell_\tau, \end{aligned}$$

$$\zeta = \xi + i\eta \in \Gamma'_i.$$

Здесь  $v_0(\zeta, t) = v_{0\xi}(\xi, \eta, t) + iv_{0\eta}(\xi, \eta, t)$  – невозмущённое поле скоростей потенциала  $W_0$ ,  $\alpha$  – угол между ортом касательной к  $\Gamma'_i$  и осью  $O\xi$ .

Исследование задачи эволюции границы раздела жидкостей различных вязкостей в случае анизотропного однородного слоя пористой среды сводится к решению системы уравнений (2.3), (2.7) при начальном условии (1.11).

Следуя [3], систему уравнений (2.3) и (2.7) решим численно на основе метода дискретных особенностей. Полагаем, что положение границы  $\Gamma'_i$  в каждый момент времени  $t_p$ ,  $p = 0, 1, \dots$  задаётся множеством точек  $\zeta_i^p$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ , координаты которых обозначим  $E_i^p = \{(\xi_i^p, \eta_i^p)\}$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ . Тогда начальное условие (1.11) примет вид

$$\Gamma'_0 : \{(\xi_i^0, \eta_i^0), \quad i = 1, 2, \dots, m\}. \quad (2.8)$$

При этом точки  $\zeta_i^0$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$  разбивают границу  $\Gamma'_0$  равномерно по длине на  $m$  частей.

Запишем интегральное уравнение (2.3) в момент времени  $t_p$  в каждой точке  $\zeta_i^p$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ :

$$\begin{aligned} f(\zeta_i^p, t_p) - \frac{\lambda}{\pi} \int_{\Gamma'_i} f(\tau, t_p) \Omega(\tau, \zeta_i^p) d\ell_\tau = \\ = 2 \left[ \lambda \varphi_0(\zeta_i^p, t_p) + \alpha \Pi(\zeta_i^p, t_p) \right], \end{aligned} \quad (2.9)$$

$$\zeta_i^p \in E_i^p.$$

Интеграл в (2.9) понимают в смысле главного значения по Коши. Вычислим этот интеграл по формуле типа прямоугольников, выкидывая из ин-

тегральной суммы точку, в которой записывается уравнение (2.9).

Получаем систему линейных алгебраических уравнений

$$f_i^p - \frac{\lambda}{\pi} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^m f_j^p \Omega_{ij} = 2[\lambda \varphi_{0i}^p + \alpha \Pi_i^p], \quad (2.10)$$

$$i = 1, 2, \dots, m.$$

Здесь

$$f_i^p = f(\zeta_i^p, t_p), \quad \varphi_{0i}^p = \varphi_0(\zeta_i^p, t_p), \quad \Pi_i^p = \Pi(\zeta_i^p, t_p),$$

$$\Omega_{ij} = \left( -V_{1\eta_{ij}} - \frac{\sqrt{K_a}}{\sqrt{K_s}} V_{1\xi_{ij}} \right) \frac{\xi_{j+1}^p - \xi_{j-1}^p}{2} + \left( V_{1\xi_{ij}} - \frac{\sqrt{K_a}}{\sqrt{K_s}} V_{1\eta_{ij}} \right) \frac{\eta_{j+1}^p - \eta_{j-1}^p}{2},$$

$$V_{1\xi_{ij}} = \frac{\xi_j^p - \xi_i^p}{(\xi_j^p - \xi_i^p)^2 + (\eta_j^p - \eta_i^p)^2},$$

$$V_{1\eta_{ij}} = \frac{\eta_j^p - \eta_i^p}{(\xi_j^p - \xi_i^p)^2 + (\eta_j^p - \eta_i^p)^2}.$$

Так как кривая  $\Gamma_i'$  замкнута, то  $\zeta_0^p \equiv \zeta_m^p$ ,  $\zeta_1^p \equiv \zeta_{m+1}^p$ .

В уравнениях (2.7) интегралы понимают в смысле главного значения по Коши. Поэтому дифференциальные уравнения движения границы аппроксимируем следующим образом:

$$\frac{\xi_i^{p+1} - \xi_i^p}{\Delta t_{p+1}} = \left( 1 - |K|^2 \right) \left\{ v_{0\xi_i}^p + \frac{|K|}{2\pi\sqrt{|K_s|}} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^m V_{*\xi_{ij}} (f_{j+1}^p - f_{j-1}^p) / 2 \right\},$$

$$\frac{\eta_i^{p+1} - \eta_i^p}{\Delta t_{p+1}} = \left( 1 - |K|^2 \right) \left\{ v_{0\eta_i}^p + \frac{|K|}{2\pi\sqrt{|K_s|}} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^m V_{*\eta_{ij}} (f_{j+1}^p - f_{j-1}^p) / 2 \right\},$$

$$i = 1, 2, \dots, m.$$

Здесь  $\Delta t_{p+1} = t_{p+1} - t_p$ ,  $v_{0\xi_i}^p = v_{0\xi}(\zeta_i^p, t_p)$ ,  $v_{0\eta_i}^p = v_{0\eta}(\zeta_i^p, t_p)$ ,

$$= \left( -V_{1\eta_{ij}} \tau_{\xi_j} + V_{1\xi_{ij}} \tau_{\eta_j} \right) \tau_{\xi_j} - \left( V_{1\xi_{ij}} \tau_{\xi_j} + V_{1\eta_{ij}} \tau_{\eta_j} \right) \tau_{\eta_j},$$

$$V_{*\eta_{ij}} =$$

$$= \left( -V_{1\eta_{ij}} \tau_{\xi_j} + V_{1\xi_{ij}} \tau_{\eta_j} \right) \tau_{\eta_j} + \left( V_{1\xi_{ij}} \tau_{\xi_j} + V_{1\eta_{ij}} \tau_{\eta_j} \right) \tau_{\xi_j},$$

$$\tau_{\xi_j} = \frac{\xi_{j+1}^p - \xi_{j-1}^p}{2\Delta l_j}, \quad \tau_{\eta_j} = \frac{\eta_{j+1}^p - \eta_{j-1}^p}{2\Delta l_j},$$

$$\Delta l_j = \sqrt{(\xi_{j+1}^p - \xi_{j-1}^p)^2 + (\eta_{j+1}^p - \eta_{j-1}^p)^2} / 2.$$

Решив совместно уравнения (2.10) и (2.11) при  $p = 0$ , находим положение границы  $\Gamma_i'$  в момент времени  $t_1$ . Повторяя предложенный алгоритм для  $p = 1, 2, \dots$ , находим положение границы  $\Gamma_i'$  в последующие моменты времени  $t_p$ .

Построенный численный алгоритм позволяет исследовать широкий класс задач эволюции границы раздела жидкостей в анизотропном однородном слое пористой среды. При этом задачи решаются на вспомогательной плоскости  $\zeta$ , а затем с помощью преобразования (1.7) получаем решение на физической плоскости  $z$ .

### 3. Эволюция границы раздела жидкостей к скважине

Исследуем эволюцию границы раздела жидкостей различных вязкостей к скважине, расположенной в анизотропном однородном слое грунта на плоскости  $z$ . Течение жидкости создаёт эксплуатационная скважина дебита  $q$ , которая расположена в начале координат (рис. 1). Её работу моделируем точечным стоком мощности  $-q$  ( $q$  – модуль мощности). Полагаем, что граница  $\Gamma_0$  – окружность радиуса  $R$ , центр которой находится в центре скважины. Уравнение окружности  $x^2 + y^2 = R^2$ . Внутри окружности  $\Gamma_0$  находится область  $D_2$ , содержащая жидкость вязкости  $\mu_2$ , а вне – область  $D_1$ , занятая жидкостью вязкости  $\mu_1$ .

Поставленная задача в случае модели «разноцветных» жидкостей (вязкости и плотности жидкостей одинаковы) исследована в статье [4]. В работах [5, 6] изучена эволюция границы раздела жидкостей различных вязкостей к скважине в изотропном грунте ( $K_{11} = K_{22} = 1$ ,  $K_{12} = K_{21} = 0$ ). Это позволяет сопоставить результаты численных расчётов с известными результатами.

Исследуем эволюцию границы раздела жидкостей различных вязкостей к скважине в анизотропном грунте.

Контур скважины на физической плоскости

представляет собой окружность малого радиуса  $R_c$  ( $R_c \ll R$ ) с центром в точке расположения скважины.

Для модели «разноцветных» жидкостей время достижения границей  $\Gamma_i$  скважины определяется по формуле [4]

$$T = \frac{1 - |\kappa|}{1 + |\kappa|} \frac{\pi R^2}{q} \quad (3.1)$$

В качестве характерного размера выберем радиус окружности  $\Gamma_0$  ( $R = 1$ ). За характерное время примем время (3.1) в случае изотропного грунта ( $|\kappa| = 0, T_0 = \frac{\pi R^2}{q}$ ). Тогда при расчётах следует положить  $q = \pi$ .

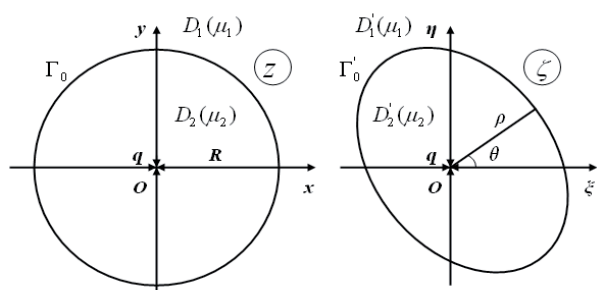


Рис. 1. Постановка задачи.

Введём параметры

$$\alpha = \frac{K_{22}}{K_{11}}, \quad \beta = \frac{K_{12} + K_{21}}{2K_{11}}, \quad \gamma = \frac{K_{12} - K_{21}}{2K_{11}}.$$

Параметр  $\alpha \in (0, +\infty)$  характеризует различие компонент тензора проницаемости, расположенных на главной диагонали.

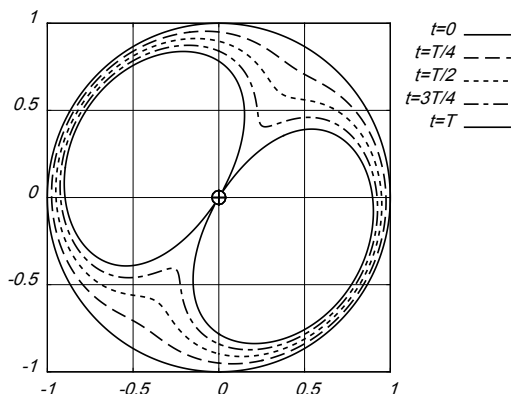


Рис. 2. Эволюция границы раздела жидкостей при  $\lambda = 0$ .

Параметр  $\beta$  показывает наличие в тензоре проницаемости компонент  $K_{12}$  и  $K_{21}$ , а параметр  $\gamma$  по-

казывает различие компонент  $K_{12}$  и  $K_{21}$ . Учитывая, что

$$\kappa = [K_{22} - K_{11} - i(K_{12} + K_{21})] / (K_{22} + K_{11} + 2\sqrt{|K_s|}),$$

имеем

$$|k| = \frac{\sqrt{(\alpha - 1)^2 + 4\beta^2}}{\alpha + 1 + 2\sqrt{\alpha - \beta^2}}$$

при этом должно выполняться условие  $\beta^2 < \alpha$ .

В таблице 1 приведена зависимость времени достижения контура скважины  $T$  от числа  $n$  точек разбиения подвижной границы  $\Gamma_i$  при  $\lambda = 0.5, \alpha = 2, \beta = 1, \gamma = 0$ . Для оценки практической сходимости приведена величина  $\eta = \left| 1 - \frac{T}{T_p} \right| \cdot 100\%$ , где  $T$  – время из текущего столбца, а  $T_p$  – время из предыдущего столбца.

Таблица 1.

Практическая сходимость численного метода

n	100	200	300	400	500	600
T	0.357	0.293	0.284	0.280	0.278	0.277
$\eta$	-	17.93	3.07	1.41	0.71	0.36

Из таблицы 1 видно, что используемый численный метод обладает хорошей сходимостью. При дальнейших расчётах полагали  $n = 400, \Delta t = 0,001 T_0$ .

На рис. 2 показана эволюция границы  $\Gamma_i$  при  $\lambda = 0$  (модель «разноцветных жидкостей»),  $\alpha = 2$  ( $K_{11} = 1, K_{22} = 2$ ),  $\beta = 1, \gamma = 0$  ( $K_{12} = K_{21} = 1$ ). В этом случае время  $T$  достижения границей  $\Gamma_i$  скважины, вычисленное по формуле (3.1), равно  $0,394 T_0$ . Это значение совпадает с результатом численного расчёта. На рис. 3 показана эволюция границы  $\Gamma_i$  при  $\lambda = 0.5, \alpha = 2, K_{12} = K_{21} = 1$ . В этом случае время  $T = 0,28 T_0$ . Картина течения похожа на случай  $\lambda = 0$ , но стягивание происходит быстрее почти в 1,5 раза. На рис. 4 показана эволюция границы  $\Gamma_i$  при  $\lambda = -0.5, K_{11} = 1, K_{22} = 2, K_{12} = K_{21} = 1$ . Картина течения похожа на случай  $\lambda = 0$  (Рис.2), но стягивание происходит медленнее ( $T = 0,639 T_0$ ). Процесс вытеснения в этом случае неустойчив. На границе возникают возмущения, что согласуется с результатами, полученными в статье [3].

Исследуем зависимость времени  $T$  достижения границей скважины от параметров  $\alpha, \beta$  и  $\gamma$ .

Пусть параметры  $\alpha$  и  $\beta$  остаются неизменными, а  $\gamma$  изменяется от 0 до 1. Тем самым исследуем зависимость времени достижения скважины от различия компонент  $K_{12}$  и  $K_{21}$ .

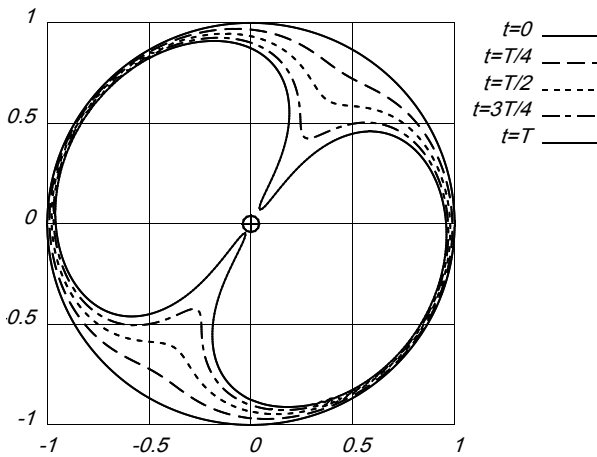


Рис. 3. Эволюция границы раздела жидкостей при  $\lambda = 0.5$ .

Положим  $\alpha = 2$  ( $K_{11} = 1, K_{22} = 2$ ),  $\beta = 1$  ( $K_{12}$  и  $K_{21}$  варьируются от 0 до 1 так, чтобы их сумма была постоянной).

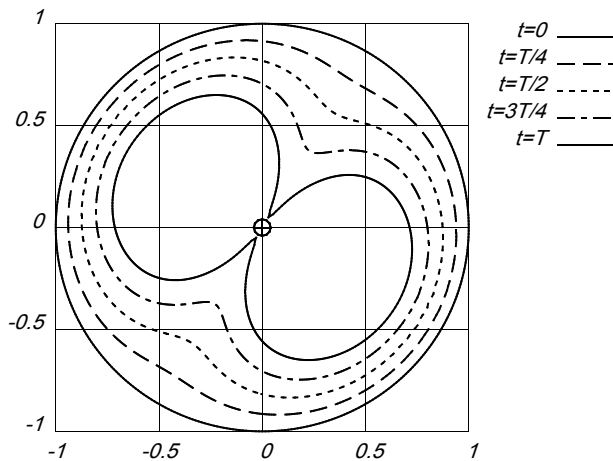


Рис. 4. Эволюция границы раздела жидкостей при  $\lambda = -0.5$ .

В случае модели «разноцветных жидкостей»  $\lambda = 0$  время  $T$  не зависит от параметра  $\gamma$ , что согласуется с результатами исследований. Когда же вязкости жидкостей в областях  $D_1$  и  $D_2$  различны, то время достижения границей скважины зависит от  $\gamma$ . На рис. 5 показаны графики зависимости времени  $T$  от  $\gamma$  при  $\lambda = 0, \lambda = 0.5$  и  $\lambda = -0.5$ . Из графиков видно, что при  $\lambda = 0.5$  время уменьшается с ростом параметра  $\gamma$ , что объясняется «закруткой» границы при приближении её к скважине и изменением направления прорыва, но изменение не существенно, порядка 10%, можно предположить, что точки, которые мы можем выделить на границе в начальный момент времени, проходят расстояние от начальной границы до скважины вдоль линии тока при увеличении  $\gamma$  быстрее, при этом влияние  $\gamma$  мало по сравнению с различием вязкостей. При  $\lambda = -0.5$  время достижения грани-

цей скважины увеличивается почти на 40% по сравнению с  $\gamma = 0$ , что вызвано изменением направления прорыва границы при увеличении  $\gamma$  и различием вязкостей, соответственно можно сделать вывод, что в данном случае влияние анизотропии проявляется в большей мере, чем в при  $\lambda = 0.5$ .

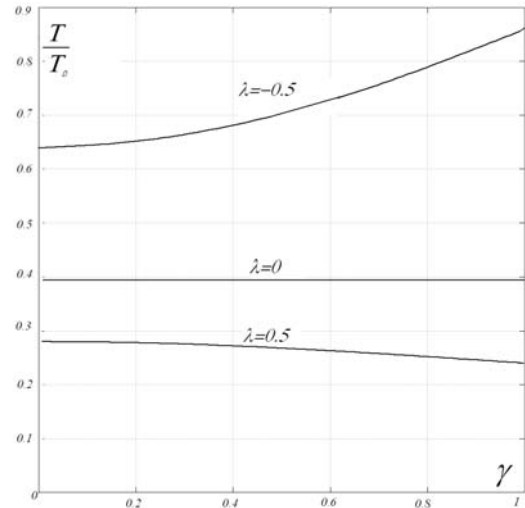


Рис. 5. Зависимость времени  $T$  от параметра  $\gamma$  для значений параметра  $\lambda = 0; 0.5; -0.5$  при  $\alpha = 2, \beta = 1$ .

Исследуем, как влияет на время достижения границей раздела жидкостей скважины параметр  $\alpha$ . Пусть параметр  $\beta$  остаётся постоянным, положим  $\beta = 1$ . На рис. 5 представлены графики зависимости  $T(\gamma)$  при  $\alpha = 2$ , а на рис. 6 при  $\alpha = 20$ .

Таблица 2.

Влияние  $\alpha$  на время достижения границей скважины

		$\gamma = 0$	$\gamma = 1$	$\varepsilon$
$\alpha = 2$	$\lambda = 0.5$	0.28	0.24	14.3
	$\lambda = 0$	0.394	0.394	0
	$\lambda = -0.5$	0.639	0.859	34.3
$\alpha = 20$	$\lambda = 0.5$	0.161	0.159	1.2
	$\lambda = 0$	0.223	0.223	0
	$\lambda = -0.5$	0.277	0.281	1.4

Из данных графиков видно, что при значении  $\lambda = 20$  параметр  $\gamma$  слабо влияет на изменение времени, в отличие от случая, когда  $\alpha = 20$ .

Введём величину  $\varepsilon = \frac{|T^1 - T^0|}{T^0} * 100\%$ , где  $T^1$  –

время достижения границей скважины при  $\gamma = 1$ , а  $T^0$  при  $\gamma = 0$ . Введённая величина показывает относительное изменение времени при изменении параметра  $\gamma$  от 0 до 1. На рис. 7 представлены графики



зависимости  $\varepsilon(\alpha)$ , из которых можно сделать вывод, что при значениях  $\alpha \geq 10$ , влиянием  $\gamma$  при  $\beta=1$  можно пренебречь. В таблице 2. приведены значения времени  $T$  при различных значениях  $\alpha$ ,  $\lambda$ ,  $\gamma$  из неё видно, что при больших значениях  $\alpha$  влиянием параметра  $\gamma$  можно пренебречь, так как изменение времени при изменении  $\gamma$  не превышает 2%.

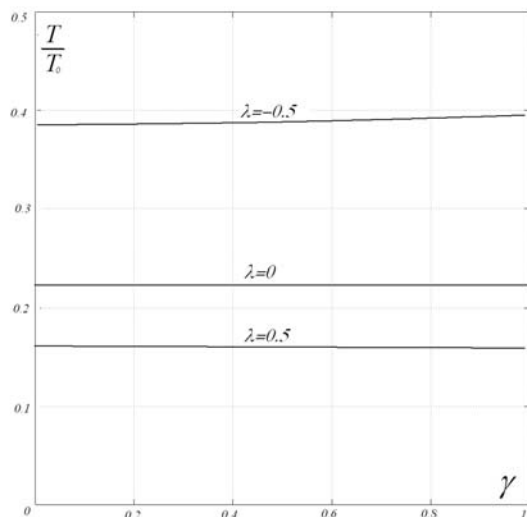


Рис. 6. Зависимость времени  $T$  от параметра  $\gamma$  для значений параметра  $\lambda = 0; 0.5; -0.5$  при  $\alpha = 20, \beta=1$ .

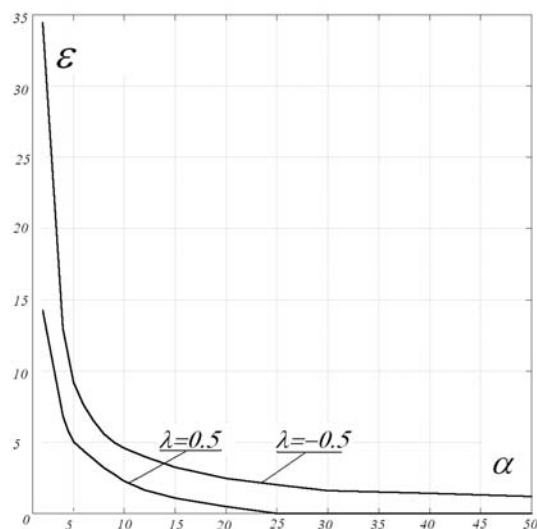


Рис.7. Зависимость  $\varepsilon$  от параметра  $\alpha$  для  $\lambda = 0.5; -0.5$  при  $\beta=1$ .

Полученные результаты позволяют не учитывать различие компонент (параметр  $\gamma$ ) при больших различиях между диагональными элементами.

Таким образом влиянием различия недиагональных компонент  $K_{12}$  и  $K_{21}$  тензора  $K$  можно пренебречь при отношениях диагональных элементов  $\alpha \geq 10$ .

#### Библиографический список

1. Пивень В.Ф. Двумерная задача эволюции границы раздела жидкостей в анизотропном слое пористой среды. Труды Международных школ-семинаров «Методы дискретных особенностей в задачах математической физики». ГОУ ВПО «Орловский государственный университет». 2009. Вып. 7. С. 81-91.
2. Пивень В.Ф. Фундаментальные решения уравнений двумерной фильтрации в анизотропном слое пористой среды. Труды Международных школ-семинаров «Методы дискретных особенностей в задачах математической физики». ГОУ ВПО «Орловский государственный университет». 2008. Вып. 6. С. 86-94.
3. Федяев Ю.С. Математическое моделирование плоскопараллельной эволюции границы раздела жидкостей в однородном анизотропном слое пористой среды. Труды Международных школ-семинаров «Методы дискретных особенностей в задачах математической физики». ГОУ ВПО «Орловский государственный университет». 2010. Вып. 8. С. 93-104.
4. Пивень В.Ф., Федяев Ю.С. Математическое моделирование эволюции границы раздела «разноцветных» жидкостей в анизотропном однородном слое пористой среды. Ученые записки Орловского государственного университета. 2010. № 2 (36). Серия: Естественные, технические и медицинские науки. С. 49-55.
5. Данилов В.Л., Кац Р.М. Гидродинамические расчёты взаимного вытеснения жидкостей в пористой среде. М.: «Недра», 1980. 264 с.
6. Никольский Д.Н. Математическое моделирование работы системы скважин в однородных и неоднородных слоях с подвижной границей раздела жидкостей различной вязкости. Дис. ... канд. физ.-мат. наук: 05.13.18. Орёл, 2001. 191 с.

V.F.PIVEN, O.V. KOSTIN

#### RESEARCH OF PLANE-PARALLEL PROBLEM OF THE EVOLUTION OF INTERFACES BETWEEN FLUIDS IN ANISOTROPIC HOMOGENEOUS POROUS MEDIUM

*We pose the problem of plane-parallel evolution of the interface between fluids of different viscosities in anisotropic homogeneous layer of porous medium. This problem is investigated in case of a single production well.*

Key words: *mathematical modeling, plane-parallel filtering, anisotropic porous medium.*

**И.В. ПИСАРЕВ**

аспирант Орловского государственного университета

E-mail: demoruss@inbox.ru

Тел. 8 903 029 37 43

**А.В. СЕТУХА**

доктор физико-математических наук, профессор Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова

E-mail: setuhaav@rambler.ru

## СНЕСЕНИЕ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ НА ПЛОСКОСТЬ В КРАЕВОЙ ЗАДАЧЕ НЕЙМАНА ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ЛАПЛАСА НА СЛАБОИЗОГНУТОМ ЭКРАНЕ\*

*Рассмотрена краевая задача Неймана для уравнения Лапласа, возникающая при моделировании потенциального обтекания рельефа местности потоком идеальной жидкости. Доказана разрешимость такой задачи, получены оценки для нормы решения, а также оценки порядка погрешности, возникающей при замене изогнутого экрана (рельефа) плоскостью со снесением граничного условия на эту плоскость. Построен и протестирован численный метод решения поставленной задачи со снесением граничных условий на плоскость, основанный на теории поверхностных потенциалов.*

*Ключевые слова:* идеальная жидкость, краевые задачи, потенциал, метод дискретных особенностей, граничные интегральные уравнения.

### Введение

В предыдущей статье тех же авторов [1] рассмотрена модельная задача о потенциальном обтекании объектов, расположенных на слабоизогнутом экране (рельефе местности). Для такой задачи предложен подход, при котором граничные условия сносятся со слабоизогнутого экрана на плоскость, и далее задача обтекания объектов с учетом рельефа решается методом отражения. В данной работе более подробно теоретически исследован метод снесения граничных условий на плоскость. Методами теории потенциала доказана однозначная разрешимость краевой задачи, возникающей при моделировании потенциального обтекания рельефа, получены оценки для нормы ее решения. Далее аналитически получены оценки порядка погрешности, возникающей при снесении граничных условий на плоскость, в зависимости от параметра, характеризующего высоту рельефа. Также рассмотрен численный метод решения задачи, основанный на снесении граничных условий на плоскость, приведены примеры численного решения модельной задачи.

### 1. Постановка исходной задачи

Рассмотрим задачу о потенциальном обтекании рельефа идеальной несжимаемой жидкостью. Пусть  $L_0$  – поверхность, совпадающая вне некото-

рого круга с плоскостью  $\pi$ , задаваемой в системе координат  $Ox_1, x_2, x_3$  уравнением  $x_3 = 0$ ,  $L_0^*$  – участок этой поверхности, вне которого поверхность  $L_0$  совпадает с плоскостью  $\pi$ ,  $\pi^*$  – проекция участка  $L_0^*$  на плоскость  $\pi$ ,  $\Omega_0$  – область, лежащая выше поверхности  $L_0$ .

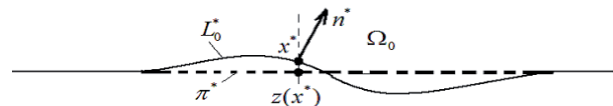


Рис. 1. Вид области решения задачи.

Рассматривается задача (исходная задача) о нахождении векторного поля

$\mathbf{w} = \mathbf{w}(\mathbf{x}) \equiv (w_1(\mathbf{x}), w_2(\mathbf{x}), w_3(\mathbf{x}))$ ,  $\mathbf{x} = (x_1, x_2, x_3) \in \Omega_0$ :

$$\operatorname{div} \mathbf{w} = 0, \operatorname{rot} \mathbf{w} = 0 \text{ в } \Omega_0, \mathbf{w}\mathbf{n} = 0 \text{ на } L_0, \quad (1)$$

где  $\mathbf{n}$  – орт вектора нормали к поверхности  $L_0$ , направленный в сторону области  $\Omega_0$ , при условии  $\mathbf{w} = \mathbf{w}_\infty$  на бесконечности,  $\mathbf{w}_\infty$  – заданный вектор скорости набегающего потока, который параллелен плоскости  $\pi$ .

Векторное поле  $\mathbf{w}$  ищем в виде

$$\mathbf{w} = \mathbf{w}_\infty + \operatorname{grad} u \quad (2)$$

Поставленная задача сводится к краевой задаче Неймана для уравнения Лапласа относительно не-

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (соглашение No. 14.B37.21.0388).

известной функции  $u = u(\mathbf{x}), \mathbf{x} = (x_1, x_2, x_3) \in \Omega$ :

$$\Delta u = 0 \text{ в } \Omega, \frac{\partial u}{\partial n} = f \text{ на } \partial\Omega \quad (3)$$

с правой частью  $f = -\mathbf{w}_\infty \mathbf{n} \equiv f_0$  в области  $\Omega = \Omega_0$ .

Будем предполагать, что имеется семейство поверхностей  $L_0 = L_0(h)$ , задаваемых уравнением

$$x_3 = \psi_h(x_1, x_2) \quad \psi_h(x_1, x_2) = h\varphi(x_1, x_2), \quad (4)$$

где  $\varphi(x_1, x_2) \equiv \varphi(\mathbf{x}) \in C^4(R^2)$ ,  $\mathbf{x} \in R^2$ ,  $\text{supp}$

$\varphi \subset \pi^*$  – некоторая фиксированная функция,  $h$  – параметр, характеризующий крутизну рельефа. Будем считать также, что поверхность  $\pi^*$  лежит в шаре  $|\mathbf{x}| \leq R_0$ , и параметр  $h$  таков, что поверхность  $L_0^*$  также лежит в этом шаре.

Рассмотрим вопрос о разрешимости краевой задачи (3) при малых значениях параметра  $h$  для произвольной функции  $f$ , непрерывной на поверхности  $L_0$  по Гельдеру и удовлетворяющей условию  $\text{supp } f \subset L^*$ . Решение ищется в классе функций  $u \in C^1(\bar{\Omega})$ , где  $\Omega$  – замыкание области  $\Omega$ , для каждой из которых существует константа  $A = A(u)$  такая, что

$$|u(\mathbf{x})| \leq \frac{A}{1 + |\mathbf{x}|}, \quad |\text{grad } u(\mathbf{x})| \leq \frac{A}{1 + |\mathbf{x}|^2}, \quad (5)$$

$$\mathbf{x} \in \Omega, \quad |\mathbf{x}| = (x_1^2 + x_2^2 + x_3^2)^{1/2}$$

## 2. Разрешимость исходной задачи и свойства ее решения

Докажем единственность решения. Пусть  $\Omega_\rho = \{\mathbf{x} \in \Omega \mid |\mathbf{x}| < \rho\}$  – ограниченная подобласть области  $\Omega$ . Для любой функции  $u$ , гармонической в области  $\Omega$ , справедлива формула Грина:

$$\int_{\Omega_\rho} (\text{grad } u)^2 d\mathbf{x} = \int_{\partial\Omega_\rho} u \frac{\partial u}{\partial n} d\sigma,$$

где  $d\mathbf{x} = dx_1 dx_2 dx_3$ ,  $\partial\Omega_\rho$  – граница области  $\Omega$ ,

$d\sigma$  – элемент площади поверхности,  $\partial u / \partial n$  – производная по направлению внешней нормали к области  $\Omega_\rho$ . Если предположить, что функция  $u$  есть решение задачи (3), (5) для правой части  $f = 0$ , то, переходя к пределу при  $\rho \rightarrow \infty$  и учитывая оценки, выполненные при достаточно больших значениях  $\rho$   $u \frac{\partial u}{\partial n} = 0$  при  $\{\mathbf{x} \in L_0 \mid |\mathbf{x}| \leq \rho\}$ ,  $\left| u \frac{\partial u}{\partial n} \right| \leq \frac{A^2(u)}{\rho^3}$  при

$\{\mathbf{x} \in R^3 \mid |\mathbf{x}| = \rho, x_3 \geq 0\}$ , получаем:  $\text{grad } u \equiv 0$ . С учетом условий (5),  $u \equiv 0$  в области  $\Omega$ . Тогда для произвольной правой части  $f$  решение единственно.

Докажем существование решения. Будем искать решение в виде потенциала простого слоя

$$u(\mathbf{x}) = \int_{\partial\Omega} \mu(\mathbf{y}) F(\mathbf{x} - \mathbf{y}) d\sigma_y \equiv U[\partial\Omega, \mu](x), \quad (6)$$

$$F(\mathbf{x} - \mathbf{y}) = \frac{1}{4\pi} \frac{1}{|\mathbf{x} - \mathbf{y}|}$$

где полагаем, что функция  $\mu(\mathbf{x})$  непрерывна по Гельдеру на поверхности  $L_0$  и функция  $\mu(\mathbf{x})(1 + |\mathbf{x}|^2)$  ограничена.

В силу свойств нормальной производной потенциала простого слоя [2 с.409,3] для функции  $u$  возникает интегральное уравнение:

$$-\frac{1}{2} \mu(\mathbf{x}) + \int_{L_0} \mu(\mathbf{y}) \frac{\partial}{\partial n_x} F(\mathbf{x} - \mathbf{y}) d\sigma_y = f(\mathbf{x}), \quad \mathbf{x} \in L_0 \quad (7)$$

Пусть  $\mathbf{x} = (x_1, x_2, x_3)$ ,  $\mathbf{y} = (y_1, y_2, y_3) \in L_0$ ,

$\mathbf{x}^* = (x_1, x_2)$ ,  $\mathbf{y}^* = (y_1, y_2)$  – наборы координат проекций точек  $\mathbf{x}$ ,  $\mathbf{y}$  на плоскость  $\pi$  в системе координат  $Ox_1, x_2$ , и пусть  $\mu^*(\mathbf{x}^*) = \mu(\mathbf{x})$ . Тогда уравнение (7) можно переписать в виде

$$\mu^*(\mathbf{x}^*) + \int_{\pi} \mu^*(\mathbf{y}^*) K(\mathbf{x}^*, \mathbf{y}^*) d\mathbf{y}^* = f^*(\mathbf{x}^*), \quad \mathbf{x}^* \in \pi, \quad (8)$$

$$K(\mathbf{x}^*, \mathbf{y}^*) = -2 \frac{\partial F(\mathbf{x} - \mathbf{y})}{\partial n_x} \eta(\mathbf{x}),$$

$$\eta(\mathbf{x}^*) = \sqrt{1 + h^2 \varphi_1^2(\mathbf{x}^*) + h^2 \varphi_2^2(\mathbf{x}^*)},$$

$\varphi_i = \partial\varphi / \partial x_i$ ,  $i = 1, 2$ . Пусть  $\mathbf{n} = \mathbf{n}(\mathbf{x}) = (n_1, n_2, n_3)$  – вектор нормали к поверхности  $L_0$  в точке  $\mathbf{x}$ . Используя формулы (4), несложно показать, что

$$\left| K^*(\mathbf{x}^*, \mathbf{y}^*) \right| \leq \frac{Ch}{r + r^3}, \quad r = |\mathbf{x}^* - \mathbf{y}^*|,$$

через  $C$  здесь и далее в статье обозначены константы, зависящие только от функции  $\varphi$ , определяющей профиль рельефа, причем, в различных выражениях значение константы  $C$  может быть различным.

Пусть  $M$  – нормированное пространство функций, определенных на плоскости  $\pi = R^2$ , для которых определена норма

$$\|\mu\| = \sup_{\mathbf{x} \in R^2} \left| \mu(\mathbf{x}) (1 + |\mathbf{x}|^2) \right|,$$

и пусть  $K$  – оператор, который каждой функции  $\mu \in M$  ставит в соответствие функцию  $\nu(\mathbf{x}^*) = \int_{\pi} \mu(\mathbf{y}^*) K^*(\mathbf{x}^*, \mathbf{y}^*) d\mathbf{y}^*$ . При этом функция  $\nu(\mathbf{x}^*)$  непрерывна и

$$|\nu(\mathbf{x}^*)| \leq Ch \|\mu\| \int_{\pi} \frac{1}{1 + |\mathbf{y}^*|^2} \frac{1}{|\mathbf{x}^* - \mathbf{y}^*| + |\mathbf{x}^* - \mathbf{y}^*|^3} d\mathbf{y}^*.$$

Пусть  $B(\mathbf{x}^*) = \{\mathbf{y}^* \in \pi \mid |\mathbf{x}^* - \mathbf{y}^*| \leq |\mathbf{x}^*|/2\}$ . При  $\mathbf{y}^* \in B(\mathbf{x}^*)$  выполнена оценка  $(1 + |\mathbf{y}^*|^2)^{-1} \leq C(1 + |\mathbf{x}^*|^2)^{-1}$  а при  $\mathbf{y}^* \in \pi \setminus B(\mathbf{x}^*)$  выполнены оценки  $|\mathbf{x}^*| \leq C|\mathbf{x}^* - \mathbf{y}^*|$  и  $|\mathbf{y}^*| \leq C|\mathbf{x}^* - \mathbf{y}^*|$ , откуда  $|\nu(\mathbf{x}^*)| \leq Ch \|\mu\| (1 + |\mathbf{x}^*|^2)^{-1}$ . Тогда оператор  $K: M \rightarrow M$  и  $\|K\| \leq Ch$ .

Найдется такое  $h_0 > 0$ , что при  $h \leq h_0$  выполнена оценка  $\|K\| < 1/2$ . Заметим, что в силу финитности функции  $f$  выполнено условие  $f \in M, \|f^*\| \leq C\|f\|_{C(L_0)}$ , где  $\|f\|_{C(L_0)} = \sup_{\mathbf{x} \in L_0} f(\mathbf{x})$ . Тогда при  $h \leq h_0$  уравнение (8) (а значит, и уравнение (7)) однозначно разрешим о и выполнены оценки:

$$\|\mu^*\| \leq C\|f\|_{C(L_0)}, \|\mu^* - f^*\| \leq Ch. \quad (9)$$

Далее, представив функцию  $\mu$  в виде

$$\mu(\mathbf{x}) = 2 \int_{L_0} \mu(\mathbf{y}) \frac{\partial}{\partial n_x} F(\mathbf{x} - \mathbf{y}) d\sigma_y - 2f(\mathbf{x}), \quad \mathbf{x} \in L_0$$

и воспользовавшись неравенствами (9) для оценки правой части последнего равенства, несложно показать, что интеграл в правой части есть функция, непрерывная по Гельдеру с любым показателем  $\alpha \in (0, 1)$ , и на любой ограниченной поверхности  $L \subset L_0$  выполнена оценка

$$\|\mu\|_{\alpha, L} \leq C\|f\|_{\alpha, L_0}, \quad \alpha \in (0, 1),$$

$$\|\mu\|_{\alpha, L} = \sup_{\mathbf{x} \in L} |\mu(\mathbf{x})| + \sup_{\mathbf{x}, \mathbf{y} \in L, \mathbf{x} \neq \mathbf{y}} \frac{|\mu(\mathbf{x}) - \mu(\mathbf{y})|}{|\mathbf{x} - \mathbf{y}|^\alpha},$$

где константа  $C$  зависит также от  $\alpha$  и поверхности  $L$ .

Теперь докажем, что построенная функция  $u$  вида (6) лежит в требуемом классе функций, и по-

лучим для нее некоторые оценки.

Непосредственно из выражения (6) следует, что  $u(\mathbf{x}) \rightarrow 0$  при  $|\mathbf{x}| \rightarrow \infty$  в смысле равномерной сходимости.

Оценим модуль функции  $u$  и ее производных при  $|\mathbf{x}| \leq R_0$ . Построим функцию  $\eta(r) \in C^\infty(-\infty, \infty)$  так, что  $\eta(r) = 1$  при  $r \leq 2R_0$ ,  $0 \leq \eta(r) \leq 1$  при  $2R_0 < r < 3R_0$  и  $\eta(r) = 0$  при  $r \geq 3R_0$  (построение такой функции можно найти, например, в [4 с.324]). Представим функцию  $\mu$  в виде  $\mu = \mu_1 + \mu_2$ , где  $\mu_1(\mathbf{x}) = \eta(|\mathbf{x}|)\mu(\mathbf{x})$ ,  $\mu_2(\mathbf{x}) = (1 - \eta(|\mathbf{x}|))\mu(\mathbf{x})$ . При этом  $u = u_1 + u_2$ , где  $u_i = U[\mu_i, L_0]$ ,  $i = 1, 2$ .

Пусть  $L_1$  есть участок поверхности  $L_0$ , состоящий из точек  $\mathbf{x}$  таких, что  $|\mathbf{x}| \leq 4R_0$ . Достроим поверхность  $L_1$  до замкнутой гладкой поверхности  $L_2$  так, что  $L_1 \subset L_2$  и пересечение области  $\Omega$  с шаром  $|\mathbf{x}| \leq R_0$  содержится в области  $\Omega'$ , внутренней по отношению к поверхности  $L_2$ . Доопределим функцию  $\mu = 0$  на участке поверхности  $L_2$ , отличном от поверхности  $L_1$ . При этом функция  $\mu_1$  непрерывна по Гельдеру на поверхности  $L_2$  и значит  $u_1 \in C^1(\bar{\Omega}')$ ,

$$|u_1(\mathbf{x})| \leq C\|\mu_1\|_{\alpha}, \quad |\text{grad} u_1(\mathbf{x})| \leq C\|\mu_1\|_{\alpha} \quad [3].$$

Дифференцируя при  $|\mathbf{x}| \leq R_0$  функцию  $u_2(\mathbf{x})$  в виде (6) под знаком интеграла и учитывая оценки (9), получаем оценку:

$$|u(\mathbf{x})| \leq C\|f\|_{\alpha, L_0}, \quad |\text{grad} u(\mathbf{x})| \leq C\|f\|_{\alpha, L_0}, \quad \mathbf{x} \in \Omega, \quad |\mathbf{x}| \leq R_0. \quad (10)$$

Наконец, оценим функцию  $u(\mathbf{x})$  вне шара  $|\mathbf{x}| \leq R_0$ . Пусть  $G$  есть область, определяемая соотношением  $|\mathbf{x}| > R_0$ . Доопределим функцию  $u$  в области  $G$  при  $x_3 < 0$  как  $u(x_1, x_2, x_3) = u(x_1, x_2, -x_3)$ . Тогда функция  $u$  определена и является гармонической во всей области  $G$ , кроме поверхности  $\pi \cap \Omega$ , на которой выполнены условия  $u^+ = u^-$ ,  $(\partial u / \partial n)^+ = (\partial u / \partial n)^- = 0$ . Тогда по свойству стирания особенностей на поверхности (см. [5], лемма 2) заключаем, что функцию  $u$  можно доопределить внутри области  $G$  на плоскости  $\pi$  до функции  $u \in C^1(\bar{G})$ , гармонической во всей области  $G$ . Т.к.  $u(\mathbf{x}) \rightarrow 0$  на бесконечности, заключаем, что для функции  $u$  выполнены условия (5) с некоторой константой  $A$  [2, с.372-373]. Наконец, используя формулу [2, с. 360]:

$$u(x) = \int_{\partial G} u(\mathbf{y}) \frac{\partial F(\mathbf{x} - \mathbf{y})}{\partial n_y} d\sigma_y - \int_{\partial G} F(\mathbf{x} - \mathbf{y}) \frac{\partial u(\mathbf{y})}{\partial n_y} d\sigma_y, \quad \mathbf{x} \in G,$$

где  $n_y$  – орт внешней нормали к области  $G$  и используя оценки (10), заключаем, что функция  $u$  удовлетворяет оценкам

$$|u(\mathbf{x})| \leq \frac{C \|f\|_{\alpha, L_0^*}}{1 + |\mathbf{x}|}, \quad |\text{grad } u(\mathbf{x})| \leq \frac{\|f\|_{\alpha, L_0^*}}{1 + |\mathbf{x}|^2}, \quad \mathbf{x} \in \Omega,$$

$$|\mathbf{x}| = (x_1^2 + x_2^2 + x_3^2)^{1/2}$$

### 3. Снесение граничных условий

$$\text{Пусть } \Omega^* = \{ \mathbf{x} = (x_1, x_2, x_3) \in R^3 \mid x_3 > 0 \}.$$

Приближенное решение задачи (1) будем искать в виде (2), где функция  $u$  есть решение задачи (3) в области  $\Omega = \Omega^*$  с границей  $\partial\Omega = \pi$  и с правой частью  $f = f_1$ ,  $z \in \pi$ , где

$$f_1(\mathbf{z}) = -\mathbf{w}_\infty \mathbf{n}^*(\mathbf{z}), \quad \mathbf{z} \in \pi, \quad (11)$$

$\mathbf{n}^*(\mathbf{z})$  – вектор нормали к поверхности  $L_0$  в точке  $\mathbf{x} \in L_0$ , ортогональная проекция которой на плоскость  $\pi$  есть точка  $\mathbf{z}$ , решение ищется в том же классе функций, что и ранее. Т.к. такая задача является частным случаем рассмотренной выше задачи (3) при  $L_0 = \pi$  ( $h = 0$ ), для нее справедливы все утверждения, доказанные в п.2. С учетом второй из оценок (9) заключаем, что решение такой задачи (обозначим его  $u_1$ ) представляется потенциалом простого слоя  $u_1 = U[\mu_1, \pi]$  с плотностью

$$\mu_1 = -2f_1 \quad (12)$$

Рассмотрим вопрос о близости решения  $u = u_0$  задачи (3) с границей  $\partial\Omega = L_0$  и решения  $u_1$  задачи (3) с границей  $\partial\Omega = \pi$  в предположении, что  $\varphi(\mathbf{x}^*) \geq 0$ ,  $\mathbf{x}^* \in R^2$  (т.е. поверхность  $L_0$  лежит выше плоскости  $\pi$ ). При этом из уравнений (4), задающих поверхность  $L_0$ , следует, что  $f_1 \in C^3(\pi)$ ,  $|f_1| \leq Ch$ ,  $|\partial f_1 / \partial x_i| \leq Ch$ ,  $|\partial^2 f_1 / (\partial x_i \partial x_j)| \leq Ch$ ,

$$|\partial^3 f_1 / (\partial x_i \partial x_j \partial x_k)| \leq Ch, \quad i, j, k = 1, 2 \text{ на плоскости } \pi.$$

Докажем, что для функции  $u_1$  выполнены оценки:

$$|\partial u_1 / \partial x_i| \leq Ch, \quad |\partial^2 u_1 / (\partial x_i \partial x_j)| \leq Ch, \quad (13)$$

$$|\partial^2 u_1 / (\partial x_i \partial x_j \partial x_k)| \leq Ch, \quad i, j, k = 1, 2, 3 \text{ в области } \Omega^*.$$

Оценки (13) для функции  $u$  и ее первых производных сразу следуют из оценок (10). Далее заметим, что функция  $u = \partial u_1 / \partial u_i$ ,  $i = 1, 2$  есть решение задачи (3) в области  $\Omega = \Omega^*$  для правой части

$f = \partial f_1 / \partial x_i$ . Поэтому из оценок (10) имеем оценки (13) для  $\partial^2 u_1 / (\partial x_i \partial x_j)$ ,  $i = 1, 2, j = 1, 2, 3$ .

Наконец, из равенства

$$\partial^2 u_1 / (\partial x_3 \partial x_3) = -\partial^2 u_1 / (\partial x_1 \partial x_1) - \partial^2 u_1 / (\partial x_2 \partial x_2)$$

получаем оценку (13) для производной  $\partial^2 u_1 / (\partial x_3 \partial x_3)$

Оценки для производных 3-го порядка получаем аналогичным образом, используя тот факт, что функция  $u = \partial^2 u_1 / (\partial u_i \partial u_j)$ ,  $i, j = 1, 2$  есть решение задачи (3) в области  $\Omega = \Omega^*$  для правой части  $f = \partial^2 f_1 / (\partial x_i \partial x_j)$ .

Из полученных оценок следует, что функция  $u_1$  удовлетворяет на поверхности  $L_0$  оценке  $\|\partial u_1 / \partial n - f_0\|_{\alpha, L_0^*} \leq Ch^2$ . Поскольку функция  $\hat{e} = u_1 - u_0$  есть решение задачи (3) в области  $\Omega_0$  с правой частью  $f = \partial u_1 / \partial n - f_0$ , заключаем, что выполнены оценки

$$|u_1(\mathbf{x}) - u_0(\mathbf{x})| \leq \frac{Ch^2}{1 + |\mathbf{x}|},$$

$$|\text{grad } u_1(\mathbf{x}) - \text{grad } u_0(\mathbf{x})| \leq \frac{Ch^2}{1 + |\mathbf{x}|^2}, \quad \mathbf{x} \in \Omega,$$

### 4. Численное решение задачи

Не ограничивая общности, будем считать, что поверхность  $\pi^*$  есть прямоугольник. Осуществим разбиение этого прямоугольника на прямоугольные ячейки  $\sigma_i$ ,  $i = 1, \dots, N$ , и на каждой ячейке возьмем точку коллокации  $\mathbf{z}_i \in \sigma_i$  в ее центре,  $i = 1, \dots, N$ . Обозначим  $\delta > 0$  – диаметр разбиения,  $s_j$  – площадь ячейки  $\sigma_j$ . Далее, в каждой точке  $\mathbf{z}_i \in \sigma_i$  построим числа  $f_1^i = f_1(\mathbf{z}_i)$  по формуле (11) и  $\mu_1^i = \mu_1(\mathbf{z}_i) = -2f_1^i$ ,  $i = 1, \dots, n$  по формуле (12).

Далее приближенное поле скоростей (приближенное решение задачи (1)-(2)) ищем в виде

$$\mathbf{w}(\mathbf{x}) = \mathbf{w}_\infty + \sum_{j=1}^N \mu_j s_j \mathbf{V}(\mathbf{x} - \mathbf{z}_j), \quad (14)$$

$$\mathbf{V}(\mathbf{x} - \mathbf{z}_j) = \text{grad}_x F(\mathbf{x} - \mathbf{z}_j) = -\frac{1}{4\pi} \frac{\mathbf{x} - \mathbf{z}_j}{|\mathbf{x} - \mathbf{z}_j|^3}$$

Формула (14) получена на основе выражения



(2) при замене функции  $u$  решением краевой задачи (3) со снесенными граничными условиями на плоскость  $\pi$  и аппроксимации интегрального представления (6) для решения такой задачи по формуле прямоугольников. Однако, формула (14) не работает в точках  $\mathbf{x} \in \Omega$ , у которых  $x_3 < 0$ , а также в точках  $\mathbf{x} \in \Omega$ , которые расположены близко к плоскости  $\pi$ . Поэтому полное поле скоростей в области  $\Omega_0$  строилось следующим образом.

Возьмем  $\mathcal{E} = \delta$ . Если  $x_3 \geq \mathcal{E}$ , то вектор  $\mathbf{w}(\mathbf{x})$  строим по формуле (14). Если  $x_3 < \mathcal{E}$ , то полагаем  $\mathbf{w}(\mathbf{x}) = \alpha \mathbf{w}_1 + \beta \mathbf{w}_2$ , где  $\mathbf{w}_1 = \mathbf{w}(\mathbf{x}')$ ,  $\mathbf{w}_2 = \mathbf{w}(\mathbf{x}'')$ ,  $\mathbf{w}(\mathbf{x}')$  и  $\mathbf{w}(\mathbf{x}'')$  вычисляются по формуле (14) в точках  $\mathbf{x}' = (x_1, x_2, 2\mathcal{E})$ ,  $\mathbf{x}'' = (x_1, x_2, \mathcal{E})$ ,  $\alpha = -(\mathcal{E} - x_3)/\mathcal{E}$

$\beta = 1 - \alpha$ . Данные формулы реализуют линейную экстраполяцию скорости по значениям в точках  $\mathbf{x}'$  и  $\mathbf{x}''$  вдоль вертикальной прямой  $l$ . При этом исключается вычисление скорости по формуле (14) на расстояниях меньших  $\mathcal{E}$  от плоскости  $\pi$ , а также ниже этой плоскости.

Также была рассмотрена уточненная математическая модель, основанная на отыскании функции  $u$  как решения краевой задачи

$$\Delta u = 0 \text{ в } \Omega^*, \quad \frac{\partial u}{\partial n^*} = f^* \text{ на } \partial\Omega^* = \pi,$$

где функция  $f^*$  определяется выражением (11),  $\partial/\partial n^*$  – производная по направлению вектора  $\mathbf{n}^* = (n_1^*, n_2^*, n_3^*)$  – нормали к поверхности  $L_0$ . При этом функцию  $u$  опять ищем в виде потенциала простого слоя (6), плотность которого ищем из интегрального уравнения

$$-\frac{1}{2} \mu(\mathbf{z}) n_3^*(\mathbf{z}) - \frac{1}{4\pi} \int_{\pi} \mu(\mathbf{y}) \frac{(\mathbf{z} - \mathbf{y}, \mathbf{n}^*(\mathbf{z}))}{|\mathbf{z} - \mathbf{y}|^3} d\sigma_y = f_1(\mathbf{z}),$$

$$\mathbf{z} \in \pi^*, \quad (15)$$

Приближенные значения  $\mu_i \approx \mu(\mathbf{z}_i)$  ищем из системы линейных уравнений, аппроксимирующей уравнение (15):

$$-\frac{1}{2} \mu_i n_3(\mathbf{z}_i) - \frac{1}{4\pi} \sum_{j=1, i \neq j}^N \mu_j \frac{(\mathbf{z}_i - \mathbf{z}_j, \mathbf{n}_i^*)}{|\mathbf{z}_i - \mathbf{z}_j|^3} s_j = f_1(\mathbf{z}_i), \quad (16)$$

(здесь мы считаем, что коэффициент под знаком суммы при  $i = j$  равен 0, т.к. интеграл в уравнении (15) является сингулярным, и такой интеграл от функции при  $\mu = const$  по прямоугольнику, для которого  $\mathbf{z}$  есть центр, равен 0). Далее поле скоро-

стей строится по описанному выше алгоритму на основе формулы (14).

#### 4. Примеры численного решения модельной задачи. Выводы

Рассматривалась задача (1), когда поверхность рельефа задавалась формулой (4) с функцией  $\varphi$ , отличной от нуля на прямоугольнике

$$\pi^* : \quad -2 \leq x_1 \leq 2, \quad -1 \leq x_2 \leq 1,$$

$$\varphi = x_1(x_1 + 2)(1 - x_2^2) \text{ при } x_1 < 0,$$

$$\varphi = x_1(2 - x_1)(1 - x_2^2) \text{ при } x_1 \geq 0 \text{ (см. рис. 2).}$$

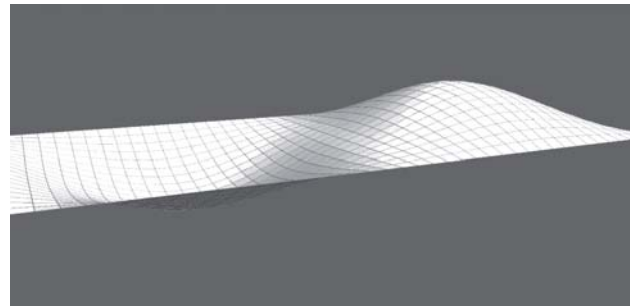


Рис. 2. Вид участка неровности рельефа (поверхность  $L_0^*$ ,  $h = 0.33$ ).

При численном решении прямоугольник  $\pi^*$  разбивался на равные прямоугольные ячейки  $\sigma_i$  со сторонами  $\Delta x_1 = 0.1$ ,  $\Delta x_2 = 0.1$ .

В таблице 1 приведены максимальное  $\Delta \bar{\mu}_{\max}$  и среднее  $\Delta \bar{\mu}_{cp}$  относительные различия распределений плотности потенциала простого слоя, полученных по формулам (12) и при решении уравнения (16) для различных значений параметра  $h$ , которые вычислялись по формулам

$$\Delta \bar{\mu}_{\max} = \max_{i=1, \dots, N} \frac{|\mu_i^{(1)} - \mu_i^{(2)}|}{\mu_{cp}^{(2)}}, \quad \Delta \bar{\mu}_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^N |\mu_i^{(1)} - \mu_i^{(2)}|}{N \mu_{cp}^{(2)}},$$

где  $\mu_i^{(1)}$  – значения, полученные по формулам (12),  $\mu_i^{(2)}$  – значения, полученные из уравнений (16),

$$|\mu^{(2)}|_{\varphi} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |\mu_i^{(2)}|.$$

На рис.3 приведено поле скоростей, полученное в сечении  $x_2 = 0$  для варианта рельефа с  $h = 0.33$  с использованием значений  $\mu_i$ ,  $i = 1, \dots, N$ , полученных из уравнений (16).

Таблица 1.  
Различие распределений плотности  
потенциала простого слоя

Вариант рельефа	$\Delta\bar{\mu}_{\max}$	$\Delta\bar{\mu}_{cp}$
h=0.167	0.0858035	0.0145029
h=0.333	0.3863347	0.0567238
h=0.500	0.9163439	0.1217896

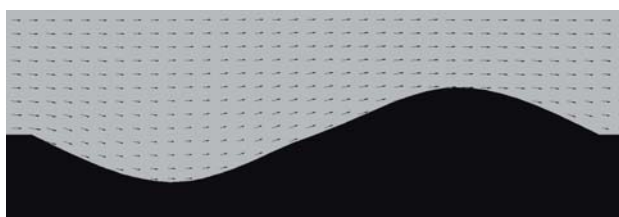


Рис. 3. Поле скоростей при обтекании рельефа ( $h = 0.33$ ).

Для практической оценки точности получаемых численных решений для каждого варианта расчета были построены численные распределения нормальной скорости по поверхности рельефа  $L_0$ . Отклонение этих значений от 0 позволяет судить о погрешности расчета. В таблице 2 приведены максимальное  $W_{n\max}$  и среднее  $w_{n\text{cp}}$  значения нор-

мальной скорости на поверхности рельефа, где

$$w_{n\max} = \max_{i=1,\dots,N} |w_{ni}|, \quad w_{n\text{cp}} = \sum_{i=1}^N |w_{ni}| / N,$$

где  $w_{ni} = \mathbf{w}(\mathbf{x}_i) \mathbf{n}_i^*$ ,  $\mathbf{x}_i$  – точка на поверхности рельефа  $L_0$ , ортогональная проекция которой на плоскость  $\pi$  есть точка  $\mathbf{z}_i \in \sigma_i$ ,  $i = 1, \dots, N$ .

Таблица 2.  
Нормальная скорость на поверхности рельефа

Вариант рельефа	$W_{n\max}$	$W_{n\text{cp}}$
h=0.167	0.1763123	0.0405582
h=0.333	0.3802614	0.0800396
h=0.500	0.5761595	0.1205298

Заметим, что в рассмотренных примерах расстояние от проекций точек рельефа с максимальной и минимальной высотой на плоскость  $\pi$  до точек с нулевой высотой вдоль координатных осей равнялось 1. Поэтому параметр  $h$  можно назвать относительной крутизной рельефа. Расчеты показали, что предложенный численный метод, основанный на снесении граничных условий на плоскость, позволяет получить приближенное поле скоростей жидкости, в котором средняя погрешность выполнения граничного условия составляет менее 10% от скорости набегающего потока при относительной крутизне рельефа  $h \approx 0.3$  и менее 5 процентов при  $h \approx 0.15$ . По мнению авторов, рассмотренный подход к решению краевых задач на слабоизогнутом экране может быть применен и к другим краевым задачам для эллиптических уравнений, которые встречаются, в частности, в задачах дифракции волн, теории фильтрации и т.д.

#### Библиографический список

1. Писарев И.В., Сетуха А.В. О моделировании трехмерного обтекания тел несжимаемой жидкостью вблизи неплоского экрана. Ученые записки Орловского Государственного Университета, 2011, с. 185-191.
2. Владимиров В.С. Уравнения математической физики. Изд. 4. М.:Наука. 1981. 512 с.
3. Колтон Д., Кресс Р. Методы интегральных уравнений в теории рассеяния. М. Мир. 1987 (пер. с англ.). – 311 с.
4. Зорич В.А. Математический анализ. Т. 2. М.: Наука. 1984. 640 с.
5. Сетуха А.В. Краевая задача Неймана в с граничным условием на плоской разомкнутой поверхности. Дифференциальные уравнения. т.37, №10, 2001г. с.1320-1338.

I.V. PISAREV, A.V. SETUKHA

#### TRANSFERENCE OF BOUNDARY CONDITIONS ON A PLAIN SURFACE IN A NEUMANN BOUNDARY VALUE PROBLEM FOR LAPLACE EQUATION ON A SLIGHTLY CURVED SHIELD

*In this article we consider the boundary value problem for Laplace's equation which arises in the modeling of potential flow of ideal fluid around relief. Solvability of such problem was proved and there was made a estimate of norm of solution. Also there was made estimates of degree of error that arises in a case of replacement of curved shield of relief by flat surface with transference of boundary condition on that surface. There was created and tested numerical method of solving of such kind of problem.*

Key words: ideal fluid, boundary value problem, potential, method of discrete singularities, boundary integral equations.

Ю.С. ФЕДЯЕВ

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики Орловского государственного университета  
E-mail: fedyaevys@gmail.com  
Тел. 8 919 201 53 54

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА «РАЗНОЦВЕТНЫХ» ЖИДКОСТЕЙ В ОГРАНИЧЕННОМ АНИЗОТРОПНОМ ОДНОРОДНОМ СЛОЕ ПОРИСТОЙ СРЕДЫ\*

*Ставится плоскопараллельная задача эволюции границы раздела «разноцветных» жидкостей в анизотропном однородном слое пористой среды. Область фильтрации ограничена контуром питания или непроницаемой границей в виде прямой линии. Исследование задачи сведено к решению задачи Коши для системы дифференциальных уравнений. Изучена эволюция границы раздела жидкостей к эксплуатационной скважине. Исследовано влияние анизотропии слоя, границы области фильтрации на движение границы раздела жидкостей.*

*Ключевые слова:* математическое моделирование, модель «разноцветных» жидкостей, плоскопараллельная фильтрация, анизотропная пористая среда.

1. Постановка задачи на физической плоскости

Рассмотрим плоскопараллельную стационарную фильтрацию несжимаемой жидкости в недеформируемом анизотропном однородном слое пористой среды (грунте) постоянной толщины  $H = 1$  с тензором проницаемости  $K = (K_{ij})$ ,  $i, j = 1, 2$ . Течение жидкости характеризуют обобщенный потенциал  $\varphi$  и функция тока  $\psi$ , которые как функции декартовых координат  $x, y$  удовлетворяют всюду в области фильтрации  $D$  (за исключением особых точек течения) системе уравнений [1]:

$$\begin{aligned} K_{11} \frac{\partial \varphi}{\partial x} + K_{12} \frac{\partial \varphi}{\partial y} &= \frac{\partial \psi}{\partial y}, \\ K_{21} \frac{\partial \varphi}{\partial x} + K_{22} \frac{\partial \varphi}{\partial y} &= -\frac{\partial \psi}{\partial x}. \end{aligned} \quad (1.1)$$

Компоненты тензора проницаемости слоя  $K_{ij}$ ,  $i, j = 1, 2$  – постоянные величины, для которых выполняются условия:

$$K_{11} > 0, |K_s| = K_{11}K_{22} - \left(\frac{K_{12} + K_{21}}{2}\right)^2 > 0. \quad (1.2)$$

Здесь  $|K_s|$  – определитель симметричной части тензора  $K$ .

Поставим двумерную задачу эволюции границы раздела жидкостей  $\Gamma_t$  на комплексной плоскости  $z = x + iy$  (физической плоскости). Полагаем, что область фильтрации  $D$  может ограничивать контур питания  $L_1$  или непроницаемая граница  $L_2$ , которые в общем случае будем обозначать  $L$ . Граница  $L$  явля-

ется прямой линией и совпадает с осью  $Ox$ . Течение жидкости происходит в верхней полуплоскости ( $y > 0$ ). Его описывают обобщенный потенциал  $\varphi(z)$  и функция тока  $\psi(z)$ , которые удовлетворяют системе уравнений (1.1). На границе  $L_1$  должно выполняться условие [1]

$$\varphi^+(z) = \text{const}, \quad z \in L_1, \quad (1.3)$$

а на  $L_2$  – условие

$$\psi^+(z) = \text{const}, \quad z \in L_2. \quad (1.4)$$

Здесь знак «+» означает предельное значение функции при подходе к границе  $L$  со стороны орта нормали к ней. Нормаль направлена внутрь области  $D$ .

Граница  $\Gamma_t$  делит область фильтрации  $D$  на части  $D_1$  и  $D_2$  ( $D = D_1 \cup D_2$ ). Воспользуемся моделью «разноцветных» жидкостей, согласно которой физические свойства жидкостей (вязкость, плотность) в  $D_1$  и  $D_2$  одинаковы. Граница  $\Gamma_t$  представляет собой «отмеченные» частицы жидкости.

Считаем, что положение границы  $\Gamma_t$  в плоскости  $z$  в любой момент времени  $t > 0$  описывает параметрическое уравнение ( $s$  – параметр)

$$z = z(t, s) \quad (x = x(t, s), \quad y = y(t, s)), \quad z \in \Gamma_t. \quad (1.5)$$

В начальный момент времени  $t = 0$  положение границы  $\Gamma_t$  известно

$$\begin{aligned} z_0 &= z(0, s) \quad (x_0 = x(0, s), \\ y_0 &= y(0, s)), \quad z_0 \in \Gamma_0. \end{aligned} \quad (1.6)$$

Дифференциальные уравнения движения границы  $\Gamma_t$  имеют вид [2]

\* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Орловской области (проект № 12-01-97522 p\_центр\_a), Министерства образования и науки Российской Федерации (соглашение 14.В37.21.0388).

$$\frac{dx}{dt} = v_x(x, y), \quad \frac{dy}{dt} = v_y(x, y), \quad (x, y) \in \Gamma_t. \quad (1.7)$$

Компоненты скорости фильтрации  $v_x$  и  $v_y$  определяют первое и второе уравнения в (1.1).

Задача эволюции границы  $\Gamma_t$  ставится в плоскости  $z$  следующим образом. Задано положение границ  $\Gamma_0, L$ , тензор проницаемости  $K$ . Необходимо найти положение границы  $\Gamma_t$  (1.5) при  $t > 0$ . Решение задачи состоит в интегрировании системы уравнений (1.1), (1.7) с учётом граничных и начальных условий (1.3), (1.4), (1.6).

## 2. Формулировка задачи на вспомогательной плоскости

Задачу эволюции границы раздела жидкостей сформулируем на вспомогательной плоскости  $\zeta = \xi + i\eta$  [1]. Это позволяет значительно упростить систему уравнений (1.1), приведя её к каноническому виду. На плоскости  $\zeta$  течение происходит в области  $D'$  ( $D' = D'_1 \cup D'_2$ ) и характеризуется обобщённым потенциалом  $\varphi(\zeta)$  и функцией тока  $\psi(\zeta)$ . Область  $D'$  связана с областью  $D$  гомеоморфным преобразованием

$$\zeta = z + \kappa \bar{z} \quad \left( z = \frac{\zeta - \kappa \bar{\zeta}}{1 - |\kappa|^2} \right). \quad (2.1)$$

Здесь

$\kappa = [K_{22} - K_{11} - i(K_{12} + K_{21})] / (K_{22} + K_{11} + 2\sqrt{|K_s|})$  это комплексная константа. Из условий (1.2) следует, что  $|\kappa| < 1$ .

$$\begin{aligned} \sqrt{|K_s|} \frac{\partial \varphi}{\partial \xi} + \sqrt{|K_a|} \frac{\partial \varphi}{\partial \eta} &= \frac{\partial \psi}{\partial \eta}, \\ -\sqrt{|K_a|} \frac{\partial \varphi}{\partial \xi} + \sqrt{|K_s|} \frac{\partial \varphi}{\partial \eta} &= -\frac{\partial \psi}{\partial \xi}. \end{aligned} \quad (2.2)$$

Здесь  $\sqrt{|K_a|} = (K_{12} - K_{21})/2$ ,  $|K_a|$  – определитель антисимметричной части тензора проницаемости  $K$ . Система уравнений (2.2) относится к эллиптической системе уравнений, если  $\sqrt{|K_s|} > 0$ ,  $|K_s| + |K_a| = |K| > 0$  ( $|K|$  – определитель тензора  $K$ ). Первое и второе уравнение системы (2.2) определяют составляющие вектора скорости фильтрации  $v_\xi$  и  $v_\eta$  на плоскости  $\zeta$ .

Граница  $L$  преобразуется на плоскости  $\zeta$  в прямую  $L'$ , уравнение которой [3]

$$\zeta = e^{i\vartheta_0} (\eta = \xi \operatorname{tg} \vartheta_0), \quad (2.3)$$

где  $\operatorname{tg} \vartheta_0 = b/(1+a)$ ,  $\vartheta_0$  – угол наклона прямой  $L'$  к оси  $O\xi$ ,

$$a = \operatorname{Re} \kappa = (K_{22} - K_{11}) / (K_{22} + K_{11} + 2\sqrt{|K_s|}),$$

$$b = \operatorname{Im} \kappa = -(K_{12} + K_{21}) / (K_{22} + K_{11} + 2\sqrt{|K_s|}).$$

Перейдём на плоскость  $\zeta_1 = \xi_1 + i\eta_1$ , используя конформное преобразование поворота на угол  $\vartheta_0$  против часовой стрелки

$$\zeta_1 = \zeta e^{-i\vartheta_0} \quad (\zeta = \zeta_1 e^{i\vartheta_0}). \quad (2.4)$$

Граница  $L'$  (2.3) на плоскости  $\zeta_1$  совпадёт с осью  $O\xi_1$ . Граничные условия (1.3) и (1.4) примут вид:

$$\varphi^+(\zeta_1) = \operatorname{const}, \quad \zeta_1 \in L'_1, \quad (2.5)$$

$$\psi^+(\zeta_1) = \operatorname{const}, \quad \zeta_1 \in L'_2. \quad (2.6)$$

Используя преобразования (2.1) и (2.4), уравнения для положения границы  $\Gamma_t$  (1.5) и её первоначального положения (1.6) запишем на плоскости  $\zeta_1$

$$\zeta_1 = \zeta_1(t, s) \quad (\xi_1 = \xi_1(t, s), \quad (2.7)$$

$$\eta_1 = \eta_1(t, s)), \quad \zeta_1 \in \Gamma'_t,$$

$$\zeta_{10} = \zeta_1(0, s) \quad (\xi_{10} = \xi_1(0, s),$$

$$\eta_{10} = \eta_1(0, s)), \quad \zeta_{10} \in \Gamma'_0, \quad (2.8)$$

где  $\Gamma'_t$  и  $\Gamma'_0$  – образы границ  $\Gamma_t$  и  $\Gamma_0$ .

Дифференциальные уравнения движения границы  $\Gamma'_t$  на плоскости  $\zeta_1$  имеют вид [2]:

$$\frac{d\xi_1}{dt} = (1 - |\kappa|^2) v_{1\xi}(\xi_1, \eta_1), \quad (2.9)$$

$$\frac{d\eta_1}{dt} = (1 - |\kappa|^2) v_{1\eta}(\xi_1, \eta_1), \quad (\xi_1, \eta_1) \in \Gamma'_t.$$

Для вычисления компонент скорости фильтрации используем уравнения (2.2):

$$v_{1\xi} = \sqrt{|K_s|} \frac{\partial \varphi(\zeta_1)}{\partial \xi_1} + \sqrt{|K_a|} \frac{\partial \varphi(\zeta_1)}{\partial \eta_1}, \quad (2.10)$$

$$v_{1\eta} = -\sqrt{|K_a|} \frac{\partial \varphi(\zeta_1)}{\partial \xi_1} + \sqrt{|K_s|} \frac{\partial \varphi(\zeta_1)}{\partial \eta_1}.$$

Таким образом, исследование эволюции границы раздела «разноцветных» жидкостей сводится к решению системы уравнений (2.2), (2.9) с учётом граничных и начальных условий (2.5), (2.6), (2.8). После того как решена задача на плоскости  $\zeta_1$ , используя преобразования (2.1) и (2.4), найдём её решение на физической плоскости  $z$ .

## 3. Численный метод решение задачи

Построим численный алгоритм решения поставленной задачи. Фундаментальные решения уравнений (2.2) известны [4]. Они моделируют работу эксплуатационных и нагнетательных скважин в области фильтрации. Граница области фильтра-

ции учитывается с помощью теоремы сопряжения на прямой [3].

Численно решим систему уравнений (2.9) при начальном условии (2.8). Считаем, что положение границы  $\Gamma'_i$  в каждый момент времени  $t_p, p = 0, 1, \dots$  задаётся множеством точек  $M_i^p, i = 1, 2, \dots, m$ , координаты которых обозначим  $\{\xi_{li}^p, \eta_{li}^p, i = 1, 2, \dots, m\}$

Тогда начальное условие (2.8) примет вид

$$\Gamma'_0 : \{\xi_{li}^0, \eta_{li}^0, i = 1, 2, \dots, m\}. \quad (3.1)$$

При этом точки  $M_i^0, i = 1, 2, \dots, m$  разбивают границу  $\Gamma'_0$  равномерно по длине на  $m$  частей.

Дифференциальные уравнения движения границы (2.9) аппроксимируем следующим образом (метод Эйлера):

$$\begin{aligned} \frac{\xi_{li}^{p+1} - \xi_{li}^p}{\Delta t_{p+1}} &= (1 - |\kappa|^2) v_{1\xi_i}, \\ \frac{\eta_{li}^{p+1} - \eta_{li}^p}{\Delta t_{p+1}} &= (1 - |\kappa|^2) v_{1\eta_i}, \quad i = 1, 2, \dots, m. \end{aligned} \quad (3.2)$$

Здесь  $\Delta t_{p+1} = t_{p+1} - t_p, v_{1\xi_i} = v_{1\xi}(\xi_{li}^p, \eta_{li}^p),$

$$v_{1\eta_i} = v_{1\eta}(\xi_{li}^p, \eta_{li}^p).$$

Решив уравнения (3.2) с начальным условием (3.1) при  $p = 0$ , находим положение границы  $\Gamma'_i$  в момент времени  $t_1$ . Повторяя предложенный алгоритм для  $p = 1, 2, \dots$ , находим положение границы  $\Gamma'_i$  в последующие моменты времени.

#### 4. Эволюции границы раздела жидкостей к скважине

Исследуем эволюцию границы раздела «разноцветных» жидкостей к скважине. Пусть на физической плоскости  $z$  эксплуатационная скважина дебита  $q$  расположена на расстоянии  $d$  от границы  $L$  в точке  $z_c = id$  (см. рис. 1). Её работу моделируем точечным стоком мощности  $-q$  ( $q$  – модуль мощности).

Используя теорему сопряжения на прямой [3] и фундаментальное решение для стока [4], имеем обобщённый потенциал течения на плоскости  $\zeta_1$  в случае, когда область фильтрации ограничена контуром питания

$$\varphi = -\frac{q}{2\pi\sqrt{|K_s|}} (\ln|\zeta_1 - \zeta_{1c}| - \ln|\zeta_1 - \bar{\zeta}_{1c}|), \quad L \equiv L_1 \quad (4.1)$$

и в случае, когда область фильтрации ограничена непроницаемой границей

$$\begin{aligned} \varphi = -\frac{q}{2\pi\sqrt{|K_s|}} \left( \ln|\zeta_1 - \zeta_{1c}| + \frac{|K_s| - |K_a|}{|K|} \ln|\zeta_1 - \bar{\zeta}_{1c}| + \right. \\ \left. + 2\frac{\sqrt{|K_s|}\sqrt{|K_a|}}{|K|} \arg(\zeta_1 - \bar{\zeta}_{1c}) \right), \quad L \equiv L_2. \end{aligned} \quad (4.2)$$

Здесь  $\zeta_{1c} = \zeta_{1c} + i\eta_{1c}$  – точка расположения скважины на вспомогательной плоскости  $\zeta_1$ . Используя преобразования (2.1) и (2.4) для координат скважины, имеем:

$$\xi_{1c} = 2d \sin \vartheta_0, \quad \eta_{1c} = \frac{1 - |\kappa|^2}{1 + a} d \cos \vartheta_0. \quad (4.3)$$

Поле скорости фильтрации на вспомогательной плоскости  $\zeta_1$  получим, подставив обобщённый потенциал (4.1) или (4.2) в формулы (2.10).

Полагаем, что граница  $\Gamma_0$  совпадает с границей  $L$ . Практический интерес имеет случай, когда граница  $L$  – это контур питания. Согласно преобразованиям (2.1) и (2.4), на вспомогательной плоскости  $\zeta_1$  граница  $\Gamma'_0$  совпадает с осью  $O\xi_1$ . В работе [5] исследована плоскопараллельная эволюция границы раздела «разноцветных» жидкостей в безграничной анизотропной однородной пористой среде. В этом случае (при отсутствии границы  $L$ ) первой до скважины дойдёт частица границы  $\Gamma'_0$ , ближайшая к точке расположения стока. Время  $T$  достижения границей  $\Gamma'_i$  скважины определяется формулой

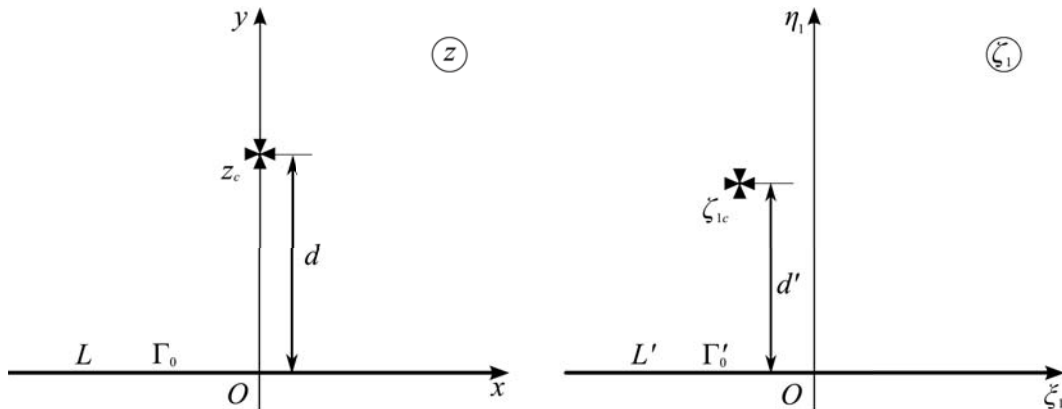


Рис. 1. Постановка задачи.



$$T = \frac{\pi d'^2}{(1 - |\kappa|^2)q}, \quad (4.4)$$

где  $d'$  – кратчайшее расстояние от  $\Gamma_0'$  до скважины (радиус скважины пренебрежимо мал по сравнению с  $d'$ ). В рассматриваемом случае расстояние  $d'^2 = \eta_{1c}^2$ . Подставив (4.3) в (4.4) и упростив полученное выражение, имеем

$$T = \sqrt{\frac{1 - \gamma^2}{\beta}} T_0, \quad (4.5)$$

где  $T_0 = \pi d^2 / q$  – время достижения стока в изотропном грунте ( $K_{11} = K_{22} = 1, K_{12} = K_{21} = 0$ ),  $\beta = K_{22} / K_{11}$ ,  $\gamma = (K_{12} + K_{21}) / (2\sqrt{K_{11}K_{22}})$ .

Параметр  $\beta \in (0, +\infty)$  характеризует различие компонент тензора проницаемости, расположенных на главной диагонали. Параметр  $\gamma \in [0, 1)$  показывает наличие в тензоре проницаемости компонент  $K_{12}$  и  $K_{21}$ .

На рис. 2 показана зависимость времени  $T$  от параметра  $\beta$  для значений параметра  $\gamma = 0; 1/2; 3/4$  в безграничном грунте. Расчет проводился по формуле (4.5). В качестве характерного времени выбрано время  $T_0$  ( $d = 1, q = \pi$ ). Видим, что с увеличением параметра  $\beta$  время  $T$  уменьшается. Все зависимости  $T(\beta)$  ограничены сверху кривой, соответствующей параметру  $\gamma = 0$ . При росте параметра  $\gamma$  время  $T$  уменьшается.

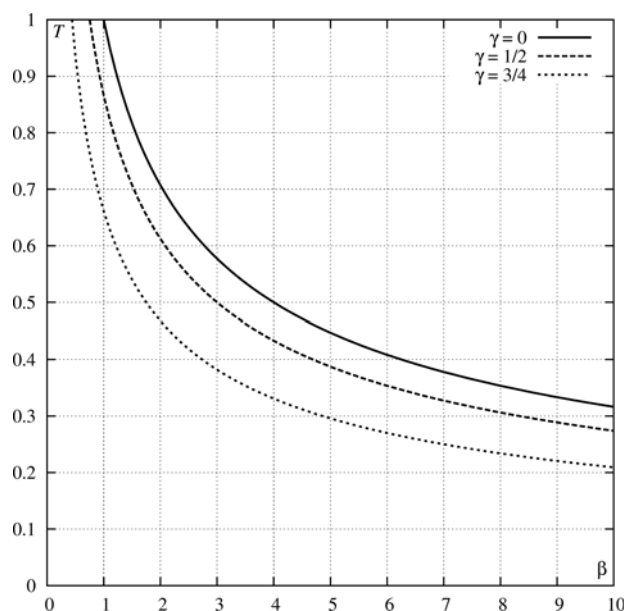


Рис. 2. Зависимость времени  $T$  от параметра  $\beta$  для прямолинейной границы  $\Gamma_0$  в безграничном грунте.

На рис. 3 показана зависимость времени  $T$  от параметра  $\beta$  для значений параметра  $\gamma = 0; 1/2; 3/4$  при наличии контура питания. Зависимости полу-

чены численно в результате решения системы уравнений (3.2) с начальным условием (3.1). Поведение кривых аналогично случаю безграничной области фильтрации, только время  $T$  меньше при соответствующих значениях параметров  $\beta$  и  $\gamma$ . Расчёты проводились при условии, что  $K_{12} = K_{21}$  ( $|K_d| = 0$ ).

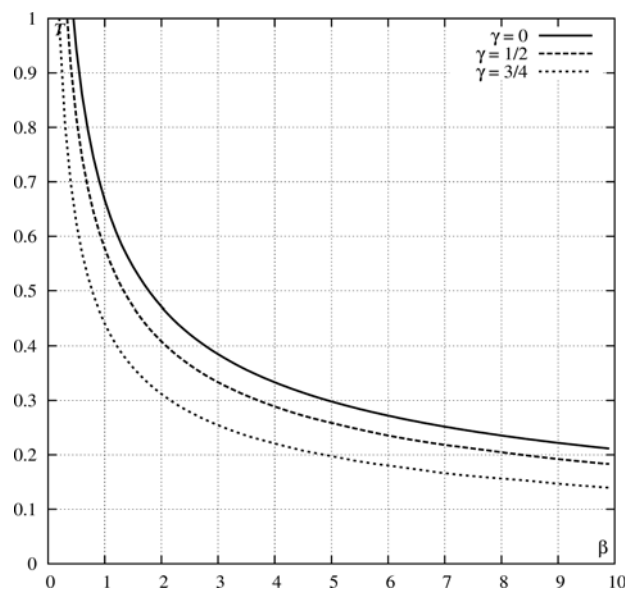


Рис. 3. Зависимость времени  $T$  от параметра  $\beta$  для прямолинейной границы  $\Gamma_0$  при наличии контура питания.

Прорыв границы  $\Gamma_t$  к скважине при  $\gamma = 0$  происходит вдоль оси  $Oy$ . Если  $K_{12} \neq K_{21}$ , то симметрия течения относительно оси  $Oy$  нарушается. Так на рис. 4 показано положение границы  $\Gamma_t$  в момент достижения скважины при  $K_{11} = K_{22} = 1, K_{12} = 3/2, K_{21} = 0$ . Заметим, что при наличии контура питания имеется зависимость времени  $T$  от компонент  $K_{12}$  и  $K_{21}$ , хотя в безграничном грунте время  $T$  зависит только от параметров  $\beta$  и  $\gamma$ .

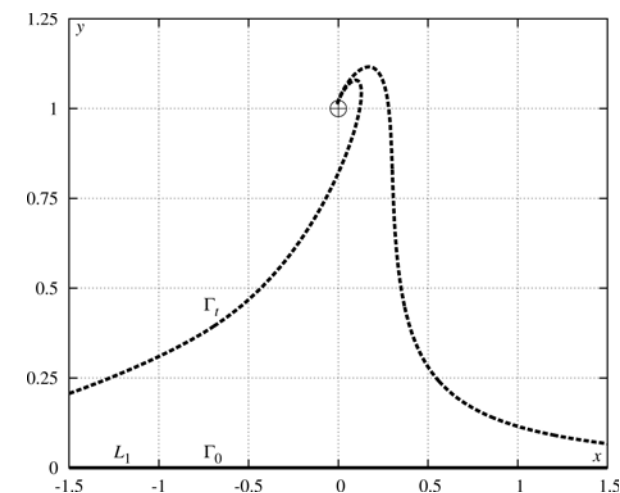


Рис. 4. Эволюция прямолинейной границы раздела жидкостей.

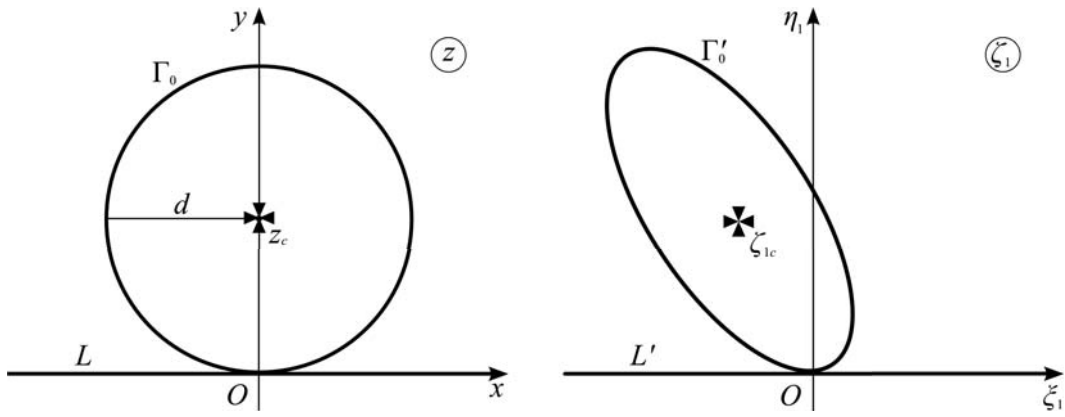


Рис. 5. Начальное положение границы раздела жидкостей.

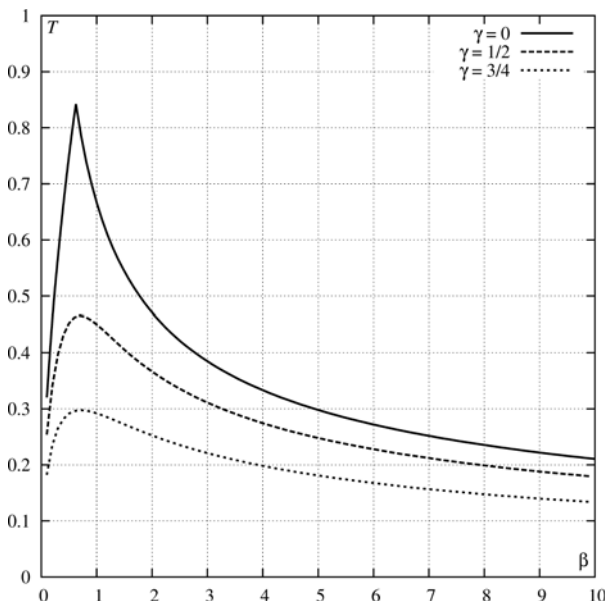


Рис. 6. Зависимость времени  $T$  от параметра  $\beta$  для границы  $\Gamma_0$  в виде окружности при наличии контура питания.

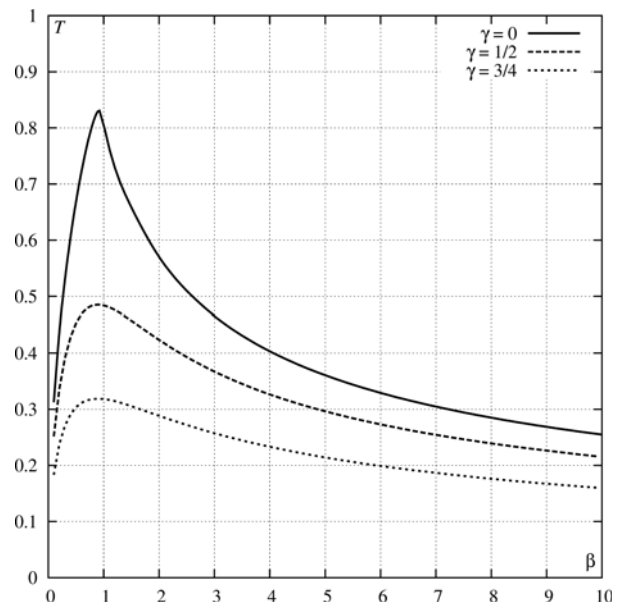


Рис. 7. Зависимость времени  $T$  от параметра  $\beta$  для границы  $\Gamma_0$  в виде окружности при наличии непроницаемой границы.

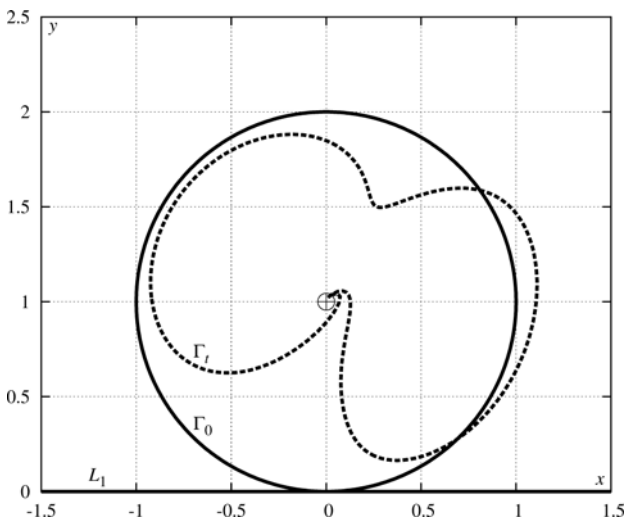


Рис. 8. Эволюция границы раздела жидкостей в виде окружности при наличии контура питания.

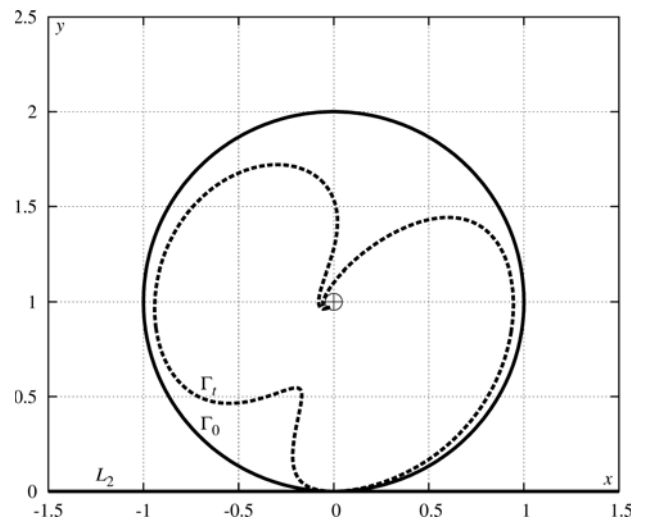


Рис. 9. Эволюция границы раздела жидкостей в виде окружности при наличии непроницаемой границы.

Рассмотрим случай, когда граница  $\Gamma_0$  – окружность радиуса  $d$ , центр которой находится в точке расположения скважины. Уравнение окружности  $x^2 + (y - d)^2 = d^2$ . Согласно преобразованиям (2.1) и (2.4) на вспомогательной плоскости  $\zeta_1$  граница  $\Gamma'_0$  – эллипс [3] (см. рис. 5).

Для рассматриваемого случая формула (4.4) примет вид [5]

$$T = \frac{1 - |\kappa|}{1 + |\kappa|} T_0. \quad (4.6)$$

На рис. 6 показаны зависимости времени  $T$  от параметра  $\beta$  для значений параметра  $\gamma = 0; 1/2; 3/4$  в случае, когда граница  $L$  – контур питания. Численные расчёты проводились при условии, что  $K_{12} = K_{21}$  ( $|K_a| = 0$ ). Кривые  $T(\beta)$  имеют максимум при значениях  $\beta < 1$ . Появление максимума связано с изменением направления прорыва жидкости к скважине. Все зависимости  $T(\beta)$  ограничены сверху кривой, соответствующей параметру  $\gamma = 0$ . При росте параметра  $\gamma$  время  $T$  уменьшается. Заметим, что

при отсутствии границы  $L$  зависимости определяются по формуле (4.6) и имеют аналогичный вид.

На рис. 7 изображены зависимости времени  $T$  от параметра  $\beta$  для значений параметра  $\gamma = 0; 1/2; 3/4$  в случае, когда граница  $L$  – непроницаемая граница. По сравнению со случаем контура питания время  $T$  увеличивается.

На рис. 8 показано положение границы  $\Gamma_t$  в момент достижения скважины, когда область фильтрации ограничивает контур питания  $L_1$ , а на рис. 9 – непроницаемая граница  $L_2$ . Расчёты проводились при  $K_{11} = K_{22} = 1, K_{12} = 3/2, K_{21} = 0$ . В случае контура питания прорыв жидкости происходит с его стороны, а в случае непроницаемой границы – с противоположной.

Предложенный метод позволяет исследовать эволюцию произвольной границы раздела «разноцветных» жидкостей в анизотропном однородном слое пористой среды, ограниченном контуром питания или непроницаемой границей в виде прямой линии.

#### Библиографический список

1. Пивень В.Ф. Решение граничных задач двумерной фильтрации в анизотропно-неоднородном слое пористой среды. Труды Международных школ-семинаров «Методы дискретных особенностей в задачах математической физики». Орёл: ГОУ ВПО «Орловский государственный университет», 2007. Вып. 5. С. 91-100.
2. Пивень В.Ф. Двумерная задача эволюции границы раздела жидкостей в анизотропном слое пористой среды. Труды Международных школ-семинаров «Методы дискретных особенностей в задачах математической физики». Орёл: ГОУ ВПО «Орловский государственный университет», 2009. Вып. 7. С. 81-91.
3. Пивень В.Ф. Исследование граничных задач плоскопараллельных течений жидкости в анизотропной пористой среде. Дифференциальные уравнения, 2009. Т. 45, № 9. С. 1286-1297.
4. Пивень В.Ф. Фундаментальные решения уравнений двумерной фильтрации в анизотропном слое пористой среды. Труды Международных школ-семинаров «Методы дискретных особенностей в задачах математической физики». Орёл: ГОУ ВПО «Орловский государственный университет», 2008. Вып. 6. С. 86-94.
5. Пивень В.Ф., Федяев Ю.С. Математическое моделирование эволюции границы раздела «разноцветных» жидкостей в анизотропном однородном слое пористой среды. Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки, 2010. № 2 (36). С. 49-55.

Y.S. FEDYAEV

#### EVOLUTION OF BOUNDARY SURFACE BETWEEN «MULTICOLOURED» FLUIDS IN BOUNDED ANISOTROPIC HOMOGENEOUS LAYER OF A POROUS MEDIUM

*We pose the problem plane-parallel evolution of «multicoloured» fluids in an anisotropic homogeneous layer of a porous medium. Filtration area bounded external boundary or impermeable boundary is a straight line. Investigation of the problem is reduced to the Cauchy problem for a system of differential equations. The evolution of a fluid-fluid interface to the production well. The effect of anisotropy layer to move fluid-fluid interface.*

*Key words: mathematical modelling, model of “multicoloured” fluids, plane-parallel filtering, anisotropic porous medium.*

## РЕАКЦИЯ pH МОРФОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР *BETULA PENDULA* ROTH В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭКСПРЕССИИ ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКОГО СТРЕССОРА

*Отображается специфика ответной реакции Betula L. на стресс, порождаемый действием разнообразных биоэкологических факторов, в совокупности которых по экспрессии главенствующее положение занимает фитопатологический.*

Ключевые слова: *Inonotus obliquus (Pers.) Pil., Betula pendula Roth., водородный показатель.*

### Введение

В растениях наряду с белками, нуклеиновыми кислотами, углеводами, липидами и витаминами содержатся различные вещества, называемые обычно веществами вторичного происхождения. К таким веществам относятся: фенольные соединения, гликозиды, эфирные масла, каучук, гидроароматические соединения, алкалоиды, регуляторы роста, антибиотики и др.

Вещества вторичного происхождения играют важную роль в обмене веществ у растений. Для выделения этих веществ из растений иногда необходимо прервать или как-то изменить цепь закономерных превращений веществ в клетке, т. е. предотвратить дальнейшее потребление этих веществ.

Многие из этих веществ, например, органические кислоты (ОК), образуясь в растениях, тотчас же используются растительной клеткой для различных синтетических процессов. Эти вещества не накапливаются в растениях в больших количествах и являются промежуточными продуктами обмена веществ.

Органические кислоты содержатся во всех растениях и образуются в результате многочисленных биохимических реакций, среди которых основными следует считать реакции цикла Кребса и гликоксилатного цикла. Многие ОК являются исходными соединениями для биосинтеза аминокислот, сахаров, жиров, витаминов и некоторых других биологически активных соединений. Органические кислоты могут использоваться в качестве энергетического материала при дыхании растений. Они содержатся в растениях в свободном состоянии (плодах) или в виде кислых и нейтральных солей (листьях). Разные растения различаются по составу накапливаемых в них кислот.

Количество кислот в растении одного вида непостоянно и зависит от возраста, условий местопроизрастания.

Для экстракции кислот используют воду или органические растворители (чаще эфир). Однако этиловый эфир не растворяет соли органических кислот. Поэтому для экстракции солей материал предварительно подкисляют минеральной кислотой. При этом соли ОК переходят в свободное состояние. При экстракции водой из растительного материала, кроме кислот, извлекается много сопутствующих веществ – сахаров, пектиновых веществ, аминокислот, белков, которые перед количественным определением необходимо тщательно удалить из раствора.

Величину общей кислотности можно определить алкалометрическим или ацидометрическим титрованием с использованием соответствующих индикаторов или потенциометрически. Принцип метода заключается в извлечении из измельченного растительного материала кислот в результате нагревания с водой при температуре 80-90°C в течение 30 мин [2].

Кислоты в водных растворах диссоциируют на водородный ион и отрицательно заряженный остаток кислоты. Сильные кислоты почти нацело диссоциированы на ионы, слабые – диссоциированы в меньшей степени. От концентрации водородных ионов зависит истинная кислотность или щелочность среды.

В настоящее время принято обозначать концентрацию водородных ионов в растворах не крепче нормального символом pH. Численное выражение pH представляет собой десятичный логарифм числа, показывающего количество водородных ионов в граммах в 1 л. При этом отрицательный знак не обозначается:  $pH = -\lg a_H$  [4].

Биологическое значение концентрации водородных ионов в растительных тканях очень велико. Многие ферментативные процессы в растениях регулируются реакцией среды, которая создается в результате поступления и образования различных



веществ (минеральных солей, органических кислот). Скорость различных биохимических процессов управляется активной кислотностью среды.

Точный метод определения концентрации водородных ионов может быть использован в качестве одного из самых надежных способов изучения биохимических изменений, происходящих в морфологических структурах растений вследствие воздействия на них различных биоэкологических факторов. По характеру и скорости сдвигов в концентрациях водородных ионов можно судить об интенсивности окислительно-восстановительных и иных процессов в опытных образцах.

Необходимо отметить, что рН вытяжек или суспензий из растительного материала изменяется в относительно узких пределах вследствие большой буферной способности белковых веществ и фосфатов, содержащихся в нем.

Для определения рН существует много методов, основывающихся на электрометрических и колориметрических принципах. Хорошие результаты могут быть получены при определении рН по колориметрическому методу. Для более точных определений рН необходимо пользоваться электрометрическим методом. Существующие в настоящее время приборы, потенциометры, позволяют производить определение рН достаточно быстро и точно.

Из колориметрических методов наиболее удобен для использования метод с индикаторными бумажками. Они отличаются широкой возможностью применения в тех случаях, когда не требуется достаточно высокой точности определения рН. В ряде случаев такая точность является удовлетворительной. Однако при изучении биохимических процессов необходима большая точность, которую позволяют обеспечить рН-метры. Поэтому с учетом всего вышеизложенного в настоящей работе были апробированы данные методы.

#### Экспериментальная часть

Работа осуществлялась в два этапа. Первый этап непосредственно предусматривал измерение величины рН клеточного сока листьев (путем их растирания либо прессования черешков) и сока, образующегося при ранении ствола дерева и его ветвей в момент взятия соответствующих с них проб древесины и чаги (со ствола), универсальной индикаторной бумагой рН 0-12 (Ляхема).

На втором этапе осуществлялась рН-метрия водных вытяжек из листьев, чаги, древесины стволов и ветвей. Измерение рН проводилось на рН-метре Checker-1 (Hanna, Италия) типа рНep+ с диапазоном измерения от 0,00 до 14,00 рН и разрешением 0,01 рН (точность +0,2 рН). рН-метр настраивался и

проверялся по стандартным буферным растворам. Каждая проба замерялась по три раза, и определялось среднее показание прибора [3, 4].

В основу потенциометрического анализа водных вытяжек была положена методика по определению общей кислотности органических кислот растений, предложенная в «Биохимии растений» (учебно-методическое пособие, авторы: И.Л. Бухарина и О.В. Любимова) [2].

Пробы листьев для биохимического анализа отбирались из верхней третьей части кроны в сухую погоду, в утренние часы, после высыхания росы. Сбор материала проводился после остановки интенсивного роста листьев (начиная с июля) в Барышском лесничестве. Каждая выборка содержала по 7 экземпляров деревьев.

С целью отображения наиболее полного представления об особенностях влияния *I. obliquus* на жизнеспособность березы выборки были представлены несколько большим числом вариантов из всевозможных биотопов с участием березы на территории лесничества.

Величина рН клеточного сока ассимиляционного аппарата определялась у эврибионтного лесообразователя Ульяновского региона – березы повислой (*Betula pendula* Roth.), произрастающей в центральной части города Барыша с выраженным преобладанием аэрополлютантов в составе техногенных эмиссий (но все же у здоровых экземпляров деревьев), на границе с многолетней невозобновившейся вырубкой, в полезащитной лесополосе и насаждении, где присутствовали деревья следующих категорий: зараженные грибом *Inonotus obliquus* (Pers.) Pil. с разной степенью поражения (оценивалась по размерам чаги *f. sterilis* (Vanin) Nikol. и была представлена двумя стадиями: 1 – до достижения бесплодными наростами средних размеров по литературным данным [8, 11], и 2 – свыше средних размеров), подрост березы бородавчатой, береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.), гибрид этих двух видов, а также здоровые экземпляры деревьев березы повислой, которые служили в качестве условного контроля. Кроме того, водные вытяжки для определения величины рН были получены из самой чаги; древесины со стволов здоровых и зараженных экземпляров (обе стадии), взятой с уровня роста стерильных наростов на испытуемых деревьях; древесины ветвей со здоровых и в двух стадиях зараженных экземпляров деревьев, подростка и березы из центральной части города.

Так как в настоящем эксперименте число результатов измерений  $n \leq 15$ , то их принадлежность к нормальному распределению не проверялась [7]. Статистическая же обработка данных осуществлялась



Таблица 1.

Величина рН водных вытяжек из морфологических структур деревьев различных категорий и с разных биотопов и чаги

Категории деревьев и биотопы	Показатель рН	t
Ассимиляционный аппарат		
Центр г. Барыша	4,90±0,12	1,25
Граница с вырубкой	4,99±0,08	0,74
Лесополоса	4,92±0,01	9,17
Деревья с чагой 1 стадии	5,12±0,17	0,41
Деревья с чагой 2 стадии	5,92±0,28	3,12
Подрост	4,88±0,02	7,10
<i>Betula pubescens</i>	5,12±0,01	4,89
Гибридные	4,80±0,09	2,73
Контроль	5,05±0,01	–
Древесина ветвей		
Центр г. Барыша	5,06±0,09	0,08
Деревья с чагой (без выделения стадий)	5,17±0,10	0,78
Подрост	5,02±0,05	0,39
Контроль	5,07±0,08	–
Древесина стволов, чага		
Деревья с чагой (без выделения стадий)	6,04±0,07	2,20
Контроль	5,88±0,02	–
Чага	6,37±0,09	5,31

методом попарных сравнений, который допускает проведение математического анализа сравниваемых выборок по параметрам нормального распределения либо распределения Стьюдента в физиологических и биохимических исследованиях благодаря возможности сопоставления пар измерений [9].

В биологических исследованиях зачастую считается достаточным 5%-ный уровень значимости (вероятность ошибочной оценки  $P = 0,05$ ) [6]. Именно поэтому здесь он и применялся.

Средняя квадратичная ошибка различий, наблюдаемых между парными вариантами, определялась как:

$$m_d = \sqrt{\frac{\left(\frac{\sum d^2}{n} - D^2\right)}{n-1}},$$

где  $d$  – разница между парными значениями сравниваемых величин;  $D$  – разница между средними величинами сравниваемых совокупностей.

Критерий достоверности рассчитывался по формуле:  $t = D/m_d$ . Поправка Бонферрони учитывалась.

#### Обсуждение результатов и выводы

Измерение величины рН сока растительного материала рассматриваемых выборок универсальной индикаторной бумагой не дало сколько-нибудь ощутимых различий между экспериментальными совокупностями по данному показателю (по цвету полос – рН = 5,5-6,0). Это обстоятельство было одним из тех, которые обуславливали необходимость использования в настоящей работе второго (электрометрического) метода, позволившего сделать соответствующую разницу очевидной (табл. 1).

В данном случае оценка разности средних между совокупностями проводилась отдельно в каждой группе выборок (листья, древесина ветвей и древесина стволов + чага с испытуемых деревьев). В силу различия трех представленных групп выборок по объему для них отличались и значения  $t_{кр}$  с поправкой Бонферрони (как частичной, так и общего случая). Простое же парное сравнение выборок внутри всех групп имело  $t_{кр} = 2,45$  (0,05, 6). Критическое значение  $t$  с поправкой Бонферрони для множественных сравнений с контролем составило: в первой группе выборок (ассимиляционный аппарат) – 4,12 (0,006, 6); во второй (древесина ветвей) – 3,29 (0,017, 6); в третьей (древесина стволов и чага) – 2,97 (0,025, 6). В общем случае оно бы было эквивалентно, соответственно, для первой группы – 5,59 (0,001, 6), второй – 3,87 (0,0083, 6) и третьей – 3,29 (0,017, 6).

Таким образом, во второй группе выборок тематические ожидания отдельных совокупностей относительно контрольной статистически не различаются. В третьей значения отрицательного десятичного логарифма активности водородных ионов в водном растворе достоверно отличаются лишь у чаги ( $t = 5,31$ ) и контроля (но в случае простого парного сравнения выборок – чаги и деревьев с чагой двух стадий, по величине водородного показателя между ними все же наблюдаются расхождения, подтверждаемые статистически, т.к.  $t = 2,89$ ). А в первой группе средние арифметические уже трех выборок (*Betula pubescens*,  $t = 4,89$ ; подрост,  $t = 7,10$ ; лесополоса,  $t = 9,17$ ) значимо расходятся с математическим ожиданием контроля (при множественных сравнениях с контролем). Однако в последнем случае при простом парном сравнении следующие внутривыборочные величины отрицательного логарифма ионов водорода статистически отличаются от контроля (вдобавок к уже обозначенным):  $t = 2,73$  (выборочная совокупность – гибридные) и  $t = 3,12$  (выборочная совокупность – деревья с чагой 2 ст.). При парном сравнении двух выборок (деревья с чагой 1 ст. и деревья с чагой 2 ст.) их математические ожидания также значимо различаются ( $t = 2,45$ ).

На рис. 1 графически оформлено распределение значений рН водных вытяжек из экспериментального растительного материала.

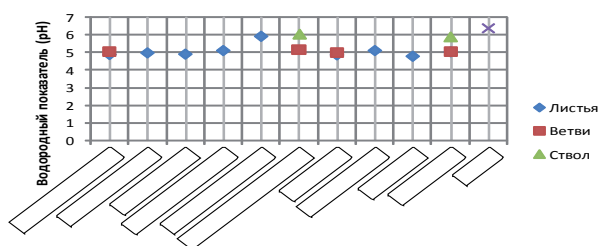


Рис. 1. Видоспецифические особенности кислотности среды морфологических структур березы, подвергшейся влиянию различных биоэкологических факторов, и чаги

Во всех трех группах выборок рН-метрия показала преобладание совокупного содержания органических кислот в морфологических структурах здоровых деревьев над таковым зараженных *I. obliquus* экземпляров, причем, как можно видеть (табл. 1), с увеличением времени воздействия патологического агента на березу (степени его развития на ней) уменьшается уровень кислотности клеточного сока в ее фотосинтетическом аппарате. По-видимому, подобное последнему нельзя исключать и в иных растительных тканях. Данная кислотная диспропорция определенно может свидетельствовать о характере действия механизмов ингибирования синтеза и перераспределения кислот в растительных клетках пораженной березы, отвечающих за нормальную жизнедеятельность как ассимиляционных органов, так и всего организма в целом. Однако в этом случае, безусловно, необходимо учитывать особенности химизма деструктивных процессов, происходящих в гниющих тканях и приводящих к распаду одних органических веществ и накоплению других, а также образованию совершенно новых соединений, которые могут изменять реакцию среды. Все же для возможной флуктуации кислотности среды от нормы имеются свои придержки, поскольку большинство грибов имеет оптимум своего развития при слабокислой ее [среды] реакции (рН 5,0-6,0) [5].

Все вышеописанное находит подтверждение в литературе [10], где указывается на то, что общим признаком болезней следует считать снижение количества органических веществ в больном растении по сравнению со здоровым, то есть снижение его биологической активности.

Как следует из табл. 1, сумма органических кислот в отдельных морфологических структурах дерева и чаге не остается на одном уровне; содержание кислот постепенно уменьшается от листового аппарата к древесине стволов (в чаге оно достигает минимального значения, но ведь различна и природа рассматриваемых организмов, которые являются представителями растений и грибов).

Первое же связано с биологическими особенностями дерева, когда циркуляция и оборот большинства метаболитов не только интенсивнее происходят в листьях, нежели в других органах растения, но и подчас фотосинтетический аппарат является единственным местом локализации превращений ряда ассимилянтов. Физиолого-биохимические, а также анатомо-морфологические свойства деревьев здесь, возможно, также оказывают влияние и на экспрессивность отклика отдельных морфологических структур дерева по производству в них разнообразных органических соединений в ответ на стрессовое воздействие (раздражитель) на растение со стороны аэрополлютантов автотранспортных эмиссий. Так, например, величины рН водных вытяжек из листьев ( $4,90 \pm 0,12$ ) и древесины ветвей ( $5,06 \pm 0,09$ ) березы повислой, расположенной в центре города, находятся между значениями водородного показателя аналогичных вытяжек подроста и контроля (табл. 1) и проявляют, таким образом, синхронизм в изучаемых рядах совокупностей. Отсюда следует, что стимулирование (либо, наоборот, подавление) биосинтеза органических кислот можно рассматривать в качестве ответной реакции на многие поражения деревьев, произошедшие вследствие воздействия на них не только биотических, но и абиотических стрессоров.

По сравнению с контролем у подроста в фотосинтетических органах больше суммарная концентрация органических кислот. Это может быть свидетельством разнообразия путей биосинтеза отдельных кислот и условий, требуемых для его осуществления (например, наличие света). По всей видимости, здесь немаловажную роль играет и возраст дерева – в молодом возрасте активность проведения многих биохимических реакций в клетках значительно выше, чем в более зрелом, в итоге и с учетом синергии всех действующих на растение факторов обеспечивающего перевес суммы органических кислот в тканях в сторону молодого поколения. Речь идет именно о конечной их сумме, поскольку отдельные слагающие ее кислоты могут (как, например, аскорбиновая) иметь свои отличительные биохимические особенности, проявление которых в каждом случае приводит к различной амплитуде колебаний кислотности среды.

По общему содержанию органических кислот в листовых пластинках гибридные деревья превосходят как экземпляры деревьев *B. pubescens*, так и контроль. Подобное может быть свидетельством гетерозиса (гибридной силы), обуславливающего повышенную гетерозиготность гибридам и их биохимическое обогащение (которое приводит к усилению обмена веществ) и позволяющего гибридным

экземплярам первого поколения превосходить по жизнестойкости, продуктивности и др. признакам лучшую из родительских форм (как здесь: первое поколение превосходит как березу пушистую, так и повислую). Это достигается благодаря переходу генов в гетерозиготное состояние, при котором рецессивные летальные и полуметалельные аллели, снижающие жизнеспособность гибридов, не проявляются. Также в результате гетерозиготации могут образовываться несколько аллельных вариантов фермента, действующих в сумме более эффективно, чем в гомозиготном состоянии поодиночке. Во втором и последующих поколениях гетерозис обычно затухает.

Кумулятивная концентрация кислот в фотосинтетическом аппарате деревьев, произрастающих в лесополосе, выше аналогичного показателя ассимилирующего аппарата березы, росшей на границе насаждения с вырубкой (рис. 1), что, несомненно, указывает на лучшие условия роста первых (большая освещенность, меньшая интенсивность внутривидовой конкуренции). Но в тоже время нужно учитывать, что с увеличением степени раскрытия пространства пропорционально возрастает и негативная роль ветра (например, в результате чего усиливается транспирация), ухудшается гидротермический режим и проч. Отчасти это также играет роль в большей экспрессивности либо (соответственно) ингибировании процессов синтеза и диссимиляции ряда органических кислот в листовом аппарате деревьев насаждения, граничащих с вырубкой, по сравнению с листовыми пластинками деревьев, уходящих своим месторасположением вглубь древостоя (контрольной группы). Сюда можно отнести и инерционный характер стрессовой перестройки адаптационных механизмов, режимов функционирования березы в связи с изменением ее привычной природной обстановки, произошедшим вследствие рубки. Причем стадия инерционного сглаживания нарушений будет прямо коррелировать со временем, которое ведет свой отсчет с момента образования открытого пространства.

В данном контексте важно сказать, что для березы повислой свет является лимитирующим фактором, поскольку она относится к типичным светолюбам. Согласно шкале относительной теневыносливости древесных пород, составленной М.К. Турским (1881) по совокупности их внешних

признаков, береза бородавчатая по светолюбию уступает лишь лиственнице, располагаясь по мере увеличения теневыносливости (степени убывания требовательности к свету) на втором месте в ряду основных лесообразующих древесных пород; береза пушистая отстоит дальше – на 12 месте (после ольхи серой, но перед липой) [1].

Береза пушистая по содержанию органических кислот в листьях уступает повислой березе (рис. 1). Здесь это может указывать на худшие эдафические условия роста *B. pubescens*, а потому на перераспределение проявления конкурентных преимуществ не в ее пользу (в данном биотопе почвы свежие – эда топ А2, тогда как пушистая береза предпочитает гигрофильные условия).

Таким образом, можно заключить следующее – воздействие скошенного трутовика на пороговое содержание органических кислот в различных морфологических структурах деревьев с учетом синергетического действия остаточных факторов постепенно приводит к снижению в растительных органах уровня кислотности (функция времени), являясь одним из сильнейших стрессоров для березы.

Напоследок важно добавить, что универсальность электрометрического метода по определению рН растворов в сумме с простотой приготовления водных вытяжек из растительного материала для осуществления потенциометрического анализа не способны оставить невостребованной методологию, апробированную в настоящей работе. Рассмотренный метод не только достаточно информативен, но и менее ресурсоемок как по финансовой части, так и в разрезе временного аспекта (по сравнению, например, с выполнением определения аскорбиновой кислоты в листьях по И.К. Мурри, широко распространенным в ученой среде). Однако не в ущерб чистоте эксперимента, а также репрезентативности испытаний данная методика способствует осуществлению дифференцированного подхода применительно к установлению межбиотопических функциональных и стохастических зависимостей многофазных связей фактор (стрессор) – отклик в органических рядах высших форм, предопределенных филогенезом и, несомненно, окажется полезной для индикации стабильности развития среды по морфогенетическому гомеостазу биообъектов.

**Библиографический список**

1. *Атрохин В.Г.* Лесоводство и дендрология: Учебник для техникумов. М. : Лесн. пром-сть, 1982. 368 с.
2. *Бухарина И.Л.* Биохимия растений: учебно-метод. пос. Ижевск. : ФГОУВПО Ижевская ГСХА, 2009. 50 с.
3. Государственная система обеспечения единства измерений. Стандарт-титры для приготовления буферных растворов – рабочих эталонов рН 2-го и 3-го разрядов. Технические и метрологические характеристики. Методы их определения: ГОСТ 8.135-2004. Приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 апреля 2005 г. №84-ст введен в действие с 1 августа 2005 г. 12 с.
4. Государственная система обеспечения единства измерений. Шкала рН водных растворов: ГОСТ 8.134-98. – Постановлением Государственного комитета Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации от 27 октября 1998 г. №381 утвержден и введен в действие с 1 июля 1999 г. 11 с.
5. *Кудряшева З.Н.* Микология с основами фитопатологии. Под ред. Н.А. Дорожкина. Минск. : Вышэйшая школа, 1968. 283 с.
6. *Лакин Г.Ф.* Биометрия: Учеб. пособие для биол. спец. Вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Высш. шк., 1990. 352 с. ISBN 5-06-000471-6.
7. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов измерений. ГОСТ 8.207-76. Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 15 марта 1976 г. №619 утвержден и введен в действие с 01.01.77. 8 с.
8. *Сурков В.А.* Экологические группы грибов. М, 1998. 27 с.
9. *Чупахина Г.Н.* Физиологические и биохимические методы анализа растений: Практикум. – Калининград.: Калинингр. ун-т, 2000. 59 с.
10. *Чураков Б.П.* Фитопатология: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Лесное хозяйство и ландшафтное строительство». М. : Изд-во Московского гос. ун-та леса, 2007. 424 с. ISBN 5-8135-0375-7.
11. *Юдин А.В.* Большой определитель грибов. М. : Издательство АСТ, 2001. 256 с. ISBN – 5-17-009351-9.

*M.E. BALANDAYKIN*

**REACTION PH MORPHOLOGICAL FRAMES *BETULA PENDULA* ROTH.  
DEPENDING ON AN EXPRESSION PHYTOPATHOLOGIC STRESSOR**

*Specificity of response Betula L is displayed, on the stress generated by action of various bioecological factors, in aggregate which on an expression predominating position occupies the phytopathologic.*

*Key words: Inonotus obliquus (Pers.) Pil., Betula pendula Roth., hydrogen ion exponent.*



**Е.Н. ГРИБАНОВ***кандидат химических наук, старший преподаватель Орловского государственного университета**E-mail: gribanovEN@gmail.com**Тел. (4862) 77 78 18***Э.Р. ОСКОТСКАЯ***доктор химических наук, профессор, зав. кафедрой химии Орловского государственного университета**Тел. (4862) 77 78 18***ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ЦЕОЛИТА ХОТЫНЕЦКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО ДАННЫМ ЭНЕРГОДИСПЕРСИОННОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ\***

*В работе методом энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии установлен элементный состав цеолита Хотынецкого месторождения. Показано, что в соответствии с величиной силикатного модуля и эмпирической формулой минерала его можно отнести к KL типу. Полученные данные полезны при дальнейшем изучении свойств цеолита, например, каталитических и сорбционных.*

Ключевые слова: *цеолит, элементный состав, рентгеновская спектроскопия.*

Развитие техники и технологий создает необходимость в разработке новых материалов, обладающих улучшенным комплексом свойств. Особого внимания заслуживают природные цеолиты. Они нашли широкое применение в химической промышленности, нефтехимии, атомной промышленности, сельском хозяйстве, при решении экологических задач и т.д. Это доступное и значительно более дешевое сырье по сравнению с синтетическими материалами [1-4].

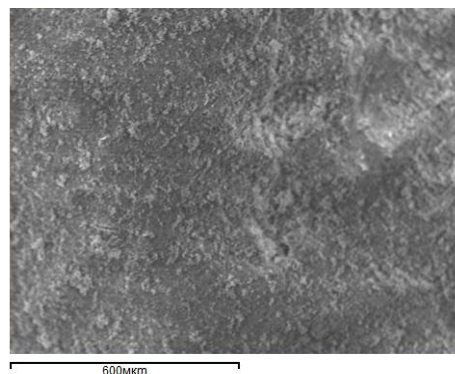
Цеолиты относятся к каркасным алюмосиликатам с трехмерной структурой, пронизанной системой каналов и полостей, благодаря чему обладают хорошо развитой внутренней поверхностью. Известно [1, 3], что свойства данного минерала находятся в прямой зависимости от особенностей его кристаллической структуры, элементного и химического состава.

Крупным источником цеолита является Хотынецкое месторождение Орловской области [5]. Тем не менее данные по элементному и химическому составу минерала этого месторождения многочисленны и достаточно противоречивы [6-9].

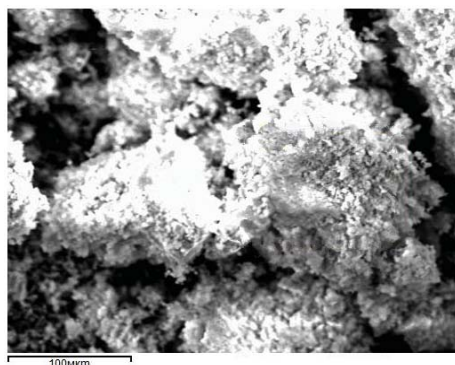
Целью настоящей работы явилось определение элементного состава цеолита Хотынецкого месторождения.

Исследования проводили на электронном микроскопе JSM-6380LV. Об элементном составе изучаемого материала судили по данным энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии

(EDX), реализуемой на приставке INCA Energy-250. Образцы минерала отобраны согласно методике, описанной в [10], предварительно высушены при температуре 90°C в течение 2 часов.



а



б

**Рис. 1.** Типичное РЭМ изображение поверхности цеолита в гранулированном (а) и мелкодиспергированном (б) состоянии.

\* Научно-исследовательская работа проводится в рамках Госзадания Министерства образования и науки РФ на 2012 г. Регистрационный номер: 2.3776.2011.



На рис. 1 (а, б) представлены типичные РЭМ-изображения поверхности цеолита в гранулированном и мелкодиспергированном состоянии. Отчетливо наблюдается высокая пористость и шероховатость минерала, которые во многом определяют его свойства.

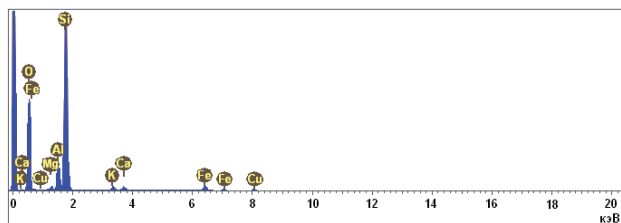


Рис. 2. Типичный EDX-спектр фрагмента поверхности цеолита одного из изучаемых образцов минерала

Для каждого исследуемого образца получены EDX-спектры различных микроучастков его поверхности. На рис.2 представлен типичный EDX-спектр одного из них. Во всех образцах Хотынецкого цеолита обнаружены: Si, Al, O, K, Ca, Mg, Fe, в 60% образцов Ti, а в 40% Cu. Усредненный элементный и химический состав цеолита приведен в таблице 1. Исходя из полученных данных, можно говорить о неоднородности элементного состава цеолита Хотынецкого месторождения.

Элементное картирование микроучастков минерала, позволяющее провести анализ распределения элементов по двум координатам, формирующих плоскость поверхности, показало, что изучаемые образцы однородны по распределению всех элементов, в том числе, меди, титана и железа. В качестве примера на рис. 3 представлено типичное картирование поверхности Хотынецкого цеолита.

Таблица 1.

Усредненный элементный состав цеолита (n=5)

Элемент	Атомный %	Средний атомный %	Соединение средний весовой %	Формула
Mg	0.53 - 0.63	0.58	1.34	MgO
Al	2.88 - 3.56	3.28	9.20	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Si	21.73 - 28.26	23.99	81.07	SiO <sub>2</sub>
K	0.51 - 0.80	0.64	1.77	K <sub>2</sub> O
Ca	0.46 - 0.68	0.55	1.84	CaO
Ti	0.10 - 0.15	0.13	0.48	TiO <sub>2</sub>
Fe	0.79 - 1.25	1.05	3.91	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Cu	0.31 - 0.38	0.34	1.51	CuO
O	64.88 - 72.2	69.78		

\*n – количество изученных образцов.

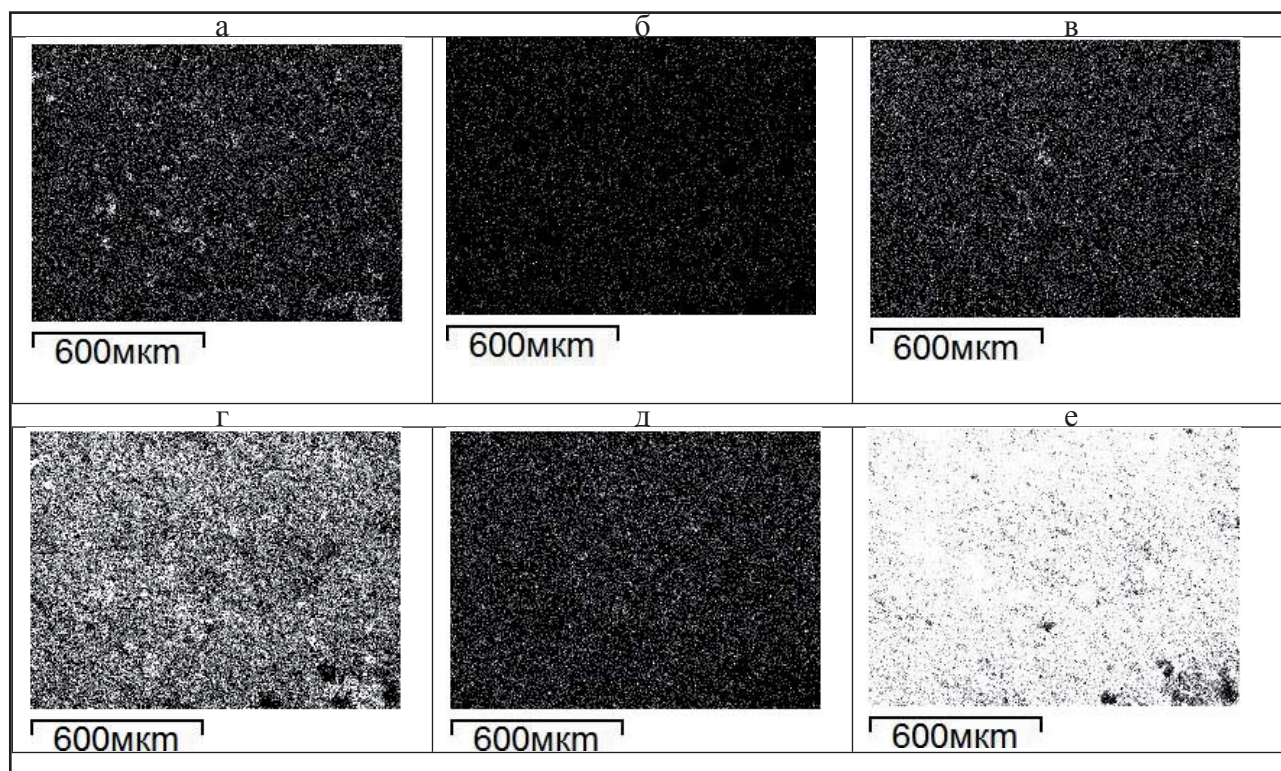


Рис.3. Карты распределения а) калия б) титана в) кальция г) алюминия д) железа е) кремния на поверхности цеолита.

Из данных об элементном составе и в соответствии с величиной силикатного модуля  $n$  (мольного соотношения оксидов кремния и алюминия) цеолит Хотынецкого месторождения можно отнести к  $L$ -типу. Его эмпирический состав, отнормированный на стехиометрический коэффициент  $Al_2O_3$ , равный 1, можно выразить следующей формулой:  $0.21K_2O \cdot 0.36MgO \cdot 0.36CaO \cdot 0.27Fe_2O_3 \cdot Al_2O_3 \cdot 14.98SiO_2 \cdot nH_2O$ , характерной для цеолита типа  $KL$  [1, 11, 12]. Стоит отметить, что высокое значение  $n$  указывает, вероятно, на присутствие в минерале достаточно большого количества свободного  $SiO_2$ .

Таким образом, в работе методом энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии установлен усредненный элементный состав цеолита Хотынецкого месторождения. В соответствии с

величиной силикатного модуля и эмпирической формулой минерала его можно отнести к  $KL$  типу. Сделано предположение о присутствии достаточно большого количества свободного  $SiO_2$  в составе минерала, показана его химическая неоднородность. Исходя из элементного и химического состава, от Хотынецкого цеолита можно ожидать (кроме высоких сорбционных свойств, свойственных всем минералам данного типа) достаточно высокую устойчивость к кислотному и термическому воздействию, высокую каталитическую активность, особенно если принять во внимание наличие в структуре минерала оксидов титана и железа. [4, 12] Полученные данные полезны при дальнейшем изучении свойств цеолита, например, каталитических и сорбционных.

#### Библиографический список

1. Брек Д. Цеолитовые молекулярные сита. М.: Мир, 1976. 781 с.
2. Frederick A. Mumpton (1999). «La roca magica: Uses of natural zeolites in agriculture and industry». PNAS 96 (7): 3463–3470. DOI:10.1073/pnas.96.7.3463
3. Рабо Д. Химия цеолитов и катализ на цеолитах. Том 1. М.: Мир, 1980. С.506
4. Крылов О.В. Гетерогенный катализ: Учебное пособие для вузов. М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. 679 с.
5. Обзор рынка природных цеолитов в СНГ. М.:ИнфоМайн, 2010.
6. Григорьева А.В. Минералогия цеолитсодержащих пород Русской платформы на примере Хотынецкого месторождения Орловской области: диссертация ... кандидата геолого-минералогических наук : 25.00.05. Москва, 2002. 90 с.
7. Краткая характеристика минералогического состава Орловских цеолитов. ООО «АЛСИКО - РЕСУРС». [электронный ресурс] <http://www.agrozeolit.ru>
8. Природные цеолиты – Сокирниты. Опыт применения в процессах очистки воды и стоков. [электронный ресурс] <http://zeomix.ru>
9. Подъяблонский С.М. Влияние подкормки цеолитами на состав крови и обмен веществ свиней // Науч.-тех. бюл. Сиб. НИПТИЖ. Новосибирск, 1990. № 2. С.14-17.
10. Карнов Ю.А., Савостин А.П. Методы пробоотбора и пробоподготовки. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2003. 243 с.
11. Технология, экономика и автоматизация процессов переработки нефти и газа: Учеб. пособие. М.: Химия, 2005. 736 с.
12. Новый справочник химика и технолога. Сырье и продукты промышленности органических и неорганических веществ. Часть 1. СПб.: «Мир и Семья», 2002. 988 с.

*E. N. GRIBANOV, E. R. OSKOTSKAYA*

#### ELEMENTAL COMPOSITION OF KHOTYNETSKY ZEOLITE ACCORDING TO ENERGY DISPERSIVE X-RAY SPECTROSCOPY

*In this paper elemental composition of the zeolite Khotynetsky field by the method of energy dispersion X-ray spectroscopy. It is shown that, in accordance with the size of silica modulus and the empirical formula of the mineral can be attributed to the KL type. These data are useful for further studying the properties of the zeolite, for example, catalytic and sorption.*

*Key words: zeolite, elemental composition, X-ray spectroscopy.*

**М.Н.КАЛИНИН**

студент кафедры химии Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 77 78 18

**Е.Н. ГРИБАНОВ**

кандидат химических наук, старший преподаватель Орловского государственного университета  
E-mail: gribanovEN@gmail.com  
Тел. (4862) 77 78 18

**Э.Р. ОСКОТСКАЯ**

доктор химических наук, профессор, зав. кафедрой химии Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 77 78 18

## СКРИНИНГ НЕКОТОРЫХ ПРОДУКТОВ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ЛЕВОМИЦЕТИНА\*

*В работе методом ВЭЖХ проведен скрининг продуктов животного происхождения на содержание остаточных количеств левомецетина (хлорамфеникола). Обнаружено наличие данного фармацевтического препарата в некоторых продуктах питания. Полученные данные полезны при мониторинге качества данной группы товаров, разработке новых методик определения антибиотиков.*

Ключевые слова: левомецетин, хлорамфеникол, скрининг, продукты животного происхождения.

Широкий ассортимент фармацевтических препаратов и биологически активных добавок, применяемых в животноводстве и пищевой промышленности для улучшения потребительских свойств продуктов питания и снижения их себестоимости, создает необходимость в оценке качества и безопасности данной группы товаров для потребителя. Остро данная проблема стоит при определении остаточных количеств антибиотиков в продуктах животного происхождения. Это связано с их токсическим и канцерогенным действием при регулярном поступлении в организм человека с пищевыми продуктами (возникновение аллергических реакций, дисбактериозов, подавление активности некоторых ферментов, изменение микрофлоры кишечника и др.). Следует отметить возможность отрицательного влияния антибиотиков в сырье на проведение ряда технологических процессов при переработке мяса, рыбы, молока (в частности, при получении кисломолочных продуктов) и других продуктов. Кроме того, наличие антибиотиков может затруднять бактериологические исследования качества продуктов животного происхождения [1-3].

Одним из наиболее часто применяемых антибиотиков является левомецетин (хлорамфеникол). Хлорамфеникол – препарат широкого спектра действия. Установлено, что он медленно выводится

из организма животных и сравнительно долго сохраняет свою активность при хранении продуктов питания [3].

Целью настоящей работы явился скрининг некоторых продуктов питания животного происхождения на содержание остаточных количеств левомецетина.

### Экспериментальная часть

В качестве исследуемых образцов были взяты: молоко «Для всей семьи», ОАО «Юнимилк» (г.Шклов, Республика Беларусь); молоко ООО «Маслово» (с. Маслово, Орловская область); мясо куриное (ОАО «Красная поляна», п. Студенок, Курская область); мясо куриное домашнее; яйцо куриное домашнее.

Отбор проб осуществлялся в соответствии с требованиями ГОСТов [4, 5]. Образцы продуктов питания, при необходимости, герметично упаковывали в полиэтиленовые мешки или стеклянные банки с притертыми крышками.

Анализ проводили методом ВЭЖХ согласно методическим указаниям, приведенным в [6] в день отбора проб. Для этого экстрагировали хлорамфеникол этилацетатом, далее экстракт промывали 10% раствором щелочи и уксусной кислоты, обезжировали петролейным эфиром и определяли с

\* Научно-исследовательская работа проводится в рамках Госзадания Министерства образования и науки РФ на 2012 г. Регистрационный номер: 2.3776.2011.



помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии в обращенно-фазовом варианте. Данный метод определения левомицетина в сельскохозяйственных продуктах характеризуется пределом обнаружения, равным 0.01 мг/кг, хорошей воспроизводимостью и надежностью.

В работе использовали жидкостной микроколоночный хроматограф «Милихром-6» (ЗАО «Научприбор», г.Орел) с УФ-детектором. Хроматографическое разделение проводили на колонке для ОФ-ВЭЖХ КАХ-6-80-3, сорбент Сепарон-С18. Колонку термостатировали при 35°C. Элюент: ацетонитрил – вода (40:60), длина волны детектирования 278 нм. Математическая обработка хроматограмм осуществлялась в программе UniCrom. В качестве стандарта хлорамфеникола использовали фармацевтическую форму препарата из аптечной сети.

### Результаты и их обсуждение

На рис. 1 представлена хроматограмма стандартного раствора левомицетина в воде.

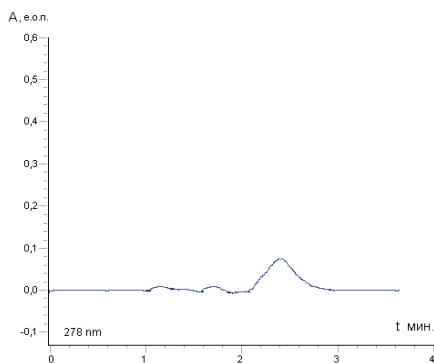


Рис. 1. Хроматограмма стандартного раствора левомицетина ( $c=1 \cdot 10^{-5}$  г/мл) в воде [Сепарон-С18, ацетонитрил – вода (40:60),  $\lambda=278$  нм].

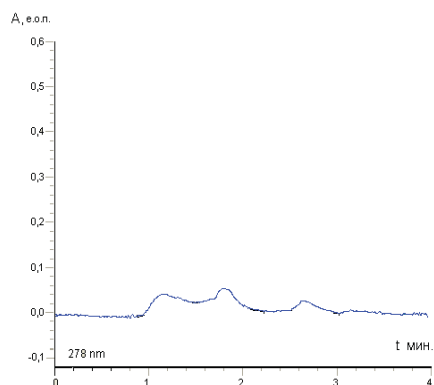


Рис. 2. Хроматограмма пробы молока «Для всей семьи», ОАО «Юнимилк» [Сепарон-С18, ацетонитрил – вода (40:60),  $\lambda=278$  нм].

Для всех исследуемых продуктов, после их предварительной пробоподготовки и последующего химического анализа, были получены соответствующие хроматограммы. В качестве примера на рис. 2 приведена хроматограмма пробы молока «Для всей семьи», ОАО «Юнимилк».

Таблица 1.

Результаты определения левомицетина в изучаемых продуктах питания (n=5, P=0.95)

Продукт	Содержание левомицетина* (мг/кг)	$s_r$
Молоко («Юнимилк»)	0,023	0,02
Молоко («Маслово»)	0,028	0,06
Мясо куриное («Красная поляна»)	Не обнаружено	-
Мясо куриное (домашнее)	Не обнаружено	-
Яйцо куриное (домашнее)	0,038	0,07

\* максимальная разовая доза 1 г, максимальная суточная доза – 4 г.

Результаты определения остаточных количеств левомицетина в изучаемых продуктах питания представлены в таблице 1. Согласно им антибиотик отсутствует только в мясе курином (домашнее и фирмы «Красная поляна»). Наибольшее содержание наблюдается в яйце домашнем, что, наиболее вероятно, связано с поступлением препарата в организм курицы с пищевыми добавками и последующим его сорбционным концентрированием оболочкой яйца. Стоит отметить, что дозы левомицетина, способные вызывать опасные, в том числе гемотоксические проявления при действии на организм человека, до сих пор в РФ не регламентированы.

Таким образом, проведенный в работе скрининг некоторых продуктов питания на содержание остаточных количеств левомицетина показывает, что только два из исследованных образцов отвечают в полной степени гигиеническим требованиям безопасности пищевых продуктов – в них хлорамфеникол отсутствует. Пробы, давшие положительный результат, требуют дальнейшего более тщательного изучения [7], а следовательно, анализа методами или методиками, характеризующимися более низким пределом обнаружения, для чего целесообразным представляется включение в химический анализ дополнительной стадии предварительного концентрирования, например, сорбционного.

**Библиографический список**

1. *Беликов В.Г.* Фармацевтическая химия. В 2 частях. Ч. 1. Общая фармацевтическая химия: Учеб. для фармацев. ин-тов и фак. мед. ин-тов. М.: Высш. шк., 1993.
2. *Леонов Н.И., Скрябин Г.К., Солнцев К.М.* Антибиотики в животноводстве. М., 1962.
3. *Мелентьева Г.А., Антонова Л.А.* Фармацевтическая химия. 2-е изд. М.: Медицина, 1993.
4. ГОСТ 7202.0-74 «Мясо птицы».
5. ГОСТ 3622-68 «Молоко и молочные продукты».
6. МУК 4.1.1912-04 «Определение остаточных количеств левомицетина (хлорамфеникола, хлормицетина) в продуктах животного происхождения методом высокоэффективной жидкостной хроматографии и иммуноферментного анализа».
7. *Золотов Ю.А.* Скрининг массовых проб. Журнал аналитической химии. 2001. Т.5. №8. С.794.

***M.N. KALININ, E. N. GRIBANOV, E. R. OSKOTSKAYA***

**SCREENING OF SOME ANIMAL PRODUCTS ON THE CONTENT  
OF RESIDUES LEVOMITSETINUM**

*In the paper screened animal products for the maintenance of residues of chloramphenicol by the HPLC method. Revealed the presence of the pharmaceutical drug in some foods. These data are useful for monitoring the quality of this product group, the development of new methods for determination of antibiotics.*

Key words: *chloramphenicol, screening, animal products.*





**Ю.Е. МАМОНТОВА**

аспирант Елецкого государственного университета им. И. А. Бунина  
 E-mail: chemic55@yandex.ru  
 Тел. 8 950 809 66 19

**Л.М. НИКИТСКАЯ**

аспирант Елецкого государственного университета им. И. А. Бунина  
 E-mail: nikitskaia@mail.ru  
 Тел. 8 920 465 94 46

**Ю.А. СТЕКОЛЬНИКОВ**

кандидат химических наук, профессор, зав. кафедрой химии Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина  
 E-mail: chemic55@yandex.ru  
 Тел. 8 904 686 26 57

## МЕТОДИКА ЛЕНГМЮРА-БЛОДЖЕТТ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ НАНОМЕТРИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ ПЬЕЗОСЕНСОРНЫХ ДАТЧИКОВ

*В работе представлена методика Ленгмюра-Блоджетт – получение мономолекулярных поверхностей ряда полимерных материалов с прецизионным контролем толщины – как способ разработки технологических решений при создании химических сенсоров для измерения концентраций фенилаланина в объектах окружающей среды.*

*Ключевые слова:* фенилаланин, пьезосенсор, методика Ленгмюра-Блоджетт.

В аналитической практике особый интерес представляет создание искусственных рецепторов на пьезосенсорной подложке, способных к распознаванию и связыванию разнообразных молекул-мишеней с высокой аффинностью и специфичностью для их количественного определения [1, 2].

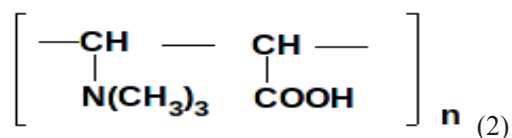
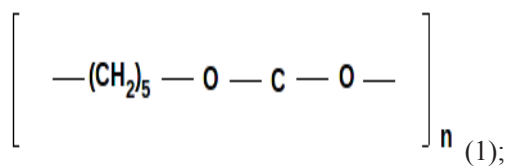
Сенсоры – миниатюрные, высокочувствительные, быстродействующие приборы, которые предназначены для прямого селективного автоматизированного определения химических веществ и биообъектов в различных средах [3, 4]. Накоплен обширный экспериментальный материал по созданию селективных и неселективных сенсорных систем для анализа широкого спектра веществ. Остается нерешенной проблема создания тонкопленочных наноструктурированных покрытий электродов с контролируемой толщиной, позволяющих выделять из многокомпонентной смеси вещества с близкими свойствами и определять концентрации основных компонентов. Тонкие пленки на твердой подложке можно получить с помощью напыления, термо- или электроосаждения, флотации и т.п. Методика Ленгмюра-Блоджетт позволяет провести однородное, прецизионное осаждение монослоя на большой поверхности, в том числе структур с переменным составом, что позволит получать достоверно воспроизводимые результаты компонентного анализа жидких и газовых сред [5].

Многообразие факторов, влияющих на отклик сенсора, затрудняет достижение достаточной воспроизводимости параметров сенсоров, стабильности и селективности. Высокочувствительные сенсоры для мониторинга окружающей среды в режиме реального времени, медицинской диагностики должны работать в широком интервале температур, обладать автоматизированной системой измерения и интерпретации сигнала отклика в зависимости от частоты резонанса, от массы покрытия, сорбируемой из газовой или жидкой.

Целью работы является изучение способов формирования наномасштабных полимерных пленок для пьезосенсорных датчиков при количественном анализе фенилаланина в объектах окружающей среды и крови человека.

Зависимость частоты резонанса кристалла кварца АТ-среза (угол среза 34 - 35°30') от массы покрытия, выражаемая уравнением Зауэрбрея, позволяет непосредственно устанавливать массу соединения, сорбируемого из анализируемой среды, селективность определения варьировать путем подбора сорбентов-модификаторов электродов пьезорезонатора.

В качестве модификаторов были исследованы поли-ε-капролактон (1) и полиметилакрилат с метиламмонийными группами (2).



Фиксирование сигнала сенсора в растворах осуществляли в статических условиях. Пробы раствора вводили в аналитическую ячейку детектирования с пьезосенсором и фиксировали отклик  $f_2$  в таком же объеме бидистиллированной воды. Для построения графической зависимости аналитического сигнала  $\Delta f = f_2 - f_1$  от концентрации проводили анализ образцов с концентрациями  $1 \cdot 10^{-5}$  до  $1 \cdot 10^{-2}$  моль/дм<sup>3</sup>. Фиксировали изменение частоты пьезосенсора для каждого из растворов и строили зависимость сдвига частоты колебаний  $\Delta f$  от концентрации фенилаланина (рис. 1).

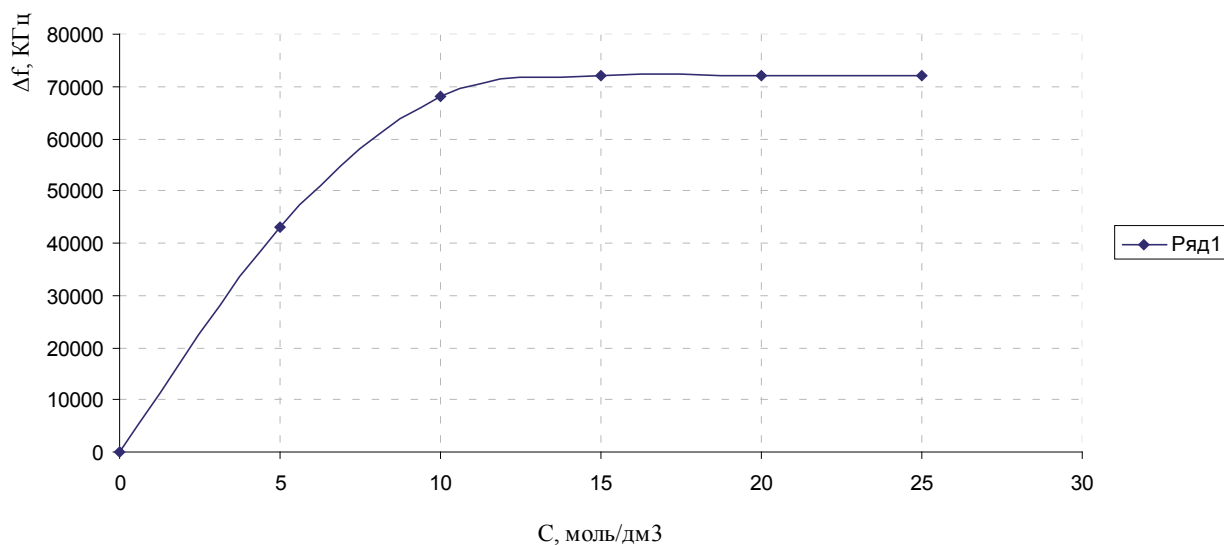


Рис. 1. Зависимость аналитического сигнала  $\Delta f$  от концентрации фенилаланина  $C = 10^{-5} - 10^{-3}$  моль/дм<sup>3</sup>. В качестве сорбента-модификатора использовали поли-ε-капролактон.

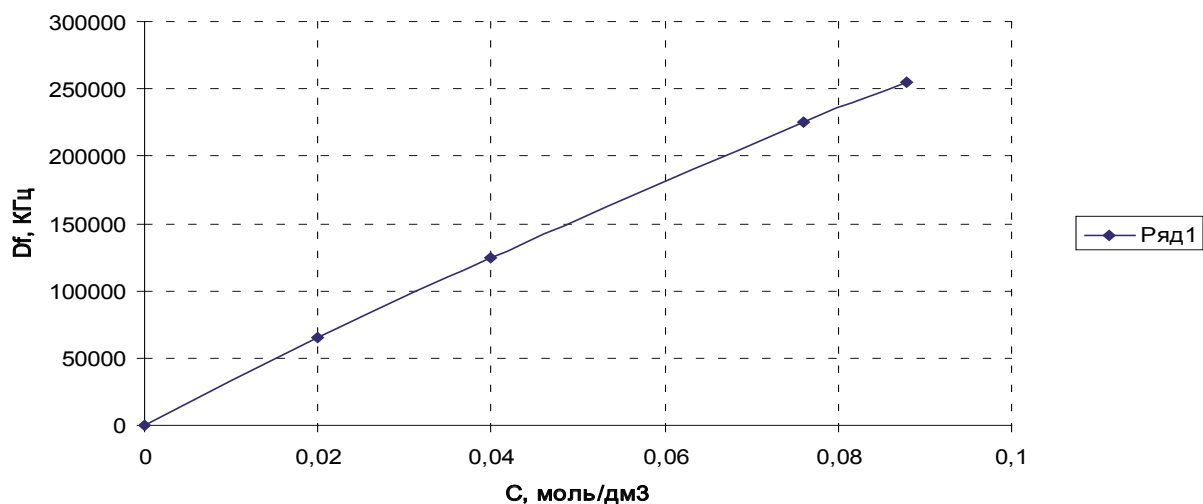


Рис. 2. Градуировочный график для определения концентрации фенилаланина в пределах  $C = 10^{-5} - 10^{-3}$  моль/дм<sup>3</sup>. В качестве сорбента-модификатора использовали полиметилакрилат с метиламмонийными группами.

Можно выявить линейную зависимость аналитического сигнала  $\Delta f$  от концентрации в пределах от  $1 \cdot 10^{-5}$  до  $1 \cdot 10^{-2}$  моль/дм<sup>3</sup>. К большим или меньшим концентрациям сенсор не чувствителен (рис. 2).

Точность предлагаемых методик определения фенилаланина пьезокварцевым микровзвешиванием оценивали методом «введено-найдено» (табл. 1).

Таблица 1.

Определение углеводов (поли-ε-капролактон – 1, полиметилакрилат с метиламмонийными группами – 2) пьезосенсором,  $n = 6$ ,  $P = 0,95$

Введено, мг/м <sup>3</sup>		Найдено, мг/м <sup>3</sup>		Sr	
1	2	1	2	1	2
5,0	10,0	5,5	9,5	0,01	0,01
5,0	25,0	5,3	23,5	0,02	0,01
5,0	30,5	4,9	32,0	0,03	0,04
10,0	80,0	11,5	80,5	0,05	0,01
15,0	90,0	13,8	91,0	0,02	0,01
25,0	95,5	27,0	94,5	0,01	0,03

Отметим, что аналитический сигнал сенсора выходил на постоянное значение за 1 – 2 минуты. По окончании измерений пьезосенсор регенерировали двумя путями:

1. сенсор удаляют из анализируемой среды и помещают в сосуд с бидистиллированной водой;

2. проточным способом, подавая воду микронасосом до установления стационарного значения частоты колебаний, т.е. до выхода его сигнала на начальный уровень.

Формирование нанослоев пленок модификаторов и их перенос на поверхность пьезорезонаторов осуществляли на установке УНМ-2 (МНПО «НИОПИК», Россия). Для получения монослоя на поверхность жидкой субфазы (бидистиллированная вода) микрошприцем вносили амфифильное вещество в растворителе и выдерживали до 20 мин. до испарения растворителя и равномерного распределения полимерного соединения по поверхности воды. Перенос монослоев с поверхности водной

фазы на пьезокварцевый резонатор осуществляли методом Ленгмюра-Блоджетт со скоростью движения твердой подложки 10 мм/мин в автоматическом режиме, поддерживая необходимое поверхностное давление для конкретного полимера.

Пленки Ленгмюра получали последовательным погружением твердой подложки вверх и вниз через монослой полимера при одновременном контролируемом поддержании постоянного поверхностного давления путем измерения поверхностного натяжения и механизма перемещения барьера.

Эксплуатация сенсоров на основе полимерных пленок Ленгмюра-Блоджетт повышает срок службы, воспроизводимость, селективность и точность измерений.

### Выводы

Высокой чувствительностью, селективностью при определении фенилаланина в объектах окружающей среды являются полимерные пленки модификаторов пьезосенсоров (поли-ε-капролактон и полиметилакрилат с метиламмонийными группами), полученных методом Ленгмюра-Блоджетт при величине поверхностного давления от 30 до 40 мПа. Исследована возможность применения и стабильность нового класса полимеров в качестве сорбентов-модификаторов поверхности сенсоров при аналитическом определении фенилаланина при пьезосенсорных и потенциометрических измерениях. Они устойчивы к воздействию компонентов анализируемых проб, характеризуются высоким сроком эксплуатации, воспроизводимости и точности пьезосенсорных измерений из-за морфологических структурных особенностей поверхностного детектирующего слоя. Экспериментальные зависимости аналитических сигналов определения фенилаланина характеризуют высокую селективность сенсоров и они линейны в интервале концентраций  $1 \cdot 10^{-5}$  до  $1 \cdot 10^{-3}$  моль/дм<sup>3</sup> при пьезо- и потенциометрических измерениях. Правильность предложенного подхода проверена методом «введено-найдено».

### Библиографический список

1. Катрлл Р.В. Химические сенсоры. М.: Научный мир, 2000. 144 с.
2. Лисичкин Г.В. Материалы с молекулярными отпечатками: синтез, свойства, применение. Успехи химии, 2006, Т.75, № 10. С. 998 – 1017.
3. Химические сенсоры. М.: Наука, 1990. 47 с. 2005. 336 с.
4. Петрухин О.М., Максименко О.О. Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 2008, т. ЛП, № 2. С.3.
5. Шведене Н.В. Селективные электроды на органические ионы. СОЖ. 2004. Т. 1, № 2. С. 11-13.
6. Авторы выражают благодарность и признательность к.х.н., доценту А.В. Калачу и д.х.н., профессору В.Ф. Селемеву за ценные советы на этапах выполнения работы.

*J.E. MAMONTOVA, L.M. NIKITSKAYA, J.A. STEKOLNIKOV*

**LANGMUIR-BLODZHETT'S TECHNIQUE AT FORMATION OF NANOMETRIC  
POLYMERIC COVERINGS PIEZOSENSORNYKH OF SENSORS**

*In work the technique of Langmuir-Blodgett reception of monomolecular surfaces of some polymeric materials with precision control of a thickness, as a way of working out of technological decisions is presented at creation of chemical sensor controls for measurement of concentration phenilalanini in objects of environment.*

*Key words: phenilalaninum, piezoresonance sensor, a technique of Langmuir-Blodgett.*



**Ю.Б. ПОТАПОВ**

доктор технических наук, профессор кафедры строительных конструкций, оснований и фундаментов Воронежского государственного архитектурно-строительного университета  
E-mail: rectorat@vgasu.vrn.ru

**А.А. ПУЗЫРЕВ**

аспирант кафедры строительных конструкций оснований и фундаментов Воронежского государственного архитектурно-строительного университета  
E-mail:alconrad@mail.ru  
Тел. 8 952 547 35 75

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НАПОЛНИТЕЛЕЙ С ПРОДУКТАМИ ГИДРАТАЦИИ АЛЮМОСОДЕРЖАЩИХ ФАЗ ПРИ ТВЕРДЕНИИ И СТРУКТУРООБРАЗОВАНИИ НАПОЛНЕННЫХ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

*В данной статье рассматривается вопрос об изучении процесса гидратации цементных композиций с применением наполнителей, а также влияние наполнителей на структурообразование цементного камня. Для приготовления композиционно-строительных материалов на основе полиструктурной теории используется интенсивная раздельная технология, которая характеризует новый этап в технологии бетона. Интенсивно-раздельная технология позволяет получить смеси высокой однородности, осуществлять раздельную модификацию наполнителей, заполнителей и вяжущих материалов.*

*Ключевые слова:* структурообразование бетонов, композиции, наполнители, заполнители, вяжущие материалы, цементно-водные дисперсии, полиструктурная теория.

В настоящее время проблемы твердения и структурообразования бетонов выходят на новый уровень при применении тонкодисперсных наполнителей. Контакт зерен микронаполнителей с цементным тестом способствует более интенсивному отверждению гелеобразной массы в сравнении с гелеобразной массой, удаленной от микронаполнителя [10].

Вокруг каждого зерна заполнителя образуется структурированная оболочка из цементного клея, плотность и прочность которой убывает от поверхности заполнителя к наружной поверхности оболочки. Таким образом, чем больше поверхность соприкосновения зерен заполнителя с цементным тестом, тем тоньше пленки цементного клея, обволакивающие зерна заполнителя и тем плотнее и прочнее.

В ряде работ выдвинуто предположение о положительном действии минеральной добавки, связанном с «эффектом мелких порошков», заключающемся в раздвижке зерен цемента зернами добавки и заполнении образовавшегося пространства продуктами новообразований [6].

Существует мнение, что тонкодисперсные зерна активного минерального наполнителя проникают в хлопьевидную структуру продуктов гидратации

цемента, расширяют пространство и усиливают гидратацию [7].

Существует гипотеза о том, что добавка будет действовать как ускоритель твердения, если она образует нерастворимое соединение с известью цемента, выделяющегося при его гидролизе [9].

Появление новых фаз, как правило, большего объема, чем исходные, может вызвать уплотнение цементного камня и тем способствовать росту его прочности. С другой стороны, образование таких нерастворимых фаз уводит из жидкой фазы известь и этим форсируется дальнейший гидролиз минералов, то есть ускоряется гидратация цемента.

Эта гипотеза объясняет ускоряющийся эффект добавок [5]:

- появлением в системе после введения добавки новых твердых фаз, физически уплотняющих камень или меняющих структуру цементных суспензий;
- ускорением процессов гидролиза и гидратации цемента (при этом появление новых фаз представляется второстепенным).

Доказано, что ускоряющее действие добавок связано с уплотнением бетона и возможно при обоих приведенных выше вариантах гипотезы [5].

Рассматривая теорию твердения пуццолановых



портландцементов, видно, что в начальный период преимущественное развитие получают гидролиз и гидратация клинкерных зерен. Как известно, в результате этих процессов, условно называемых первичными, образуются гидросиликаты, гидроалюминаты, гидрофериты кальция с выделением в раствор гидрат окиси кальция [10].

Наличие гидравлической добавки качественно не меняет характер взаимодействия клинкерных минералов с водой. Оно может быть выражено теми же химическими уравнениями, что и при твердении портландцементов. Однако скорость гидролиза и гидратации при этом возрастает. Это обстоятельство объясняется тем, что в тесте из портландцемента с гидравлической добавкой на весовую единицу клинкера приходится более воды, чем в тесте из портландцемента, что способствует более быстрой гидратации зерен клинкера. Кроме того, активная добавка связывает гидрат окиси кальция в нерастворимые соединения, снижает его концентрацию в водном растворе твердеющей цементной массы и этим ускоряет гидролиз содержащихся в клинкере силикатов кальция [10].

Реакция между продуктами гидратации клинкера и активными компонентами гидравлической добавки рассматривается как вторичный процесс [10]. Она заключается, прежде всего, во взаимодействии  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и активного кремнезема добавки с образованием гидросиликатов общей формулой  $\text{C S H}$ .

Процессы физико-химического взаимодействия гидрата окиси кальция с добавками вулканического происхождения вследствие большого их разнообразия и сложности состава изучены менее, чем с добавками осадочного происхождения. Поэтому до сих пор не имеется единой точки зрения относительно их гидравлических свойств.

Изучая гидратацию этой системы, активизированной известью, пришли к выводу, что в стеклах, богатых известью и бедных глиноземом, образуется  $\text{C}_4\text{AH}$ ; в стеклах же, богатых глиноземом, образуется гидрат геленита  $\text{C}_2\text{ASH}_3$ . Он предполагает, что в присутствии  $\text{CaO}$  гидрат геленита неустойчив и переходит в гидрогранаты [3].

Обобщая результаты своих исследований и ряда других авторов, приходим к выводу, что при взаимодействии активных составляющих вулканических пуццолан с известью образуются гидросиликаты тоберморитового ряда и гидроалюминаты состава  $\text{C}_4\text{AH}_{13}$ . Возможность образования  $\text{C}_2\text{ASH}_3$  вызывает сомнения [4].

Анализ литературных источников показывает, что состав новообразований в цементном камне зависит от вида и состава наполнителя, его активности и условий твердения, поэтому необходимо

проведение дальнейших исследований по уточнению их состава в продуктах твердения цементного камня как без наполнителя, так и с наполнителем, принятых в наших исследованиях.

Для изучения структуры композиционного материала и оптимизации его состава в последнее время широко используют полиструктурную теорию [8]. В соответствии с этой теорией бетоны на органических и минеральных вяжущих относятся к сложноорганизованным и полиструктурным вяжущим материалам, состоящим из многих структур (от атомных и молекулярных до грубых макроструктур).

Эти структуры переходят одна в другую по принципу «структура в структуре». Для бетонов наиболее важно рассмотрение общей структуры на двух уровнях: микроструктура и макроструктура.

При совмещении воды и цемента, наполнителя и химических добавок образуется микроструктура, и ее свойства определяются явлениями в контакте жидких и твердых фаз. Макроструктура получается путем совмещения микроструктуры и заполнителя, и ее свойства определяются плотностью упаковки заполнителей и свойствами микроструктуры.

Еще в 1934 г. развивалось предложение о цементном камне как о гетерогенной системе, которую называли «микробетоны», со структурой, представленной негидратированными зёрнами клинкера и их агрегатами, гидросиликатами различного свойства и вида, а также дефектами. Из этого вытекает, что в целях экономии цемента часть вяжущего может быть заменена соответствующими фракциями наполнителя. А так как свойства микроструктуры зависят от отношений цемента, наполнителя и воды, с учетом дисперсности и физико-химической активности наполнителя, то это отношение является основным структурообразующим фактором, определяющим типы и размеры структурных неоднородностей на микроуровне [10].

В бетоне происходит деление минеральных компонентов на наполнители и заполнители, которое отражает их принципиально разную роль физико-механических процессов структурообразования, при этом к наполнителям относятся порошки с высоким модулем поверхности, а к заполнителям – частицы с размером до 50 мм и более. Наполнители улучшают зерновой состав цемента и структуру затвердевшего камня и при этом не должны создавать в окружающем материале поля деформаций и напряжений, их размер позволяет участвовать им в физико-механических процессах организации структуры связующего [2].

Цементно-водные дисперсии представляют собой высококонцентрированные дисперсные систе-

мы, в которых частицы дисперсной фазы цемента обладают значительными запасами поверхностной энергии, обусловленной нескомпенсированностью связей атомов и молекул, находящихся на поверхности [2]. На уровне микроструктуры стремясь к термодинамическому равновесию, такие системы уменьшают внутреннюю поверхностную энергию за счет объединения частиц дисперсной фазы в агрегаты – кластеры, существующими в связующем наряду с неагрегированными частицами. Кластеры, образованные в период технологической переработки материала вследствие соударения и сближения частиц наполнителя в связующем при смешивании, седиментации и уплотнении, наиболее устойчивы. При отверждении связующего кластерные структуры в композиционно-строительных материалах механически фиксируются.

Для приготовления композиционно-строительных материалов на основе полиструктурной теории используется интенсивная раздельная технология, которая характеризует новый этап в технологии бетона [8].

По этой технологии связующее перемешивается в турбулентном смесителе, в результате чего формирование микроструктуры под интенсивным механическим и физическим воздействием происходит в оптимальных условиях самоорганизации. Перемешивание связующего с наполнителем происходит в обычном смесителе. Интенсивно-раздельная технология позволяет получать смеси высокой однородности, осуществлять раздельную модификацию наполнителей, заполнителей и вяжущих материалов [1].

#### Библиографический список

1. Балахнин М.В. Особенности микроструктуры бетонов турбулентного перемешивания. М.В. Балахнин, А.Н. Проталинский, Н.С. Демьянов; М.: 1982. С. 108-112.
2. Вагнер Г.Р. Физико-химия процессов активации цементных дисперсий. К.: Наукова Думка, 1980. 200 с.
3. Лохер Ф.В. Исследование механизма гидратации цемента. М.: Стройиздат, 1964.
4. Мальквори Д.Е. Пуццолановый поргланцемент. М.: Стройиздат, 1964.
5. Москвин В.М. Добавки ускорители твердения бетона. М.: Стройиздат, 1946. 118 с.
6. Пантелеев А.С. Цементы с минеральными добавками. М.: Госстройиздат, 1962.
7. Соломатов В.И. Высокопрочный бетон с активированным минеральным наполнителем. Бетон и железобетон №12. В.И. Соломатов, Л.М. Глаголева. М.: Стройиздат, 1986. 10 с.
8. Соломатов В.И. Развитие полиструктурной теории композиционных строительных материалов. Строительство и архитектура. М.: Стройиздат, 1985. 7 с.
9. Тимашев В.В. Свойства цементов с карбонатными добавками. В.В. Тимашев, В.М. Колбасов. Цемент № 10, 1981. С. 10-12
10. Юнг В.Н. Микробетон. Пуццолановые цементы. 1936.

Y.B. POTAPOV, A.A. PUZYREV

#### RECIPROCAL INFLUENCE OF FILLERS AND HYDRATION PRODUCTS OF ALUMINIUM-CONTAINING PHASES IN THE PROCESS OF HARDENING AND STRUCTURING OF FILLED CEMENT COMPOSITIONS

*This article refers to the matter of studying hydration process of cement composition with application of fine fillers, as well as impact of aggregates on structure formation of the cement stone. For preparation of composite construction materials on the basis of poly-structural theory an intensive separate technology which characterizes a new stage in concrete technology. The intensive separable technology allows achieving fresh concrete of high homogeneity, performing separate modification of fillers and aggregates and binding materials.*

*Key words: concrete structure formation, composition, fillers, extenders, binder materials, cement and water dispersions, polystructural theory.*

# БИОЛОГИЯ

**С.В. ВОЛОБУЕВ**

аспирант Лаборатории систематики и географии грибов Ботанического института им. В.Л. Комарова Российской Академии наук  
E-mail: sergvolobuev@mail.ru  
Тел. 8 909 230 50 08

## ПЕРВЫЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АФИЛЛОФОРОИДНЫХ ГРИБАХ ОСОБО ОХРАНЯЕМОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ «ШАТИЛОВСКИЙ ЛЕС» (ОРЛОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)\*

*Представлен аннотированный список из 70 видов афиллофороидных грибов, выявленных автором при обследовании охраняемой природной территории «Шатиловский лес» в Новодеревеньковском районе Орловской области в июле 2011 г. Впервые для региона отмечены 13 видов афиллофороидных грибов, включая редкий вид *Protomerulius caruae*. Показано преобладание сапротрофов на древесине лиственных пород (48 видов, 68.6%). С хвойными породами ассоциировано 25 видов афиллофороидных грибов, из них 16 видов растут на лиственнице. Выявлены виды-индикаторы старовозрастных хвойных лесов – *Crustoderma dryinum*, *Phaeolus schweinitzii*, *Phellinus ferrugineofuscus*, *Pycnoporellus fulgens*.*

*Ключевые слова:* афиллофороидные грибы, биоразнообразие, ООПТ, «Шатиловский лес», Орловская область.

Афиллофороидные грибы представляют собой интегрированную в экологическом плане группу базидиомицетов, хорошо адаптированных к развитию на древесине или способных в некоторых случаях обитать на почве как сапротрофы или образовывать микоризу (Бондарцева, 2000). Данные макромицеты, обладая мощным экстрацеллюлярным ферментным комплексом, обеспечивают разложение и гумификацию растительного опада и в значительной мере регулируют функционирование природных экосистем.

Орловская область, расположенная почти в центре Среднерусской возвышенности в Европейской части России, только в последние годы оказалась охвачена планомерными микологическими исследованиями (Волобуев, 2008, 2009, 2011, 2012; Коткова и др., 2011). К настоящему моменту для региона известно около 270 видов афиллофороидных грибов. Дальнейшее изучение биоразнообразия данной группы базидиомицетов на территории области продолжается с наибольшим вниманием к особо охраняемым природным территориям (ООПТ), где сохранились биологически ценные участки лесной растительности. Вместе с тем, в 2008 году ряд интересных и уникальных с позиций изучения и сохранения биологического разнообразия природных территорий постановлением Коллегии Орловской области был исключен из категории региональных памятников природы и рекомендован для создания ООПТ федерального значения. Одним из таких биорезерватов является бывший региональный памятник

природы «Шатиловский лес», расположенный в Новодеревеньковском районе в долине р. Раковка (окрестности с. Моховое) и к югу от нее.

Данная территория является показательным лесокультурным объектом, представляющим собой первый опыт разведения лиственницы сибирской (*Larix sibirica*) на черноземах. Лесные угодья принадлежали владельцам имения «Моховое» – деятелям лесокультурного дела И.Н. и И.И. Шатиловым, а первые полезащитные насаждения в Моховом были созданы еще в 1821 году известным лесоводом Ф.Х. Майером. На сегодняшний день лесные насаждения здесь занимают 1082 га. В Шатиловском лесу произрастает около 140 видов деревьев и кустарников. Особый интерес представляют посадки интродуцированных во флору Орловской области лиственницы сибирской, сосны Муррея, Веймутовой сосны, ели Энгельмана, ели серебристой. Непосредственное участие в сложении древостоя также принимают сосна обыкновенная, ель обыкновенная, дуб черешчатый, береза бородавчатая, осина, клен ясенелистный, ясень обыкновенный в различном смешении. Возраст некоторых деревьев составляет более 135-175 лет (Паспорта памятников..., 1997–1999).

Первичная инвентаризация видового состава афиллофороидных грибов в лесных сообществах данной территории была проведена автором в июле 2011 года. Сбор образцов макромицетов осуществлялся маршрутным методом с занесением в полевой дневник данных о широко распространенных и

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (№ 12-04-31867мол\_а) и Правительства Орловской области (проект № 12-04-97507).

легко узнаваемых в природе видах. Идентификация собранных образцов проводилась в Лаборатории систематики и географии грибов Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН с использованием стандартных методов световой микроскопии и набора химических реактивов (5% раствор КОН, реактив Мельцера, раствор метиленового синего).

В результате проведенного микологического обследования охраняемой природной территории «Шатиловский лес» выявлено 70 видов афиллофороидных грибов. Все виды являются новыми для исследуемой территории, включая 13 видов, зарегистрированных впервые для Орловской области. Один из новых для региона видов – *Protomerulius caryae* – является также редким во всей Европе (Ryvarden, Gilbertson, 1994; Бондарцева, 1998).

Практически все виды (около 95%) отмечены на мертвой древесине разной степени разложения – от крупноствольного древесного отпада до мелкого растительного детрита – и составляют группу ксилосапротрофов. Лишь два вида – *Oxyporus populinus* и *Phaeolus schweinitzii*, проявляющие фитопатогенные свойства, найдены на живых деревьях клена и лиственницы соответственно. На почве отмечен только один вид афиллофороидных грибов – *Inonotus tomentosus*, – формирующий в обследованных лесных массивах микоризу с корнями таких хвойных пород, как лиственница сибирская и ель европейская. Группа микофильных афиллофороидных грибов представлена двумя видами (*Botryobasidium laeve*, *Hyphodontia pallidula*), найденными на плодовых телах макромицетов.

Особенности субстратной приуроченности (рис.) выявленного видового состава афиллофороидных грибов выражаются в доминировании видов (48 видов, 68.6%), связанных в своем развитии с листовыми древесными породами, отражающими зональные черты растительного покрова и характерными для Среднерусской лесостепи. Наибольшее число видов отмечено на клене (19 видов), черемухе и лещине (по 10), дубе (8 видов). Наряду с этим, хвойные породы, представленные в большем количестве на исследованной территории, оказались пригодным к заселению субстратом только для 25 видов афиллофороидных грибов (35.7%), из них две трети (16 видов) ассоциированы с лиственницей. Способность развивать свои плодовые тела как на древесине хвойных, так и листовых пород проявили лишь 4 вида грибов (5.7%). Такими «всеядными» видами на исследованной территории являются *Antrodia fragrans*, *Botryobasidium laeve*, *Fomitopsis pinicola*, *Xylodon crustosus*.

Отдельного внимания заслуживают виды, предложенные финскими микологами (Kotiranta,

Niemelä, 1996) для оценки состояния лесных фитоценозов с преобладанием в древесном ярусе хвойных пород. Такие виды, как *Crustoderma dryinum*, *Phaeolus schweinitzii*, *Phellinus ferrugineofuscus*, *Rychnoporellus fulgens* признаны индикаторами старовозрастных хвойных лесов и могут свидетельствовать о высокой биологической ценности обследованной территории со значительным уровнем видового разнообразия и оптимальными условиями обитания живых организмов.

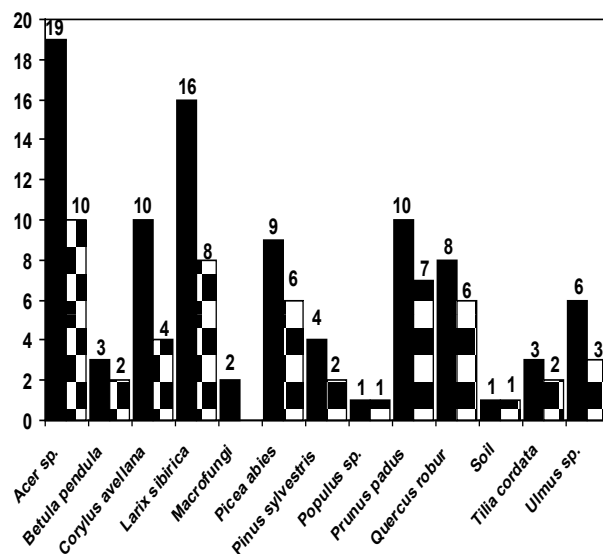


Рис. Субстратная приуроченность афиллофороидных грибов охраняемой природной территории «Шатиловский лес»: черные столбцы показывают общее число видов на данном субстрате; белые – число видов, отмеченных только на данном типе субстрата.

Ниже приводится аннотированный список выявленных видов афиллофороидных грибов, расположенных в алфавитном порядке. Названия родов и видов даны в соответствии с современными изданиями серии «Fungi Europaei» (Bernicchia, 2005; Bernicchia, Gorjon, 2010), для ряда таксонов приведены часто используемые синонимы. Звездочкой (\*) обозначены виды, впервые указываемые для Орловской области. Для каждого вида указываются субстрат, тип местообитания и номера образцов, хранящихся в Микологическом гербарии БИН РАН (LE) и микологической коллекции Гербария им. В.Н. Хитрово Орловского государственного университета (ОГНУ).

\**Amylocorticium suaveolens* Parmasto – на валежном стволе лиственницы в лиственнично-дубово-кленовом лесу; LE 286866

\**Amylostereum areolatum* (Chaillat ex Fr.) Boidin – на валеже лещины в дубово-липово-кленовом лесу; LE 286873

*Antrodia serialis* (Fr.) Donk – на валежном



стволе ели, а также на обработанной древесине в березово-еловом и кленово-лиственничном лесу зеленомошном; LE 286937, LE 286942

*A. sinuosa* (Fr.) P. Karst. – на валежном стволе ели в березово-еловом лесу; LE 286919

*Antrodiella fragrans* (A. David et Tortiĉ) A. David et Tortiĉ – на валеже лещины и валежной ветви лиственницы в кленовнике и лиственничнике разнотравном; LE 286857, LE 286897

*A. pallescens* (Pilát) Niemelä et Miettinen – на валеже лещины в кленово-лиственничном лесу зеленомошном; LE 286908

*Athelia decipiens* (Höhn. et Litsch.) J. Erikss. – на еловом пне и обработанной древесине лиственницы в березово-еловом лесу и лиственничнике разнотравном; LE 286853, LE 286940

*Bjerkandera adusta* (Willd.) P. Karst. – на сухостое липы в липово-кленовом лесу; LE 286911

*Botryobasidium laeve* (J. Erikss.) Parmasto – на валежных стволах лиственницы и ели, плодовом теле *Trichaptum abietinum* и на валеже лиственной породы в осиново-березово-еловом и лиственнично-дубово-кленовом лесу; LE 286870, LE 286907, LE 286909

*Byssomerulius corium* (Pers.) Parmasto – на валеже клена в липово-кленовом лесу; LE 286915

*Ceriporia purpurea* (Fr.) Donk – на валеже клена в липово-кленовом лесу; LE 286912

*C. viridans* (Berk. et Broome) Donk – на валеже клена в кленовнике; LE 286894

\**Crustoderma dryinum* (Berk. et M.A. Curtis) Parmasto – на валежном стволе ели в березово-еловом лесу; LE 286935

*Daedaleopsis septentrionalis* (P. Karst.) Niemelä – на валеже черемухи в кленово-лиственничном лесу зеленомошном; LE 286943

*D. tricolor* (Bull.) Bondartsev et Singer – на валеже березы в березово-еловом лесу; LE 286934

*Datronia mollis* (Sommerf.) Donk – на валеже клена в липово-кленовом лесу; LE 286913

\**D. stereoides* (Fr.) Ryvarden – на валеже лещины в дубово-липово-кленовом лесу; LE 286872

*Diplomitoporus flavescens* (Bres.) Domański – на валеже сосны в кленово-липово-сосновом лесу; LE 286879

*Fomes fomentarius* (L.) Fr. – на валежных и сухостойных стволах березы и клена в смешанных лесах.

*Fomitopsis pinicola* (Sw.) P. Karst. – на валеже сухостое лиственницы, сосны и лещины в кленовнике, кленово-липово-сосновом и кленово-лиственничном лесу зеленомошном; LE 286898

*Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat. – на валеже и сухостое черемухи в кленово-лиственничном лесу зеленомошном; LE 286946

\**Gloiothele lactescens* (Berk.) Hjortstam – на валежном стволе клена в кленовнике; LE 286901

*Hymenochaete rubiginosa* (Dicks.) Lév. – на валеже дуба в дубово-липово-кленовом, дубово-липово-сосновом и лиственнично-дубово-еловом лесу; LE 286859, LE 286925, ОНН 0555

*Hyphoderma setigerum* (Fr.) Donk – на валеже черемухи в кленово-липово-сосновом лесу; LE 286883

*Hyphodontia pallidula* (Bres.) J. Erikss. – на валежном стволе лиственницы вместе с *Resinicium bicolor* и на плодовом теле *Phaeolus schweinitzii* в лиственнично-дубово-кленовом и лиственнично-дубово-еловом лесу; LE 286868, LE 286928

*Inonotus tomentosus* (Fr.) Teng [= *Onnia tomentosa* (Fr.) P. Karst.] – на почве под хвойными породами в осиново-березово-еловом и кленово-липово-сосновом лесу; LE 286878, LE 286910

*Irpex lacteus* (Fr.) Fr. – на сухостое черемухи в кленово-лиственничном лесу зеленомошном; LE 286944

*Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill – на сухостойном стволе дуба в дубово-липовом лесу; LE 286922

\**Leptosporomyces fuscostratus* (Burt) Hjortstam – на обработанной древесине лиственницы в лиственничнике разнотравном; LE 286852

*Lyomyces sambuci* (Pers.) P. Karst. [= *Hyphodontia sambuci* (Pers.) J. Erikss.] – на валежных стволах и ветвях вяза, клена и других лиственных пород в дубово-липово-кленовом, лиственнично-кленово-дубовом, кленово-липово-сосновом, осиново-березово-еловом лесу и в кленовнике; LE 286863, LE 286874, LE 286876, LE 286902, LE 286932, ОНН 0556, ОНН 0557

\**Megalocystidium luridum* (Bres.) Jülich [= *Gloeocystidiellum luridum* (Bres.) Boidin] – на валеже клена в липово-кленовом лесу; LE 286917

\**Oligoporus rennyi* (Berk. et Broome) Donk – на валеже лиственницы в кленово-лиственничном лесу зеленомошном; LE 286947

*Oxyporus populinus* (Schumach.) Donk – на валеже вяза и живом дереве клена в дубово-липово-кленовом лесу и кленовнике; LE 286862, LE 286903

*Peniophora cinerea* (Pers.) Cooke – на валеже черемухи в кленово-липово-сосновом лесу; LE 286887

*P. incarnata* (Pers.) P. Karst. – на валеже вяза в дубово-липово-кленовом лесу; LE 286865

*P. quercina* (Pers.) Cooke – на валежных ветвях вяза в дубово-липово-кленовом лесу; LE 286877

*P. rufomarginata* (Pers.) Bourdot et Galzin – на сухостое липы в липово-кленово-лиственничном лесу зеленомошном; LE 286889



\**P. violaceolivida* (Sommerf.) Masee – на валеже клена вместе с *Phlebia rufa* в кленовнике; LE 286896

*Peniophorella pubera* (Fr.) P. Karst. [= *Hyphoderma puberum* (Fr.) Wallr.] – на валеже клена и лещины в кленово-лиственничном лесу зеленомошном и лиственничнике разнотравном; LE 286858, LE 286941

*Phaeolus schweinitzii* (Fr.) Pat. – на пнях и живых корнях лиственниц в лиственничнике разнотравном; LE 286854

*Phanerochaete jose-ferreira* (D.A. Reid) D.A. Reid – на валеже черемухи в кленово-липово-сосновом лесу; LE 286886

*P. sordida* (P. Karst.) J. Erikss. et Ryvarden – на сухостое клена в кленовнике; LE 286904

*Phellinus ferrugineofuscus* (P. Karst.) Bourdot et Galzin – на валежном стволе ели в березово-еловом лесу; LE 286936

*Ph. igniarius* (L.) Quél. – на валежном стволе березы в березово-еловом лесу; LE 286933

*Ph. punctatus* (Fr.) Pilát – на валеже и сухостое черемухи и лещины в кленовнике, кленово-лиственничном лесу зеленомошном и лиственничнике разнотравном; LE 286899, LE 286945, ОНН 0554

*Phlebia lilascens* (Bourdot) J. Erikss. et Hjortstam – на сухостое дуба в березово-еловом лесу; LE 286938

*Ph. rufa* (Pers.) M.P. Christ. – на валеже клена и дуба в кленовнике и лиственнично-дубово-еловом лесу; LE 286893, LE 286924

*Phlebiella tulasnelloidea* (Höhn. et Litsch.) Ginns et M.N.L. Lefebvre – на валеже черемухи в кленово-липово-сосновом лесу; LE 286885

*Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich – на валеже сосны в кленово-липово-сосновом лесу; LE 286880

*Polyporus alveolaris* (DC.) Bondartsev et Singer – на валеже вяза в дубово-липово-кленовом лесу; LE 286861

*P. varius* (Pers.) Fr. – на валежном стволе осины в дубово-липово-кленовом лесу; LE 286860

\**Protomerulius caryae* (Schwein.) Ryvarden – на валеже клена в лиственнично-кленово-дубовом лесу; LE 286931

*Pycnoporellus fulgens* (Fr.) Donk – на сухостойном стволе ели и еловом пне в березово-еловом лесу; LE 286918, LE 286939

*Resinicium bicolor* (Alb. et Schwein.) Parmasto – на валежных стволах лиственницы в лиственнично-дубово-кленовом и кленово-лиственничном лесу зеленомошном; LE 286869, LE 286948

*Sarcoporia polyspora* P. Karst. – на валеже лиственницы в лиственнично-дубово-еловом лесу; LE 286927

*Schizopora radula* (Pers.) Hallenb. – на

валеже дуба, клена и черемухи в лиственнично-дубово-еловом, кленово-липово-сосновом лесу и кленовнике; LE 286882, LE 286891, LE 286929

*Sistotrema raduloides* (P. Karst.) Donk – на валеже клена в кленовнике и липово-кленовом лесу; LE 286895, LE 286914

*Skeletocutis nivea* (Jungh.) Jean Keller – на валеже клена, черемухи, лещины в кленовнике, дубово-липово-кленовом и кленово-липово-сосновом лесу; LE 286875, LE 286884, LE 286892

*Stereum hirsutum* (Willd.) Pers. – на валеже дуба в лиственнично-дубово-еловом лесу; LE 286926

\**S. sanguinolentum* (Alb. et Schwein.) Fr. – на сухостое лиственницы в лиственнично-березовом лесу; LE 286890

*Subulicystidium longisporum* (Pat.) Parmasto – на валеже лиственницы в лиственничнике разнотравном; LE 286855

*Trechispora cohaerens* (Schwein.) Jülich et Stalpers – на сухостое дуба в дубово-липовом лесу; LE 286923

\**T. nivea* (Pers.) K.H. Larss. – на валеже дуба в лиственнично-дубово-еловом лесу; LE 286930

*Trichaptum abietinum* (Dicks.) Ryvarden – на валежном стволе ели в осиново-березово-еловом лесу; LE 286906

*T. biforme* (Fr.) Ryvarden – на валеже лещины в кленово-лиственничном лесу зеленомошном; LE 286856

*Vararia investiens* (Schwein.) P. Karst. – на валеже сосны и валежных ветвях лиственницы в кленово-липово-сосновом и кленово-лиственничном лесу зеленомошном; LE 286881, LE 286916

*Xylodon asperus* (Fr.) Hjortstam et Ryvarden [= *Hyphodontia aspera* (Fr.) J. Erikss.] – на валежном стволе лиственницы в лиственнично-дубово-кленовом лесу; LE 286867

*X. crustosus* (Pers.) Chevall. [= *Hyphodontia crustosa* (Pers.) J. Erikss.] – на валеже клена, липы, вяза, лиственницы, лещины в дубово-липовом, липово-кленовом, дубово-липово-кленовом, лиственнично-дубово-кленовом лесу и кленовнике; LE 286864, LE 286871, LE 286900, LE 286921, ОНН 0558

*X. nespori* (Bres.) Hjortstam et Ryvarden [= *Hyphodontia nespori* (Bres.) J. Erikss. et Hjortstam] – на валежном стволе ели в березово-еловом лесу; LE 286920

\**X. pruni* (Lasch) Hjortstam et Ryvarden [= *Hyphodontia pruni* (Lasch) Svrček] – на сухостое клена и валеже лиственной породы в кленовнике и кленово-липово-сосновом лесу; LE 286888, LE 286905

Автор выражает благодарность главному на-

учному сотруднику БИН РАН, профессору, д.б.н. М.А. Бондарцевой за ценные консультации и всестороннюю поддержку в работе; старшим научным сотрудникам, к.б.н. В.М. Котковой и к.б.н.

И.В. Змитровичу за помощь в определении некоторых образцов, а также студенту Орловского государственного университета А. Н. Ермолову за помощь в проведении полевых работ.

#### Библиографический список

1. Бондарцева М. А. Определитель грибов России. Порядок афиллофоровые. Вып. 2. СПб.: Наука, 1998. 391 с.
2. Бондарцева М. А. Эколого-биологические закономерности функционирования ксилотрофных базидиомицетов в лесных экосистемах // Грибные сообщества лесных экосистем: Матер. координац. исследований. М. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2000. С. 9–25.
3. Волобуев С. В. Афиллофоровые грибы Государственного музея-заповедника И. С. Тургенева «Спасское-Лутовиново» (Орловская область) // Микология и фитопатология. 2011. Т. 45, вып. 6. С. 489–496.
4. Волобуев С. В. Изучение афиллофороидных грибов в Орловской области // Изучение грибов в биогеоценозах: Материалы V Междунар. конф. Пермь, 2009. С. 45–48.
5. Волобуев С. В. Новые для Орловской области виды грибов рода *Typhula* // Микология и фитопатология. 2012. Т. 46 (в печати).
6. Волобуев С. В. Трутовиковые грибы памятника природы «Хотьковская дача» (Шаблыкинский район, Орловская область) // Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века: Материалы докл. Всерос. конф. Часть 2: Альгология. Микология. Лихенология. Бриология. Петрозаводск, 2008. С. 112–114.
7. Коткова В. М., Бондарцева М. А., Волобуев С. В. Афиллофоровые грибы национального парка «Орловское Полесье» (Орловская область) // Микология и фитопатология. 2011. Т. 45, вып. 1. С. 35–47.
8. Паспорта памятников природы Орловской области. Архив Росприроднадзора по Орловской области (1995–1997).
9. *Bernicchia A.* Polyporaceae s. l. *Fungi Europaei*. Ed. Candusso, 2005. 808 p.
10. *Bernicchia A., Gorjón S. P.* Corticiaceae s. l. *Fungi Europaei* n°12. Ed. Candusso, 2010. 1009 p.
11. *Kotiranta H., Niemelä T.* Uhanalaiset käävät Suomessa. Tonien, uudistettu painos. Helsinki: S. Y. E., 1996. 184 p.
12. *Ryvarden L., Gilbertson R. L.* European Polypores. Part 2. *Meripilus – Tyromyces*. Oslo (Norway): *Fungiflora*, 1994. P. 388–743.

S. V. VOLOBUEV

#### FIRST DATA ON APHYLLOPHOROID FUNGI OF THE “SHATILOVSKII LES” PROTECTED AREA (OREL REGION)

*The annotated list of 70 aphyllorphoroid fungi species discovered by the author during the investigation of the “Shatilovskiy les” protected area (Novodereven’kovskii district of the Orel region) in July 2011 is presented. Among them 13 species, including the rare species *Protomerulius caryae*, are recorded firstly for the Orel region. The predominance of saprotrophs on the dead wood of deciduous trees is shown (48 species, 68.6%). All of 25 aphyllorphoroid fungi species are associated with coniferous trees, among them 16 species develop on a larch. The species-indicators of old-growing coniferous forests – *Crustoderma dryinum*, *Phaeolus schweinitzii*, *Phellinus ferrugineofuscus*, *Pycnoporellus fulgens* – are revealed.*

*Key words: aphyllorphoroid fungi, biodiversity, protected areas, “Shatilovskiy les”, Orel region.*

**Е.А. ГЛАДКОВ**

кандидат биологических наук, доцент Московского государственного университета инженерной экологии

E-mail: gladkovu@mail.ru

Тел.(495) 231 83 34

**И.И. ЛИТВИНОВА**

аспирант Московского государственного университета инженерной экологии

E-mail: ilina-15@ya.ru

**ВВЕДЕНИЕ В КУЛЬТУРУ КЛЕТОК РАСТЕНИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ГАЗОНОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

*Введены в культуру клеток ряд двудольных и однодольных растений, используемых в городском озеленении для создания газонов. Подобраны оптимальные среды для каллусообразования льна крупноцветкового, брахикома иберисолистной, хризантемы килеватой, полевицы побегоносной, овсяницы красной, райграса многолетнего.*

*Ключевые слова:* каллус, регенерация, лен крупноцветковый, брахикома иберисолистная, хризантема килеватая.

Газон – важный архитектурный элемент городского озеленения, он привлекает своей декоративностью и изысканной простотой. Газон эффектен как сам по себе, так и в качестве фона, визуально объединяющего в единое целое отдельные элементы садового дизайна. В городском озеленении газон является прекрасным обрамлением декоративных посадок, цветочных клумб в парках, скверах, озеленении предприятий и т.д. Такие покрытия в значительной мере устраняют коррозионное воздействие пыли и аэрозолей на металлические поверхности изделий, стен зданий, сооружений [1].

В озеленении городов используют специальные газоны для декоративных целей (партерные газоны, мавританский газон, спортивные газоны) [2]. Мавританский газон представляет собой «цветущую лужайку» низкорослых злаковых и цветущих луговых трав – васильков, маков, льна декоративного, колокольчиков, брахикома и других. Видовой состав растений на подобных газонах стараются подобрать с таким расчетом, чтобы они цвели, сменяя друг друга, в течение всего сезона [3,4].

Однако практически все имеющиеся газоны созданы исключительно для нормальных экологических условий и страдают от отрицательного влияния антропогенных факторов [5]. Одним из путей решения данной проблемы может быть получение растений, устойчивых к неблагоприятным условиям среды, с помощью клеточной селекции. Однако, для того чтобы использовать клеточную селекцию, необходимо ввести растения в культуру клеток.

Целью нашей работы было введение в культуру клеток различных декоративных растений, входя-

щих в состав мавританского газона, и выбор объектов для дальнейших исследований.

**Материалы и методы**

Для введения в культуру клеток были выбраны: лён крупноцветковый сорт Голубой (*Linum grandiflorum* L.), гипсофила изящная сорт Роза (*Gypsophila elegans* L.), брахикома иберисолистная (*Brachycome iberidifolia* L.), вискария глазковая сорт Румба (*Viscaria oculata* L.), годетия крупноцветковая сорт Красавица (*Godetia grandiflora* L.), хризантема килеватая сорт Эльдorado (*Chrysanthemum carinatum* L.), райграс многолетний (*Lolium perenne* L.), овсяница красная (*Festuca rubra* L.) и полевица побегоносная (*Agrostis stolonifera* L.).

Для получения каллусов семена помещали на агаризованные питательные среды по Мурасиге и Скугу (МС) [6] и Гамборгу (В5) [7] с различным содержанием регуляторов роста. В среду вносили ауксины: 2,4-дихлорфеноксиуксусную кислоту (2,4-Д),  $\alpha$ -нафтилуксусную кислоту (НУК), индоллил-3-уксусную кислоту (ИУК); цитокинины: 6-бензиламинопуридин (БАП), кинетин – в различных концентрациях и комбинациях. Предварительно семена стерилизовали однократной обработкой спиртом с последующей стерилизацией раствором, содержащим гипохлорит натрия, в течение 10-30 минут (в зависимости от растения). Затем их три раза промывали стерильной дистиллированной водой. Оптимальное время стерилизации определяли по жизнеспособности первичных эксплантов и доли их зараженности.

Частоту каллусообразования рассчитывали в

процентах как отношение числа образовавшихся каллусов к общему числу эксплантов, помещенных на питательную среду. Доверительный интервал рассчитывали с помощью *t*-критерия Стьюдента (надежность – 95%).

### Результаты

Для ускорения процесса каллусообразования в качестве эксплантов нами были выбраны семена растений [8].

Введение в культуру клеток представителей семейства сложноцветных (брахикома иберисолистная и хризантема килеватая) оказалось довольно трудоемким процессом. Работ по введению в культуру клеток брахикома нет. Для получения каллусов были использованы различные фитогормоны, для брахикома иберисолистной более подходящим оказалось использование 2,4-Д и кинетина, а для хризантемы – БАП и ИУК. Оптимальной средой для каллусообразования брахикома иберисолистной была среда В5 с 6 мг/л 2,4-Д и 2 мг/л кинетина, процент образования каллуса составил 56,1% (Табл.2). Каллус образовывался светло-желтого цвета, средней плотности, в течение 10-14 дней. При этом добавление в среду 2 мг/л кинетина, в сочетании с различными концентрациями 2,4-Д, увеличивало процент каллусообразования. (Табл.1,2). А для хризантемы килеватой использовали питательную среду МС с 1 мг/л БАП и 0,1 мг/л ИУК, процент образования каллуса – 78,2%. Использование этих фитогормонов для хризантем согласуется с литературными данными, где отмечается увеличение роста и формирование плотной структуры ткани каллуса на средах, содержащих ИУК [9].

Таблица 1.

Влияние 2,4-Д и кинетина на процесс каллусообразования ряда декоративных растений (среде Мурасиге-Скуга)

Концентрация фитогормонов, мг/л		Лен крупноцветковый сорт Голубой	Брахикома иберисолистная	Хризантема килеватая сорт Радость	Вискария Глазковая	Гипсофила изящная сорт Роза
2,4-Д	кинетин	процент образованного каллуса (%)				
1	-	10,2±0,5	9,6±1,2	14,4±1,0	0	0
2	-	35,0±2,3	15,6±1,9	18,0±1,7	0	38±3,9
4	-	40,2±4,0	24,4±3,7	15±2,2	13±1,1	46±4,4
6	-	57,1±6,0	36,9±4,1	25±2,4	41±3,7	48±4,9
8	-	75,4±8,4	44,1±5,3	40±3,8	55±4,8	82±5,5
10	-	44,0±3,3	45,5±3,9	31±3,2	48±5,0	89±5,9
1	2	25±3,6	10,6±1,5	13,2±2,4	0	10,7±1,1
2	2	30±2,9	22,7±2,1	18,9±1,9	5,6±0,7	36,4±3,5
4	2	42±3,8	28,1±2,3	21,3±2,0	17,4±3,1	47,2±4,9
6	2	55±5,1	34,5±3,8	28,9±2,6	38,9±4,0	54,3±5,7
8	2	35±4,0	52,1±4,4	39,5±3,3	46,5±5,2	91,1±7,8
10	2	30±3,7	42,2±3,9	33,4±4,2	44,9±5,8	82,3±6,9

Вискария глазковая и гипсофила изящная относятся к семейству Гвоздичных – однолетние травянистые растения, образующие раскидистые кустики до 30-50 см высотой. Работ по введению в культуру клеток этих растений нет. Были использованы среды МС и В5 с различным сочетанием фитогормонов. Оптимальной средой для гипсофила изящной была среда МС, при добавлении 8 мг/л 2,4-Д и 2 мг/л кинетина процент каллусообразования составил 91,1%; для вискарии глазковой – МС 8 мг/л 2,4-Д (Табл.1). Однако регенерантов у данных растений получить не удалось. Например, у гипсофила во всех вариантах образовывался оводненный белый каллус, не способный к морфогенезу.

Лен крупноцветковый оказался наиболее удобными объектами для исследований. Семена были не заражены внутренней инфекцией, и применяемой системы стерилизации семян было достаточно для стерилизации. Каллус образовывался через 12-18 суток, оптимальные питательные среды для каллусообразования: В5 с 6 мг/л 2,4-Д и среда МС с 8 мг/л 2,4-Д (Табл.1-2). В этих условиях формировался каллус светло-желтого, светло-зеленого цвета, средней плотности.

Для получения каллусов годеции крупноцветковой использовали питательную среду В5, так как на среде МС каллус быстро приобретал коричневую окраску и становился неморфогенным. Оптимальные концентрации фитогормонов для каллусообразования годеции на среде В5 – 6 мг/л и 8 мг/л 2,4-Д (Табл.2).

Таблица 2.

Влияние 2,4-Д и кинетина на процесс каллусообразования ряда декоративных растений (среда Гамборга)

Концентрация фитогормонов, мг/л		Лен крупноцветковый сорт Голубой	Брахикома иберисолистная	Хризантема килеватая сорт Радость	Вискария Глазковая	Годеция крупноцветковая сорт Красавица
2,4-Д	кинетин	процент образованного каллуса (%)				
1		12,6±	11,3±	6,4±0,9	4,9±0,3	25,1±
2		16,1±	25,4±	14,7±1,4	10,1±1,1	38,8±
4		44,8±	34,7±	21,7±2,1	13,7±1,5	41,5±
6		78,2±	45,5±	24,4±2,9	42,6±3,8	66,9±
8		56,9±	42,3±	21,1±2,8	47,3±4,5	75,4±
10		40,6±	31,8±	18,0±1,9	51,2±4,7	68,0±
1	2	15,0±	14,0±	6,8±	7,7±1,0	15,3±
2	2	19,4±	34,3±	13,6±	12,9±1,6	31,7±
4	2	43,8±	42,1±	25±	17,5±2,1	39,1±
6	2	74,3±	56,1±	17,8±	52,2±5,6	52,8±
8	2	64,5±	48,1±	9,6±	49,3±5,2	48,6±
10	2	28,9±	31,4±	16,2±	38,5±4,9	43,5±



Среди газонных трав семейства Злаковых были выбраны: полевица побегоносная, райграс многолетний и овсяница красная, обладающие устойчивостью к вытаптыванию и относительной простотой ухода за ними [1,10].

Таблица 3.

Влияние концентрации 2,4-Д на каллусообразование у газонных трав

Концентрация 2,4-Д, мг/л	Овсяница красная	Полевица побегоносная	Райграс многолетний
	процент образованного каллуса (%)		
1	23±	33,0±	10,21,5
3	50,9±	80,1±	24,7±
5	50,7±	78,5±	48,1±
10	43,4±	56,0±	44,6±

Для получения каллуса использовали среду МС с разным содержанием 2,4-Д. При концентрации 1 мг/л 2,4-Д у всех исследуемых газонных трав наблюдали интенсивное прорастание семян, процент образования каллуса был невысок. При концентрации 10 мг/л 2,4-Д частота каллусообразования была значительной, однако часть каллусов были неморфогенными. Морфогенный каллус формировался с высокой частотой на семенах трав у каллусов, полученных при концентрации 3 и 5 мг/л 2,4-Д (Табл.3).

Таким образом, были введены в культуру клеток ряд растений, используемых в мавританском газоне. Подобраны среды для культивирования льна крупноцветкового, брахикома иберисолистной, хризантемы килеватой, райграса многолетнего, овсяницы красной и полевицы побегоносной.

#### Библиографический список

1. Теодоронский В.С. Ландшафтная архитектура и садово-парковое строительство. М.: МГУЛ, 2001. С.95.
2. Гречушкина-Сухорукова Л. А. Газонные покрытия футбольных полей стадионов Ставропольского края. Экология урбанизированных территорий, 2009, №4, С.88-93.
3. Колесникова Е.Г. Газоны элементы садового дизайна. КЛАДЕЗЬ-БУКС, М., 2010. С. 8-9.
4. Ващенко М. Мавританский газон. Цветоводство, 2002, № 2. С. 9.
5. Гладков Е.А. Оценка фитотоксичности комплексного воздействия тяжелых металлов и определение ориентировочно допустимых концентраций для цинка и меди. Сельскохозяйственная биология, 2010, № 6, с. 33-36.
6. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassaya with tobacco tissue cultures // Physiologia Plantarum, 1962, V. 15: 473-476.
7. Gambourg O.L., Elevegh D. Culture methods and detection of glucanases in suspension cultures of weat and parleys // Can.J.Biochem, 1968, 46: 417-421.
8. Бутенко Р.Г. Биология клеток высших растений in vitro и биотехнологии на их основе: Учеб. пособие.- М.: ФБК-ПРЕСС, 1999. С. 21.
9. Гранда Роберто Микроклональное размножение хризантем. Известие ТСХА, 2009, №: 1, С. 146-148.
10. Лазарев Н. Н., Гусев М.А. Комплексная оценка видов и сортов газонных трав в условиях Московской области. Известия ТСХА, 2001, №3, С.89-97.

**E.A. GLADKOV, I.I. LITVINOVA**

#### INTRODUCTION IN CULTURE OF CELLS OF PLANTS OF LAWNS OF VARIOUS PURPOSE USED FOR CREATION

*Introduced into the cell culture series dicotyledonous and monocotyledonous plants used in urban landscaping to create a lawn. To find the optimal culture medium for getting calluses of *Linum grandiflorum* L., *Gypsophila elegans* L., *Brachycome iberidifolia* L., *Viscaria oculata* L., *Godetia grandiflora* L., *Chrysanthemum carinatum* L., *Lolium perenne* L., *Festuca rubra* L., *Agrostis stolonifera* L..*

*Key words: linum grandiflorum, brachycome iberidifolia, chrysanthemum carinatum, trifolium repens, seed, regeneration.*



**Е.А. ГЛАДКОВ**

кандидат биологических наук, доцент Московского государственного университета инженерной экологии  
E-mail: gladkovu@mail.ru

**К.А. СЕДОВ**

аспирант лаборатории генетики культивирования клеток Института физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН

**И.И. ЛИТВИНОВА**

аспирант кафедры экологической и промышленной биотехнологии Московского государственного университета инженерной экологии  
E-mail: ilina-15@ya.ru  
Тел. 8 903 192 52 72

### ОЦЕНКА ФИТОТОКСИЧНОСТИ МЕДИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ ЛЬНА, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ГОРОДСКОМ ОЗЕЛЕНЕНИИ, В КУЛЬТУРЕ КЛЕТОК

*Оценена фитотоксичность меди на каллусные ткани 3 сортов льна крупноцветкового и льна многолетнего сорт Синий Шелк. Определена селективная концентрация для этих растений, а также подобрана схема селекции для получения устойчивых к меди растений-регенерантов льна крупноцветкового и льна многолетнего.*

*Ключевые слова:* медь, фитотоксичность, клеточная селекция, каллус, регенерация, лен крупноцветковый, лен многолетний.

Загрязнение почв мегаполиса – одна из острых экологических проблем современного общества. Среди неблагоприятных факторов наибольшую опасность представляют соли тяжелых металлов [1]. Содержание тяжелых металлов в почво-грунтах Москвы превышает ПДК в 5-100 раз [2]. Городские почвы вблизи промышленных объектов и автотранспортных магистралей имеют сверхвысокие концентрации меди, цинка, никеля, свинца, кобальта, кадмия. Большинство выбросов токсических веществ в городе сосредотачивается в почве, где происходит их депонирование. Во многих случаях по степени фитотоксичности медь является наиболее опасным тяжелым металлом [3,4].

В городском озеленении широко используются красивоцветущие декоративные растения (различные сорта хризантем, роз, астр, а также брахикомы, льна). Некоторые из них используются для создания мавританского газона (например, лен крупноцветковый). Однако большинство видов травянистых растений, в том числе входящие в состав различных газонов, относят к неустойчивому типу растений, которые не способны длительное время произрастать на загрязненных тяжелыми металлами почвах. Поэтому при депонировании в почвах и при достижении высокой концентрации подвижных форм тяжелых металлов в почве может происходить замена культивируемых видов дикорастущими видами, принадлежащими к категории

сорных растений. Общими проявлениями токсического действия тяжелых металлов считают торможение роста побегов и изменение формы листьев (под действием разных металлов форма листьев изменяется разным образом); развитие хлороза и нарушение водного обмена. При прямом попадании высоких концентраций меди на надземные органы растений наблюдается скручивание и опадание листьев, молодые листья приобретают темно-зеленую окраску. Наиболее восприимчивы к избытку меди молодые ткани и органы. [1,5]

Одним из путей решения данной проблемы может быть получение устойчивых растений к неблагоприятным условиям среды с помощью клеточной селекции.

В работе было рассмотрено 2 вида льна декоративного. Лен крупноцветковый и многолетний – двудольные травянистые растения. Стебли прямостоячие, обильно ветвящиеся в верхней части, до 60 см высотой. Эти растения используются в городском озеленении, входят в состав цветущего мавританского газона, а также их выращивают на срезку для составления букетов из живых и сухих цветов.

Цель работы: Оценка фитотоксичности меди в культуре клеток и разработка схемы клеточной селекции для получения растений-регенерантов, толерантных к меди.

**Материалы и методы** Семена льна крупноц-

веткового сортов Голубой, Рубрум, Шарм (*Linum grandiflorum L.*) и льна многолетнего сорт Синий Шелк (*Linum perenne L.*) предварительно стерилизовали спиртом, затем помещали в раствор с гипохлоритом натрия (с содержанием активного хлора 75-95 г/дм<sup>3</sup>) на 20 минут и трехкратно промывали стерильной дистиллированной водой. В качестве питательных сред были использованы питательные среды Мурасиге-Скуга (МС) [6] и Гамборга (В5) [7]. Для получения каллуса первичные экспланты культивировали на агаризованной питательной среде МС с добавлением 2,4-Д и кинетина.

Для оценки фитотоксичности меди полученные каллусы пересаживали на жидкую питательную среду МС, содержащую медь в различных концентрациях. В питательную среду вносили токсикант в концентрациях от 10 до 100 мг/л (в пересчете на чистый металл) и культивировали на смоченной раствором с медью фильтровальной бумаге в течение 30 суток. Контролем служили каллусы, росшие на стандартной жидкой среде МС без меди. Затем каллусы пересаживали на среду для регенерации В5 с 1 мг/л БАП и 0,1 мг/л НУК, через 3-4 пассажа были получены растения-регенеранты.

Частоту морфогенеза определяли как долю каллусов, регенерировавших побеги, от общего числа каллусов. Число образовавшихся каллусов с побегами подсчитывали в третьем пассаже на среде для регенерации.

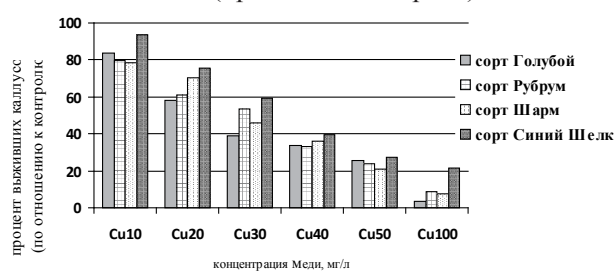
### Результаты

Первый этап работы включал оценку фитотоксичности меди для каллусных тканей льна. Для этого образовавшиеся каллусы помещали на среды с токсикантом. Действие ионов меди было заметно через 14 суток, каллусы приобретали желтую или коричневую окраску. Ингибирующее действие меди проявилось для всех растений уже при концентрации 10 мг/л, а на среде с 40 мг/л значительная часть каллусов приобретала желто-коричневую окраску и становилась менее плотным, в отличие от контроля. На высоких концентрациях меди (50 мг/л и 100 мг/л) каллус темнел через несколько дней и терял морфогенную активность. Все исследуемые сорта льна были очень чувствительны к ионам меди, но наибольшей устойчивостью к меди сре-

ди исследуемых сортов обладал лен многолетний Синий Шелк. Например, при концентрации меди 30 мг/л процент выживших каллусов составлял 59,1%, а у сортов Рубрум и Шарм – 53,7% и 46,2% соответственно (Диаграмма 1). А наибольшую чувствительность продемонстрировал лен крупноцветковый сорт Голубой, у которого при меди 20 мг/л процент выживаемости каллусов составлял 58,3% в отличие от других сортов, а при концентрации 30 мг/л более половины каллусов погибала на 18 сутки от начала опыта.

Диаграмма 1.

Влияние меди на выживаемость каллусов льна (процент от контроля)



Значительная часть выживших каллусов после культивирования на среде, содержащей 20 мг/л меди, сохраняла регенерационную способность, при концентрации 30 мг/л – только 10% каллусов были морфогенными.

В качестве селективной была выбрана концентрация меди 20 мг/л для льна крупноцветкового и многолетнего.

Учитывая очень высокую токсичность меди для льна, а также для сохранения регенерационной способности клеток был выбран короткий период культивирования каллусов на питательной среде с токсикантом. Была использована прямая схема селекции, которая включала в себя: получение эксплантов из семян на среде для каллусообразования; культивирование первичного каллуса на среде МС, содержащей медь 20 мг/л, в течение 1-2 пассажей; и затем культивирование каллусов на средах для регенерации и укоренения без токсиканта.

Использование прямой схемы клеточной селекции и непродолжительного периода культивирования позволило получить нам растения-регенеранты всех исследуемых сортов льна.

### Библиографический список

1. Гладков Е.А., Долгих Ю.И., Гладкова О.В. Фитотехнологии для охраны окружающей среды. Учебное пособие, МГУИЭ, 2012, С. 204.
2. Ладонина Н.Н., Ладонин Д.В. Загрязнение почв юго-восточного административного округа г. Москвы медью и цинком. Экология, 2000, №1, С. 61-65.
3. Гуральчук Ж.З. Механизмы устойчивости растений к тяжелым металлам. Физиология и биохимия культурных растений, Т.26, №2, 1994, С.107-118..

4. Гладков Е.А. Сравнительная оценка токсичности тяжелых металлов для каллусных клеток и целых растений. Биотехнология, № 3: С. 79-82.
5. Тутов А.Ф., Таланова В.В., Казнина Н.М., Лайдинен Г.Ф. Устойчивость растений к тяжелым металлам; Институт биологии КарНЦ Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007, С. 6.
6. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassaya with tobacco tissue cultures // Physiologia Plantarum, 1962, V. 15: 473-476.
7. Gambourg O.L., Elevegh D. Culture methods and detection of glucanases in suspension cultures of weat and parleys // Can.J.Biochem, 1968, 46: 417-421.

***E.A. GLADKOV, K.A. SEDOV, I.I. LITVINOVA***

**ASSESSMENT OF PHYTOTOXICITY OF COPPER IN CELL CULTURE FOR DIFFERENT TYPES OF *LINUM***

***Estimated phytotoxicity of copper on callus tissue three varieties of *Linum grandiflorum* L. and *Linum perenne* L.. Determined by selective concentration of these plants.***

***Key words: copper, phytotoxicity, cell selection, callus, regeneration, *Linum grandiflorum* L. *Linum perenne* L.***



**Н.М. ДЕРЖАВИНА**

доктор биологических наук, профессор Орловского государственного университета

E-mail: d-nm@mail-ru

Тел. 43 30 00; 8920 200 22 62

**З.М. ПОКРОВСКАЯ**

аспирантка кафедры ботаники, физиологии и биохимии растений Орловского государственного университета

E-mail: royasokkaspari@mail.ru

Тел. (4862)456473

**БИОМОРФОЛОГИЯ СПОРОФИТА И ОНТОГЕНЕЗ ГАМЕТОФИТА  
ASHLENIUM ADIANTUM-NIGRUM L. (ASPLENIACEAE)**

*Исследована морфология и анатомия спорофита, а также онтогенез гаметофита *Asplenium adiantum-nigrum* L. Прорастание спор идет по типу *Vittaria*, развитие проталлия – по типу *Aspidium*. Обнаружена структурная и динамическая поливариантность онтогенеза гаметофитов. Омоложение популяций гаметофитов происходило за счет вегетативного размножения посредством пролиферации виргинильных и стареющих гаметофитов в ювенильные и иматурные заростки. Прослежены типы онтогенеза: с воспроизведением диплофазы (спорофитов), полный функционально завершённый онтогенез, а также сокращённый онтогенез с омоложением.*

Ключевые слова: жизненная форма, гомойогидричный, поливариантность онтогенеза, сексуализация, пролиферация гаметофитов.

В цикле воспроизведения папоротников, как известно, чередуются две гетероморфные фазы – спорофиты и гаметофиты, различающиеся не только габитуально и функционально, но и экологически и по играемой ими фитоценотической роли.

На сегодняшний день в отечественной птеридологии накоплен значительный материал по биоморфологии спорофитов (Науялис, Филин, 1983а, 1983б; Шорина, 1994; Филин, 1995; Храпко, 1996; Гуреева, 2001; Державина, 2006 и др.) и значительно меньший – по онтогенезу гаметофитов (Науялис, Филин, 1983; Науялис, 1989; Шорина, 2001; Гуреева, 2001; Барабанщикова, 2002, 2007; Державина, Покровская, Силаева, 2009 и др.).

В этой связи целью нашего исследования явилось не только описание морфологии и анатомии вегетативных органов спорофита *Asplenium adiantum-nigrum* L., но и характеристика в лабораторных популяциях возрастено-половых состояний и поливариантности онтогенеза его гаметофита.

По данным J.J. Reichstein (1984), данный вид широко распространен в Северном полушарии. В Российской Федерации *A. adiantum-nigrum* – редкий папоротник и встречается только на юго-западе Краснодарского края (Шмаков, 1999). Вид известен как лекарственное растение, используемое в научной медицине (Шретер, Карнишина, 1975). Является горечью, диуретиком, слабительным средством; употребляется при лечении глаз, воспа-

лений, желтухи; вызывает стерилизацию женщин. Ризомы обладают антигельминтным свойством (Дикорастущие..., 2001; Singh, 2003).

Полевые работы проведены на территории Западного Закавказья (Адлерский, Туапсинский и Лазаревский районы Сочи Краснодарского края) и в Абхазии (окрестности оз. Рица, Новый Афон)) в нижнем и среднем горных поясах в буково-грабовых лесах на высотах от 300 до 750 м над уровнем моря.

Этот папоротник – полиморфный вид, включающий несколько разновидностей, различающихся формой, размером пластинок ваий и характером края перышек. Вид принадлежит к секции *Compositae Diels* (Фомин, 1934).

В районе нашего исследования он характерен для нижней и средней частей лесного пояса. Обитает в дубово-грабовых, буковых лесах, на склонах скал как южной, так и северной экспозиции. Встречается как на затененных участках, так и в более разреженных лесных местообитаниях, в трещинах затененных скал, на камнях, на увлажненной каменистой почве с хорошо выраженным моховым покровом, преимущественно на породах, не содержащих кальций (граниты, гнейсы, песчаники).

**Методы исследования**

Биоморфологическая характеристика видов дана согласно методике И.Г. Серебрякова (1962, 1964) и Т.И. Серебряковой (1980).

Для анатомических исследований использован как живой материал, так и образцы растений, выдержанные в смеси воды, этанола и глицерина. Изучали пластинку и черешок (в верхней части и в его основании). Срезы (парадермальные и поперечные) готовили по общепринятой методике (Барыкина и др., 2000). Трахеиды, мезофилл вайи и волокна склеренхимы анализировали на мацерированном материале. Анатомические рисунки выполнены при помощи рисовального аппарата РА-4.

Споровый материал был взят с живых растений. Споры, емкости и грунт для выращивания гаметофитов стерилизовали. Споры в – в 5% растворе марганцевокислого калия, чашки Петри и грунт – в духовом шкафу.

Для фиксации первых этапов онтогенеза гаметофитов споры проращивали в чашках Петри на фильтровальной бумаге в смеси Кнопа. Параллельно споры высеивали на питательный цветочный грунт. При этом фиксировали день, месяц, год и время посева. Чашки и грунт размещали на подоконнике северной экспозиции.

Зарисовки проводили непосредственно на живом материале без предварительной фиксации с помощью микроскопа, рисовального аппарата (РА-4, Россия) и бинокля увеличением 14x2. Измерения делали с помощью окуляра-микрометра и линейки.

Споры характеризовали согласно литературным данным (Бобров, Куприянова, Литвинцева, Тарасевич, 1983).

Тип прорастания спор определяли по В.К. Nayag & S. Kaur (1969), тип развития пластинки гаметофита – по В.К. Nayag & S. Kaur (1971).

При описании онтогенеза гаметофитов использовали принципы периодизации онтогенеза растений, предложенные Т.А. Работновым (1950) для цветковых растений, дополненные А.А. Урановым (1975) и его учениками (Ценопопуляции, 1976, 1988) и уточненные применительно к гаметофитам папоротников Н.И. Шориной (1994, 2001), И.И. Гуреевой (2001) и Н.С. Барабанщиковой (2002, 2007). Вслед за Н.С. Барабанщиковой (2007) переход из виргинильного к дефинитивному периоду определяли по появлению на гаметофитах архегониев. При оценке поливариантности онтогенеза опирались на представления Л.А. Жуковой и А.С. Комарова (1990).

#### Результаты исследования

*Asplenium adiantum-nigrum* имеет короткий ризом, косогоризонтальный или горизонтальный, длиной 10-25 мм, слабо ветвящийся до 2-3 порядков. Длина боковых осей – 5-10 мм.

Емкость верхушечной почки – до 14 зачатков вайи. Почка густо одета решетчатыми чешуями (Reichstein, 1984). В проксимальной части ризом покрыт остатками черешков разной длины и филлоподиями вайи.

Число вайи – 5-10 (табл. 1). Пластинки вайи – дважды-трижды перистые (рис. 1, А). У данного вида филлоподии четко выражены благодаря сильному утолщению. Линейные сорусы (по 5-7) располагаются почти на всех перышках. К спороношению растения переходят на 8-10 год жизни. Наряду со спороносящими ваяями на спорофитах можно наблюдать и вегетативные вайи, меньшие по размерам и более тонкие. Продолжительность жизни вайи – более года. Длительность онтогенеза – 11-15 лет.

Верхняя эпидерма пера 2 порядка с выпуклыми клетками, имеющими утолщенные наружные стенки, покрытые кутикулой (рис. 1, В). В протопласте покровных клеток содержатся хлоропласты.

В плане верхняя эпидерма представлена прозенхимными клетками, вытянутыми параллельно жилкам, отдельные из клеток со слабо извилистыми антиклинальными стенками (рис. 1, Г), (табл. 1).

Покровные клетки нижней эпидермы (и клетки устьиц) ориентированы параллельно продольной оси пера, удлинённые, с извилистыми стенками. Устьичный аппарат от пологитного до аномоцитного (рис. 1, Д), (табл. 1). Хлоренхима дифференцирована наподобие столбчатого и губчатого мезофилла (рис. 1, В). Столбчатый мезофилл состоит из 1 ряда округлых или овальных слаболопастных клеток с мелкими межклетниками. Губчатый мезофилл представлен лопастными ветвящимися клетками с крупными межклетниками (табл. 1).

Форма поперечного сечения черешка (рис. 2, 4) изменяется от основания к верхушке. В основании у него овальная форма с хорошо выраженными выростами-«ушками». Под пером вайи черешок становится шире при той же высоте (табл. 1).

Черешок (рис. 2) снаружи одет толстостенной, покрытой кутикулой, эпидермой. Ее наружные стенки сильно утолщены по сравнению с внутренними и антиклинальными. Субэпидермально расположены 3-4 слоя плотно расположенных волокон с неодревесневшими утолщенными оболочками, в верхней части поперечного среза черешка – бесцветных, в основании – окрашенных в желтый цвет (опробковение не выявлено). Глубже находятся овальные клетки основной паренхимы. В основную паренхиму погружены проводящие пучки: в черешке – 1, в рахисе – 3 (один соответствует центральной жилке, 2 мелких – жилкам следующего порядка) (рис. 2). Эндодерма состоит из клеток с сильно утолщенными внутренними тангентальными и ра-



диальными стенками. Ксилема на поперечном срезе обычно 4-лопастная, состоит из кольчатых (с сильно

сближенными широкими кольцами), спиральных и лестничных трахеид.

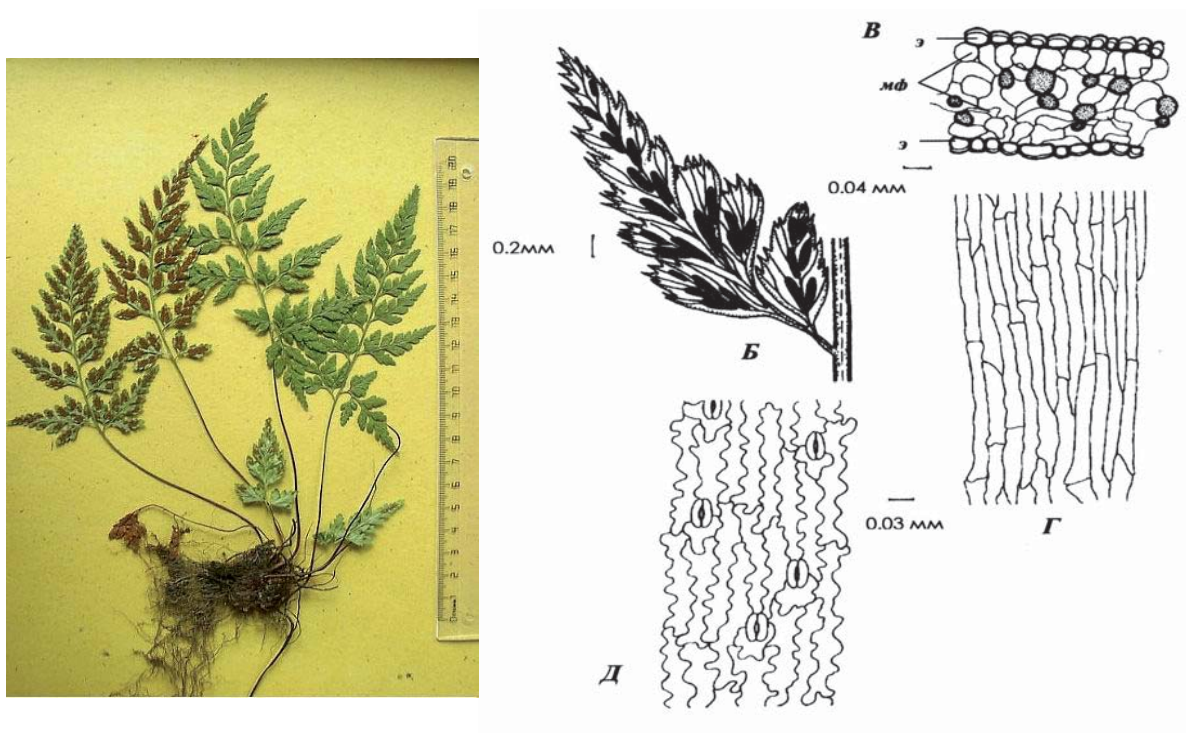


Рис. 1. *Asplenium adiantum-nigrum* (А) общий вид (Краснодарский край, Туапсинский р-он, гора Индюк), Б – перо вайи, В – поперечный срез вайи: э - эпидерма, мф – мезофилл; Г - верхняя эпидерма в плане, Д – нижняя эпидерма в плане.

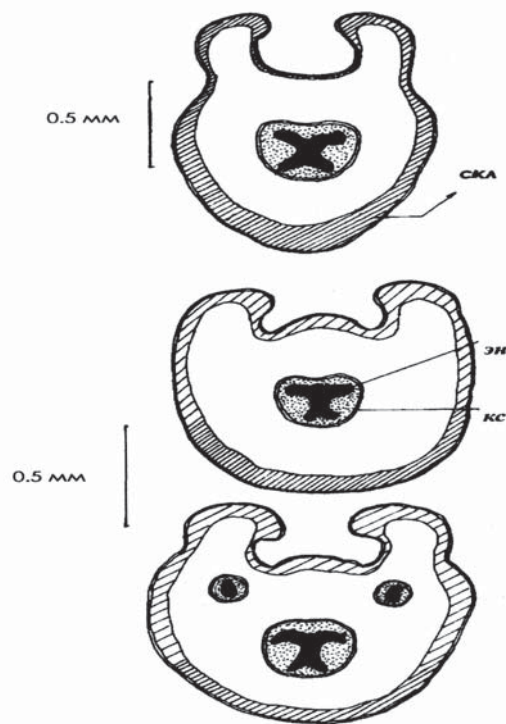


Рис. 2. *Asplenium adiantum-nigrum*. Схема поперечного среза черешка в основании (ВВЕРХУ), в верхней части и под пластинкой вайи (ВНИЗУ): ЭН – эндодерма, КС – ксилема, СКЛ – склеренхима.

Таблица 1.

Пределы значений величин, характеризующих спороносящие вайи

Признаки	<i>Asplenium adiantum-nigrum</i>
Число вай на особь	5-10
Длина вай с черешком, см	35-38
Размеры перышка вайи, мм	д л и н а
	5.0-12.0
	ш и р и н а
	4.0-6.0
Толщина пластинки пера вайи, мкм	160.0-200.0
Толщина эпидермы, мкм	В е р х н е й
	12.0-20.0
	Н и ж н е й
	12.0-20.0
Глубина извилин клеток эпидермы в плане, мкм	В е р х н е й
	0.5-1.0
	Н и ж н е й
	4.0-32.0
Размеры клеток верхней эпидермы в плане, мкм	Д л и н а
	180.0-260.0
	Ш и р и н а
	16.0-36.0
Число слоев мезофилла	4-5
Толщина мезофилла, мкм	120.0-160.0
Число устьиц на 1 мм <sup>2</sup>	50-60
Размеры замыкающих клеток устьиц, мкм	Д л и н а
	56.0-60.0
	Ш и р и н а
	36.0-40.0
Отношение высоты поперечного среза черешка к ширине, мкм	В о с н о в а н и и
	1420.0-1480.0 : 1420.0-1480.0
	П о д п л а с т и н к о й
	1330.0-1450.0 : 1320.0-1360.0

### Онторморфогенез гаметофитов

#### *Asplenium adiantum-nigrum*

Споры после посева 30 июня 2011 года проросли через 2 месяца избирательно. Гаметофиты быстро проходили стадию проростка (*p*) и ювенильного (*j*) растения. В октябре началась сексуализация гаметофитов: на ювенильных (*j*) и имматурных (*im*) заростках сформировались антеридии, часть гаметофитов оставалась стерильной. К концу октября большая часть особей достигла имматурного (*im*) состояния. В декабре-январе развитие заростков замедлилось. Весной следующего года большинство из них перешли к формированию архегониальной подушки. Часть гаметофитов в начале-середине марта образовала проростки спорофитов.

**I период онтогенеза – первичный покой (*sp*).**

**II период онтогенеза – виргинильный (*v*)**

**Проросток гаметофита (*p*).** Первые признаки прорастания были обнаружены через 2 месяца по-

сле посева. Споры прорастали, согласно классификации В.К. Nayar & S. Kaur (1969), по типу *Vittaria* (рис. 3).

**Ювенильные стерильные особи (*j*).** Образовалась однорядная нить – хлоронема, состоящая из 8 бочонковидных клеток (рис. 3).

**Ювенильные мужские особи *j(m)*.** Мужская сексуализация оказалась более ранней. На клетках протонемы образовались антеридии.

На этом этапе развития отмечена пролиферация (вегетативное размножение) гаметофитов (рис. 3).

**Второй этап морфогенеза** начался со вступления гаметофитов в **имматурное (*im*)** онтогенетическое состояние.

Развитие гаметофита шло по *Aspidium*-типу (по: Nayar, Kaur, 1971).

Этот этап морфогенеза отличался морфологическим разнообразием гаметофитов (рис. 4).

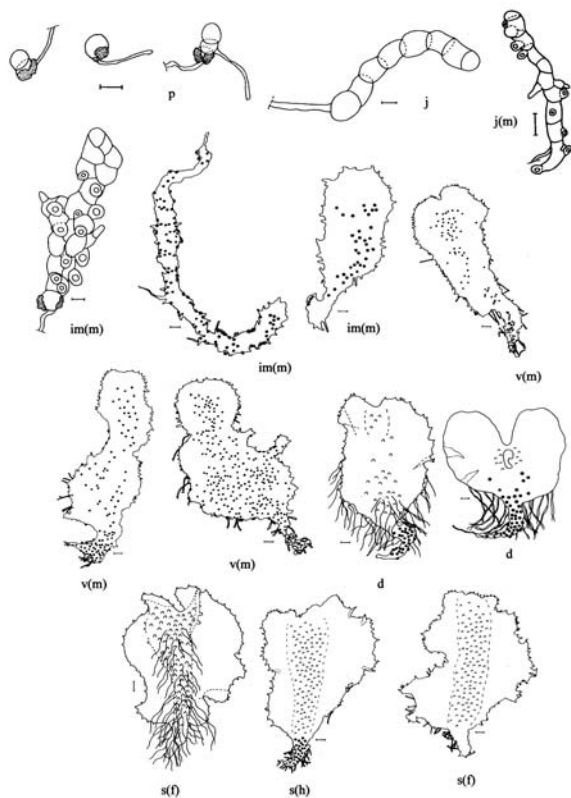


Рис. 3. Возрастно-половые состояния онтогенеза гаметофита *Asplenium adiantum-nigrum*: *p* – проросток; *j* – ювенильный; *j(m)* – ювенильный мужской пролиферирующий; *im(m)* – имматурный мужской пролиферирующий; *v(m)* – виргинильный мужской пролиферирующий; *d* – дефинитивный пролиферирующий; *s(f)* – сенильный женский пролиферирующий; *s(h)* – сенильный обоеполюый пролиферирующий.

Второй этап морфогенеза начался со вступления гаметофитов в **имматурное** (*im*) онтогенетическое состояние.

Развитие гаметофита шло по *Aspidium*-типу (по: Naug, Kaur, 1971).

Этот этап морфогенеза отличался морфологическим разнообразием гаметофитов (рис. 4).

С момента вычленения меристематической клетки постепенно шло формирование выемки и гаметофит приобретал или лентовидную, или лопатчатую, или почти сердцевидную форму (рис. 4).

Отмечена пролиферация гаметофитов.

Кроме стерильных (*im*), обнаружены мужские **имматурные** особи – *im(m)*. Количество антеридиев у них колебалось от 6 до 100. Располагались антеридии или в средней и нижней части таллома среди ризоидов, или по всей поверхности таллома, или по его краям (рис. 4, 5).

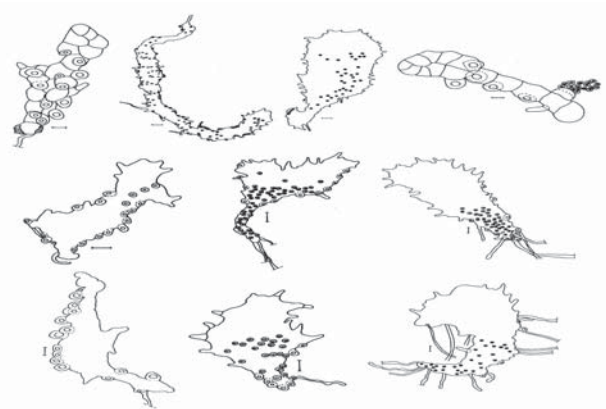


Рис. 4. Разнообразие гаметофитов имматурного возрастного-полового состояния (*im*) *Asplenium adiantum-nigrum*. Масштаб: 0,1 мм.

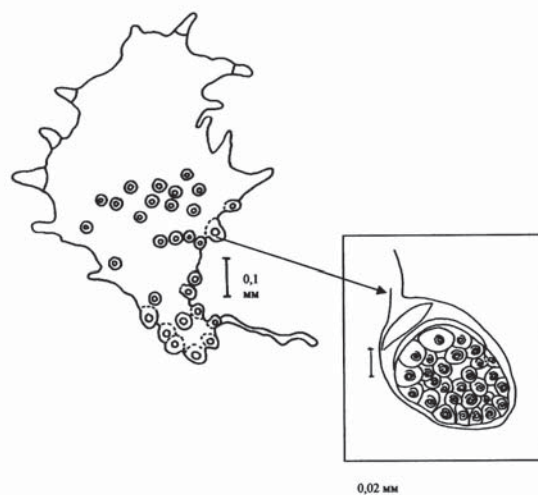


Рис. 5. Внешний вид антеридия *Asplenium adiantum-nigrum*.

По краям таллома у гаметофитов располагались железистые волоски (рис. 6).

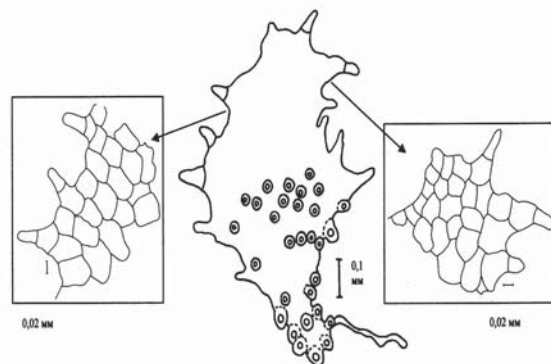


Рис. 6. Железистые волоски *Asplenium adiantum-nigrum*.



На третьем этапе морфогенеза произошел переход в *виргинильное* (*v*) онтогенетическое состояние: гаметофиты приобрели или почти лопатчатую, или лентовидную, или почти сердцевидную форму. При этом у них начала формироваться архегониальная подушка (рис. 7). У мужских виргинильных особей *v(m)* антеридии располагались или по всей поверхности таллома, или по его краям. Количество антеридиев достигало 100 и более.

В этом возрастно-половом состоянии продолжалась пролиферация гаметофитов преимущественно по краям таллома (рис. 7).

### III период онтогенеза – дефинитивный (*d*) Дефинитивные обоеполые гаметофиты *d(h)*

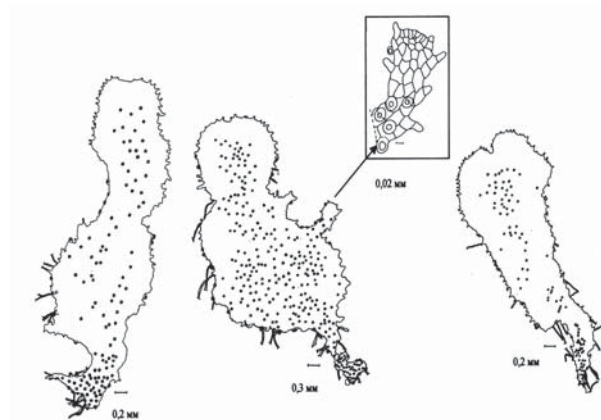


Рис. 7. Разнообразие виргинильных гаметофитов (*v*) *Asplenium adiantum-nigrum*.

Обоеполые гаметофиты имели сердцевидную или почти сердцевидную форму. Количество архегониев достигало 30. Они располагались или на архегониальной подушке ближе к выемке, или по всей длине архегониальной подушки. Антеридии же занимали или базальную часть подушки, или самую нижнюю часть таллома среди ризоидов (рис. 8). Их количество достигало 40. На этом этапе развития также отмечена пролиферация заростков (рис. 8).



Рис. 8. Разнообразие дефинитивных гаметофитов (*d*) *Asplenium adiantum-nigrum*. Масштаб: 0,3 мм

### IV период онтогенеза – сенильный (*s*)

По мере старения гаметофиты постепенно утратили сердцевидную или почти сердцевидную форму (рис. 9). У сенильных гаметофитов «крылья» разрослись и стали гофрированными.

На обоеполых гаметофитах *s(h)* архегониев насчитывалось более 100, а антеридиев – около 30. На женских гаметофитах *s(f)* число архегониев также достигало более 100 (рис. 9).

На этом этапе развития гаметофиты продолжали пролиферировать (рис. 9).

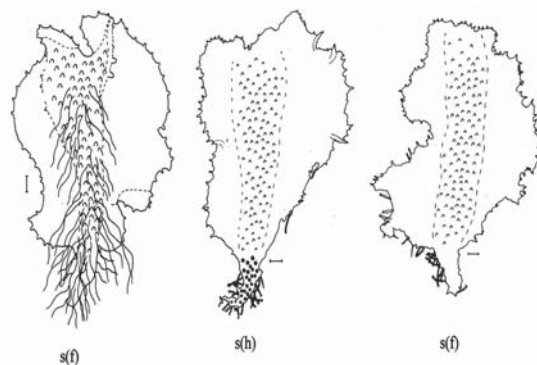


Рис. 9. Разнообразие сенильных гаметофитов (*s*) *Asplenium adiantum-nigrum*. Масштаб: 0,4 мм.

### Обсуждение результатов и выводы

Исследование показало, что изученное растение по жизненной форме представляет собой короткокорневищный, вертикально- или косорозеточный, моноцентрический, многолетний, вечнозеленый гемикриптофит, вегетативно не разрастающийся, неэффективно вегетативно размножающийся.

Являясь горным видом, *Asplenium adiantum-nigrum* ведет преимущественно эпилитный образ жизни (хазмофит), лишь изредка встречается на почве, комлях стволов и в пещерах. При этом он обитает в условиях, в которых сохраняется влагобеспеченность субстрата.

Анализ специфики биотопов, в которых селится исследованный вид, позволяет в какой-то степени оценить те экологические условия, которые складываются в них и сделать предположение о принадлежности папоротника к экологическим группам по отношению к водному и световому режимам.

На тканевом и клеточном уровнях у него обнаруживаются, выраженные с разной степенью, как гелиоморфные, так и сциоморфные признаки. **Сциоморфными** чертами являются: гипостоматичность ваий, сравнительно небольшое число устьиц на единицу площади пера, наличие хлоропластов в эпидерме и извилистые антиклинальные стенки ее клеток, слабая дифференциация или отсутствие дифференциации мезофилла ваий, размещение устьиц

выше или вровень с поверхностью эпидермы, губчатый мезофилл из лопастных клеток (табл. 1).

В анатомии ваий изученного папоротника проявляется и **синдром гелиоморфизма**: дорзивентральный мезофилл с 1-2-слоями слабо дифференцированной палисадной паренхимы.

В то же время, изученный вид демонстрируют в структуре ваий **мезоморфные** черты: дифференциацию мезофилла наподобие палисадной и губчатой ткани, губчатую ткань с разветвленными клетками.

Таким образом, исследованный папоротник, адаптируясь к водному дефициту и избыточной инсоляции, задействовал разные структуры и органы. При этом его адаптации на организменном уровне представлены:

1. миниатюризацией спорофитов,
2. сильным расчленением (ажурностью) ваий,
3. вечнозеленым феноритмотипом.

На тканевом и клеточном уровнях его адаптации сводятся к:

1. сравнительной мелкоклеточности,
2. утолщению наружных стенок эпидермы,
3. гипостоматичности,
4. относительно густой сети жилок на единицу площади ваий,

5. гелиоморфным чертам в строении ваий (дорзивентральности мезофилла).

Таким образом, предположительно *A. adiantum-nigrum* может быть оценен по отношению к освещенности и водному режиму как гомойогидричный **мезофит, факультативный сциофит**.

Что же касается **гаметофита** изученного папоротника, то его развитие, как было отмечено ранее, шло по *Aspidium*-типу; в популяции одновременно присутствовали: стерильные, мужские, женские, обоеполые, вторично мужские, вторично женские и вторично обоеполые гаметофиты; форма пластинки гаметофита была лентовидной, лопатчатой и сердцевидной; архегонии располагались или на архегониальной подушке ближе к выемке, или по всей длине архегониальной подушки, а антеридии – или в базальной части подушки, или в самой нижней части таллома среди ризоидов; железистые волоски покрывали края таллома; вегетативное размножение осуществлялось путём пролиферации преимущественно по краям таллома; были прослежены следующие типы онтогенеза:

А. Полный и сокращенный функционально завершенный онтогенез с воспроизведением диплофазы (спорофитов):

- $sp - p - j(m) - im(m) - v(m) - d(h)$  – спорофит
- $j(m) - im(m) - v(m) - d(h)$  – спорофит
- $sp - p - j - im - v - d(f)$  – спорофит
- $j - im - v - d(f)$  – спорофит

Б. Полный функционально завершенный онтогенез мужских гаметофитов и сокращенный функционально незавершенный онтогенез обоеполых и женских гаметофитов:

- $sp - p - j(m) - im(m) - v(m)$
- $j(m) - im(m) - v(m)$
- $sp - p - j(m) - im(m) - v(m) - d(h) - s$  – отмирание
- $j(m) - im(m) - v(m) - d(h) - s$  – отмирание
- $sp - p - j - im - v - d(f) - s$  – отмирание
- $j - im - v - d(f) - s$  – отмирание

В ходе исследования была выявлена поливариантность онтогенеза гаметофитов *Asplenium adiantum-nigrum*.

**Морфологическая поливариантность** выразилась в разнообразии формы заростков и числе клеток, их формирующих. Приблизительно через три месяца после посева гаметофиты имели или лентовидную, или лопатчатую форму таллома, одновременно встречались и гаметофиты из 14, 21 клеток, недавно перешедшие к плоскостному росту, а также – крупные гаметофиты, по форме близкие к сердцевидным.

**Динамическая поливариантность** проявилась в быстром прохождении большинством заростков *j* и *im* состояний и длительном их пребывании в *v*, *d*, и *s* состояниях. Наряду с наличием стерильных гаметофитов, обнаружено несколько вариантов заложения и функционирования гаметангиев и их соотношения с онтогенетическим состоянием особи: гаметофиты морфологически и функционально однополые протерандрические мужские (*v*), женские *d* (*f*) (спорового и вегетативного происхождения) (возможно только межзаростковое оплодотворение) и гермафродитные (*d*); большинство гаметофитов морфологически и функционально обоеполые (*d*) (возможно самооплодотворение).

У гаметофитов наблюдали также **поливариантность в наличии и сочетании способов размножения и воспроизведения**. Они возникали не только из спор, но и за счет вегетативного размножения. Дефинитивные (*d*) гаметофиты формировали архегонии и пролиферировали. У сенильных (*s*) гаметофитов также происходило вегетативное размножение с образованием на пролиферирующих нитях гаметангиев (антеридиев).



Библиографический список

Книги

1. *Reichstein J.J.* Aspleniaceae. In: Kramer K.U. *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*. Bd 1. Teil 1. – Berlin; Hamburg, 1984. P. 211–275.
2. *Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятков А.Г., Джалилова Х.Х., Ильина Г.М., Чубатова Н.В.* Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы. М.: Изд-во МГУ, 2004. 312 с.
3. *Бобров А.Е., Куприянова Л.А., Литвинцева М.В., Тарасевич В.Ф.* Споры папоротникообразных и пыльца голосеменных и однодольных растений флоры европейской части СССР. Л.: Наука, 1983. С. 21–22.
4. *Гуреева И.И.* Равноспоровые папоротники Южной Сибири (систематика, происхождение, биоморфология, популяционная биология). Томск, 2001. 158 с.
5. *Дикорастущие полезные растения России*. Под ред. А.Л. Буданцева и Е.Е. Лесиовской. СПб: Изд-во СП ХВА, 2001. 663 с.
6. *Работнов Т. А.* Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах. // Тр. БИН АН СССР. Сер. 3. Геоботаника. 1950. Вып. 6. С. 7–204.
7. *Серебряков И.Г.* Жизненные формы высших растений и их изучение // Полевая геоботаника. 1964. Т. 3. С. 146–205.
8. *Серебряков И.Г.* Экологическая морфология растений. М.: Высшая школа, 1962. 378 с.
9. *Фомин А. В.* Класс Filicales // Флора СССР. – М., Л: Изд-во АН СССР, 1934. Т. 1. С. 18–100.
10. *Храпко О.В.* Папоротники юга Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука, 1996. 199 с.
11. *Ценопопуляции растений: (основные понятия и структура)*. Под ред. Т.И. Серебряковой, А.А. Уранова. М.: Наука, 1976. 216 с.
12. *Ценопопуляции растений: (Очерки популяционной биологии)*. М., 1988. 183 с.
13. *Шмаков А.И.* Определитель папоротников России. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 1999. 108 с.

Журналы

14. *Nayar B.K. & Kaur S.* Gametophytes of homosporous ferns // *Bot. Rev.* 1971. V. 37. №3. P. 295–396.
15. *Nayar B.K. & Kaur S.* Types of prothallial development in homosporous ferns // *Phytomorphology*. 1969. Vol. 19. №2. P. 179–188.
16. *Singh H.V.* Economically viable Pteridophytes of India // *Pterydology in the new Millenium*. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands, 2003. P. 421–446.
17. *Барабаничкова Н.С.* Биология спорового размножения некоторых папоротников Подмосковья: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2002. 18 с.
18. *Барабаничкова Н.С.* Онтогенез гаметофитов папоротников и его поливариантность на примере некоторых представителей рода *Dryopteris* в природных условиях // Труды 1 Росс. птеридол. конф. и школы- семинара по птеридологии (Томск – Барнаул, 2007). Томск: Изд-во Том. ун-та. С. 12–25.
19. *Державина Н.М.* Биоморфология и анатомия равноспоровых папоротников (эпилитов, эпифитов, земноводных и водных) в связи с адаптациогенезом. Автореферат дисс. на соиск. уч. степени докт. биол. наук. М., 2006. 50 с.
20. *Державина Н.М., Покровская З.М., Силаева Ж.Г.* Онтогенез гаметофита *Adiantum capillus-veneris* L. // Ученые записки Орловского государственного университета. Научный журнал, 2009. №2(32). С. 92–101.
21. *Жукова Л.А., Комаров А.С.* Поливариантность онтогенеза и динамика ценопопуляций растений // Журн. общ. биол. – 1990. Т. 51, № 4. – С. 450–461.
22. *Науялис И.И.* Организация популяций гаметофитов папоротников // Бот. журн. 1989. Т. 74. № 7. С. 994–1003.
23. *Науялис И.И., Филин В.Р.* Кочедыжник женский // Биол. флора Моск. обл. М.: Изд-во МГУ, 1983б. С. 26–40.
24. *Науялис И.И., Филин В.Р.* Щитовник мужской // Биол. флора Моск. обл. М.: Изд-во МГУ, 1983а. С. 3–25.
25. *Серебрякова Т.И.* Еще раз о понятии «жизненная форма» у растений // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1980. Т. 85. Вып. 6. С. 75–86.
26. *Уранов А.А.* Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Науч. докл. высш. школы. Биол. науки. 1975. №2. С. 7–34.
27. *Филин В.Р.* Ужовник обыкновенный // Биол. флора Моск. обл. Вып. 11. Под ред. В.Н.Павлова и В.Н.Тихомирова. М.: Изд-во МГУ; Изд-во «Аргус», 1995. С. 4–36.
28. *Шорина Н.И.* Популяционная биология гаметофитов равноспоровых Polypodiophyta // Экология, 2001. № 3. С. 182–187.
29. *Шорина Н.И.* Экологическая морфология и популяционная биология представителей подкласса Polypodiidae: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1994. 34 с.

30. Шретер А.И., Карнишина Л.М. Использование папоротников флоры СССР в научной и народной медицине // Раст. ресурсы. 1975. Т. II. № 4. С. 585-597.

*N.M. DERZHAVINA, Z.M. POKROVSKAYA*

**BIOMORPHOLOGY OF SPOROPHYTES AND ONTOGENESIS  
OF GAMETOPHYTES OF *ASPLENIUM ADIANTUM-NIGRUM* L. (ASPLENIACEAE)**

*The morphology and anatomy of sporophyte as well as ontogenesis of gametophyte of *Asplenium adiantum-nigrum* L. are investigated. The germination of spores goes as *Vittaria* – type and prothallium development - as *Aspidium* – type. The structural and dynamic polyvariance of ontogenesis of gametophytes is found out. The rejuvenation of gametophyte populations occurred at the expense of vegetative reproduction by means of proliferation of virginal and old gametophytes in juvenile and immature. Types of ontogeny are tracked: with reproduction of diplophase (sporophytes), full functionally finished ontogeny, and also reduced ontogeny with a rejuvenation.*

*Key words: life form, homoiohydric, variability of ontogeny, sexualization, proliferation of gametophytes.*



**Е.С. ДОЛОТОВА**

аспирант кафедры ботаники Вологодского государственного университета  
E-mail: ekat\_dol@mail.ru  
Тел. (8172) 72 52 51

**Е.Ю. БАХТЕНКО**

доктор биологических наук, зав.кафедрой ботаники, первый проректор Вологодского государственного педагогического университета  
E-mail: bakhtenko@yandex.ru  
Тел. (8172) 76 91 96

**В.И. АНТОНОВА**

кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники Вологодского государственного педагогического университета,  
Тел. (8172) 72 52 51

## ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *SANGUISORBA OFFICINALIS* L. (ROSACEAE) В УСЛОВИЯХ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

*В статье дана морфолого-экологическая характеристика *Sanguisorba officinalis* L., описаны лекарственные свойства, охарактеризованы онтогенетические состояния и проанализирована возрастная структура ценопопуляций вида в изучаемых условиях.*

*Ключевые слова:* *Sanguisorba officinalis* L., возрастные состояния, возрастные спектры, популяционные параметры, индекс старения, индекс замещения, индекс восстановления.

### Введение

Кровохлебка лекарственная *Sanguisorba officinalis* L. – многолетнее травянистое поликарпическое растение с изменчивой жизненной формой. Для пойменных лугов европейской части России (в т.ч. и Вологодской области) описана стержнекорневая короткокорневищная форма с хорошо развитым каудексом. Этот вид представляет собой мезофит, гемикриптофит, обитающий на суходольных и заливных, иногда солонцеватых лугах, в луговых степях, по опушкам, берегам водоемов. На пойменных лугах по берегам водоемов иногда образует сплошные заросли [3, с. 252]. В условиях Вологодской области встречается преимущественно на пойменных, реже на суходольных лугах. Гелиофит, мегатроф, баллистохор [7, с. 251].

Циркумбореальный вид встречается в умеренных зонах Европы, Азии и Америки [15]. На территории России распространен повсеместно в Западной и Восточной Сибири, на Урале и Дальнем Востоке. В европейской части страны встречается значительно реже, хотя растет почти во всех районах кроме крайнего северо-запада и южных сухих степей. По территории Вологодской области проходит западная граница ареала вида [3, с. 252], а большинство местонахождений приурочено к бассейнам рек Сухоны и Кубены [9, с.209].

*Sanguisorba officinalis* – лекарственное расте-

ние, впервые включенное в VIII Государственную фармакопею СССР (1949). Подземная часть, стебли, цветки содержат до 17% танногликозидов, 1,8% эфирных масел, 29% крахмала, а также дубильные вещества, флавоноиды, сапонины (сангвисорбин, потерин), ситостерин, фенилкарбоновые кислоты (галловая, элаговая и др.), антоцианы, пектиновые вещества [12]. Высокое содержание дубильных веществ обуславливает широкое использование лекарственных препаратов на основе *S. officinalis* как вяжущих, кровоостанавливающих, противовоспалительных средств при внутренних кровотечениях, инфекционных заболеваниях, туберкулезе [1]. Полифенольный комплекс из подземных органов повышает устойчивость организма к статическим и динамическим нагрузкам [2], обладает высокой Р-витаминной и ангиостатической активностью и стимулирует работу сердца.

Исследований онтогенетической структуры популяций *S. officinalis* ранее на территории региона не проводилось. Целью нашей работы было изучение эколого-биологических особенностей и структуры ценопопуляций *S. officinalis* в долине реки Кубены.

### Материалы и методы исследования

Объектом исследования явились две природные ценопопуляции *S. officinalis*, расположенные в окрестности пос. Нижне-Кубенский Харовского

района Вологодской области.

Ценопопуляция 1 (ЦП1) – песчано-каменистый участок прирусловой поймы площадью около 3000 м<sup>2</sup>, пересекаемый грунтовой дорогой, хорошо увлажненный и освещенный. Микрорельеф – равнинный. Общее проективное покрытие (ПП) 30-40%; кровохлебки – до 8-10%. В составе фитоценоза преобладают также *Leucanthemum vulgare* Lam., *Cyanus jacea* L.; ПП 2-5% имеют *Astragalus danicus* Retz., *Anthyllis macrocephala* Wend., *Sedum acre* L., *Dactylis glomerata* L.

ЦП2 расположена на второй надпойменной террасе правого берега реки Кубены. Участок суходольного луга, подвергающийся сукцессии, интенсивно использовавшийся под покос и неактивный выпас животных частных подворий. Общая площадь участка – около 800 м<sup>2</sup>. Общее ПП – 100%; кровохлебки – до 15-20%. Доминирующие виды – *Alchemilla vulgaris* L., *Hieracium umbellatum* L.; ПП 1-3% имеют *Dactylis glomerata* L., *Pimpinella saxifrage* L., *Leucanthemum vulgare* Lam., *Festuca pratensis* L., *Trifolium repens* L., *Festuca ovina* L., *Bromopsis inermis* (Leys) Holub., *Taraxacum officinale* L.

При исследовании ценопопуляций использовался популяционно-онтогенетический метод А.А. Уранова [13], демографические индексы определялись по методике Л.А. Жуковой [6], энергетическая эффективность по Л.А. Животовскому [5]. Онтогенетическая структура и численность *S. officinalis* анализировались на учетных площадках в 1 м<sup>2</sup>, заложенных случайно-регулярным способом. Для определения онтогенетических состояний учитывались качественные изменения (в структуре каудекса, побеговой и корневой системах) и количественные признаки (число генеративных и вегетативных побегов, их высота, длина и ширина листа, число листьев в розетке, количество листочков в листе, число листьев на генеративном побеге, число соцветий на побеге, число цветков в соцветии, количество глав каудекса, длина корней). Описание каждого онтогенетического состояния проводилось по 20 экземплярам растений.

#### Результаты и их обсуждение

К настоящему времени онтогенез вида описан для пойменных лугов Московской [11], Калужской, Рязанской [4], Тюменской областей [14], а также для степей Забайкалья [10], Западной Сибири [8]. Наиболее полно онтогенез *S. officinalis* описан И.М. Ермаковой (1983), где указаны все возрастные состояния [4].

В результате исследований в онтогенетическом развитии *S. officinalis* нами выделены 4 периода и 9 возрастных состояний (рис. 1). Морфометрические

показатели онтогенетических состояний представлены в табл. 1.

**Латентный период *S. officinalis*.** Плод орешек, мелкий (средняя длина 3,1-4,0 мм, ширина 1,0-2,2 мм), сухой, коричневого цвета. Орешки заключены в четырехгранный гипантий с толстыми, тупыми, слабкрылатыми ребрами [3, с. 252]. Семена характеризуются незатрудненным нормальным типом прорастания, не обладают периодом покоя. Массовое образование и прорастание семян в условиях Харовского района происходит в июле-августе.

**Прегенеративный период *S. officinalis*.** Проростки представлены одним побегом высотой 4,4-5,0 см с двумя слабовымячатыми по краю семядолями темно-зеленого цвета на длинных черешках, расположенными супротивно, с одним ювенильным тройчато-сложным листом; его листочки широкоэллиптические с 3 зубчиками на верхушке. Главный корень тонкий, стержневой, слабоветвящийся до корней третьего порядка. Продолжительность пребывания в этом возрастном состоянии составляет от 7-10 дней до 1-1,5 месяца.

У ювенильных растений побег укороченный, розеточный с 2-5 тройчато-сложными листьями. Форма листочков широкоэллиптическая, на верхушке у каждого по 3 зубчика. На втором году жизни в результате втягивающей деятельности главного корня и погружения базальной части розеточного побега образуется первая вертикальная ось каудекса. Главный корень увеличивается в размерах (средняя длина 4,3 см, толщина 0,4 см), продолжает слабо ветвиться. В этом возрастном состоянии растение находится 1-3 года.

**Имматурные растения (im)** однопобеговые, с 3-4 перисто – сложными листьями, каждый из которых с 5-9 листочками. Листочки широкоовальные с заостренной верхушкой, с одним зубчиком на верхушке и широким основанием. Каудекс одноглавый, утолщается, его диаметр в среднем 0,3 см (табл. 1). На нем формируются 4-5 почек возобновления. Главный корень вследствие более интенсивного роста в толщину (0,5-0,8 см) по диаметру превосходит каудекс (рис. 1). Продолжительность возрастного состояния 9-11 месяцев.

У виргинильных растений (v) сохраняется один (главный) розеточный побег. Из почек возобновления возможно формирование 3-5 вегетативных укороченных боковых побегов. Листья в розетках, непарноперистосложные с 11-13 листочками (рис. 1). Каудекс одноглавый, увеличивается в диаметре до 0,5-1,1 см. Главный корень достигает длины 13,7 см (табл. 1). При погружении в почву укороченных боковых побегов формируются 1 – 2 придаточных корня. Возрастное состояние длится 3-7 лет.

**Генеративный период *S. officinalis*.** Молодые генеративные растения ( $G_1$ ) характеризуются появлением одного генеративного розеточного побега с 2-5 головчатыми соцветиями. Количество цветков в головках колеблется от 34 до 78 (табл. 1). Главный розеточный побег сохраняется, из почек возобновления могут развиваться 1-2 розеточных побега второго порядка. Возможно образование 2-х–3-х главного каудекса вследствие стягивающей работы боковых и придаточных корней, приводящей к погружению в почву боковых розеточных побегов (рис.1). Главный корень и ось каудекса первого порядка утолщены равномерно, их диаметр составляет 1-1,3 см. В данном возрастном состоянии растение пребывает 1-2 года.

У средневозрастных генеративных растений ( $G_2$ ) из почек возобновления глав каудекса формируются вегетативные розеточные побеги и 2-5 полурозеточных генеративных побегов высотой до 73 см (табл. 1), имеющие по 5-9 головок. Листьев 5-7, по 13-15 листочков на каждом (рис.1). Боковые оси в результате сильной стягивающей деятельности придаточных корней становятся горизонтальными. На них формируются короткие эпигеогенные корневища, внешне практически неотличимые от боковых ответвлений глав каудекса. Каудекс становится многоглавым (4-6 глав). На нем и главном корне появляются потемневшие отмирающие участки. Продолжительность возрастного состояния – от 1 года до 7-8 лет.

Таблица 1.

Морфометрические показатели онтогенетических состояний *S. officinalis* L.

Признаки	j	im	v	G1	G2	G3	ss	s
Высота вегетативного побега, см	0,6± 0,1	1,3± 0,3	2,2± 0,6	2,9± 0,9	4,6± 0,7	3,4± 1,0	2,9± 0,5	2,6± 0,4
Высота генеративного побега, см	-	-	-	41,8± 13,6	64,9± 20,3	35,3± 10,5	-	-
Длина листа, см	2,3 ±0,6	5,7± 1,6	12,6± 3,7	12,89± 4,0	13,7± 2,3	13,0± 4,1	10,5± 3,2	8,4± 2,5
Ширина листа, см	0,6± 0,1	2,0± 0,6	5,2± 1,6	5,9± 1,9	6,0± 1,6	5,4± 1,6	3,7± 1,1	3,5± 1,0
Число листьев в розетке, шт.	3,2± 1,0	3,8± 1,2	4,5± 1,4	4,5± 1,4	6,5± 1,7	5± 1,4	3,4± 1,1	2,5± 0,5
Число листочков в листе, шт.	4,3± 1,2	6,6± 2,1	11,5± 3,4	13,2± 4,2	14,5± 3,9	10,4± 3,3	6,4± 2,1	2,57± 0,6
Число листьев на генерат. побеге, шт.	-	-	-	2,5 ±0,3	4,5± 0,6	3± 0,6	-	-
Число соцветий на побеге, шт.	-	-	-	2± 0,5	7± 1,8	1± 0,3	-	-
Число цветков в соцветии, шт.	-	-	-	42± 13,9	67± 20,8	51± 15,4	-	-
Число генеративных побегов, шт.	-	-	-	2± 0,4	5,5± 2,4	1±0,1	-	-
Число вегетативных побегов, шт.	1± 0,3	1,25± 0,3	2± 0,6	2± 0,5	8,5± 2,6	4± 0,8	3± 0,3	2± 0,5
Кол-во глав каудекса, шт.	1± 0,2	1± 0,2	1± 0,2	2± 0,6	5± 1,5	3± 0,7	-	-
Длина корней, см	4,3± 1,3	7,6± 2,4	13,7± 4,4	31,3± 9,0	57,2± 17,3	27,4± 8,7	11,1± 1,7	3,2± 0,8



Старые генеративные растения ( $G_3$ ) имеют один невысокий генеративный побег с 1-4 головками высотой до 35 см (табл. 1), вегетативные побеги с 4-6 листьями, с 9-15 листочками в каждом (количество листочков уменьшается). Каудекс темный, рыхлый, распадается на 4-6 отдельных глав. Появляется старческая партикуляция семенного растения. В главном корне, в некоторых боковых и придаточных корнях появляются отмершие участки (рис.1). Продолжительность этого возрастного состояния – 5-6 лет.

**Постгенеративный период *S. officinalis*.** Субсенильные растения (ss) преимущественно 2-3-х побеговые, нецветущие партикулы, имеющие 2-3 розеточных побега, на которых образуется по 3 – 4 листа с 5-11 листочками, сходные с листьями виргинильных растений (рис.1). Главный корень и часть глав каудекса сгнивают. На партикулах сохраняются 1-3 живых придаточных вторично-стержневых корня. Продолжительность возрастного состояния – до 2-3 лет.

Сенильные растения (s) представлены слабыми партикулами с 1-2 вегетативными побегами, с 1-4 тройчатосложными листьями, по форме и размерам напоминающими листья ювенильных и имматурных растений (рис.1). Имеется рыхлое, гнилое небольшое корневище. Живых корней нет. В этом возрастном состоянии растение пребывает 1,5-3 года.

Общая продолжительность онтогенеза в луговых сообществах Харовского района Вологодской области составляет 33-34 года.

Онтогенетическая структура ЦП1 в 2010 году имела одновершинный левосторонний спектр с абсолютным максимумом в ювенильном онтогенетическом состоянии, что указывает на семенной характер возобновления (рис. 2). Тип популяции, выделяемый по критерию «дельта-омега» на основе значений индекса возрастности и индекса энергетической эффективности, – молодая, нормальная, полночленная. Средняя плотность популяции 8 особей на  $1 \text{ м}^2$ .

Онтогенетическая структура ЦП2 в том же году имела одновершинный правосторонний спектр с максимальными значениями в зрелом генеративном состоянии (рис. 2). Тип популяции – зреющая нормальная, неполночленная, так как отсутствуют сенильные особи. Средняя плотность популяции 4 особи на  $1 \text{ м}^2$ .

Для оценки интенсивности самоподдержания ценопопуляций рассчитаны индексы восстановления, замещения, старения (табл. 2). Анализ популяционных параметров позволяет утверждать, что

ЦП1 успешно возобновляется в настоящее время. Высокие показатели индексов восстановления и замещения объясняются незначительной долей генеративной (22,4%) и постгенеративной (6,2%) фракций в популяции. В связи с преобладанием в популяции растений прегенеративного периода (71,4%) индекс старения низкий.

Популяционные параметры ЦП2 значительно отличаются. Низкие показатели индексов восстановления и замещения связаны с уменьшением доли прегенеративной (39,6%) и увеличением доли генеративной (55,7%) фракции в популяции. Незначительный процент особей постгенеративного периода (4,7%), связанный также с отсутствием сенильных особей в популяции, обуславливает низкий показатель значения индекса старения.

Общее снижение показателей популяционных параметров в ЦП2 позволяют судить о медленном постепенном старении популяции и грозящем ей исчезновении при отсутствии должного уровня семенного возобновления, в связи с чем необходимы дальнейшие исследования по состоянию данной популяции.

Таким образом, онтогенез *Sanguisorba officinalis* в условиях Вологодской области осуществляется полностью по типу простого. Выделено 4 периода, 9 возрастных состояний. Общая продолжительность онтогенеза составляет 33-34 года. В ходе онтогенеза происходят качественные изменения основных диагностических признаков возрастных состояний: изменение структуры каудекса от одноглавого в прегенеративном периоде к многоглавому в генеративном и к одноглавому в постгенеративном; изменение побеговой системы: вегетативной в прегенеративном периоде к смешанной в генеративном к вегетативной постгенеративного; изменение типа корневой системы: от стержневой в прегенеративном и генеративном периодах к вторичностержневой (придаточной) в постгенеративном. В исследованных условиях возобновление вида осуществляется за счет семенного размножения, вегетативное размножение не выявлено.

В разных местообитаниях ценопопуляции *Sanguisorba officinalis* L. неодинаковы: в прирусловой пойме формируются молодые, нормальные ценопопуляции, в которых наблюдается хорошая приживаемость проростков и преобладают особи прегенеративной группы, а на надпойменной террасе в условиях сомкнутого травяного яруса образуются зреющие нормальные с преобладанием генеративных растений.

Таблица 2.

Средние значения популяционных параметров *S. officinalis* L.

Ценопопуляция	Параметры						Тип популяции
	Плотность, экз/м <sup>2</sup>	Возрастность, Δ	Эффективность, ω	Индекс восстановления, I <sub>в</sub>	Индекс замещения, I <sub>з</sub>	Индекс старения, I <sub>ст</sub>	
ЦП1	8,03	0,1765	0,264	3,185	2,493	0,062	молодая нормальная
ЦП2	3,53	0,335	0,608	0,712	0,656	0,047	зреющая нормальная

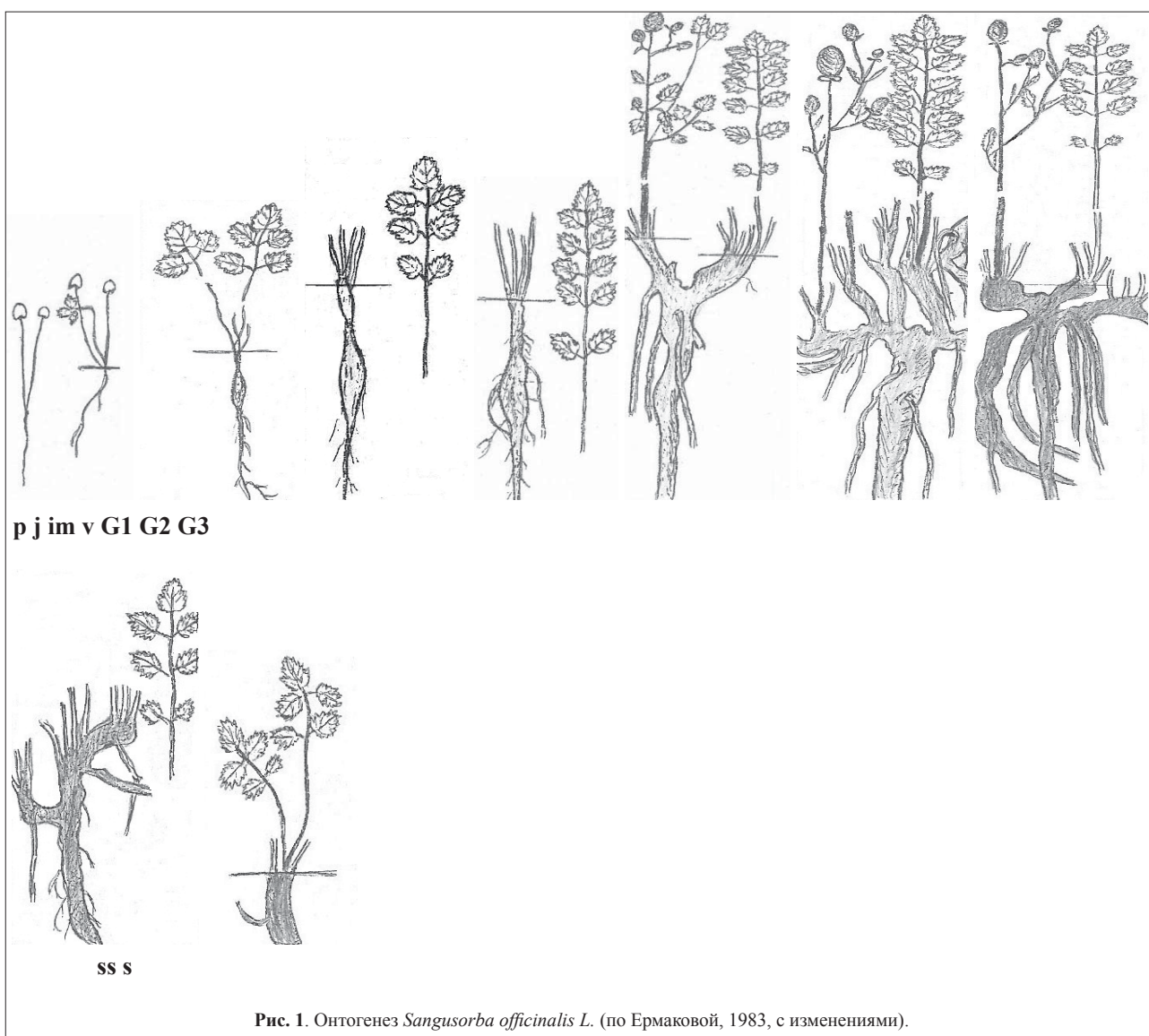


Рис. 1. Онтогенез *Sangisorba officinalis* L. (по Ермаковой, 1983, с изменениями).

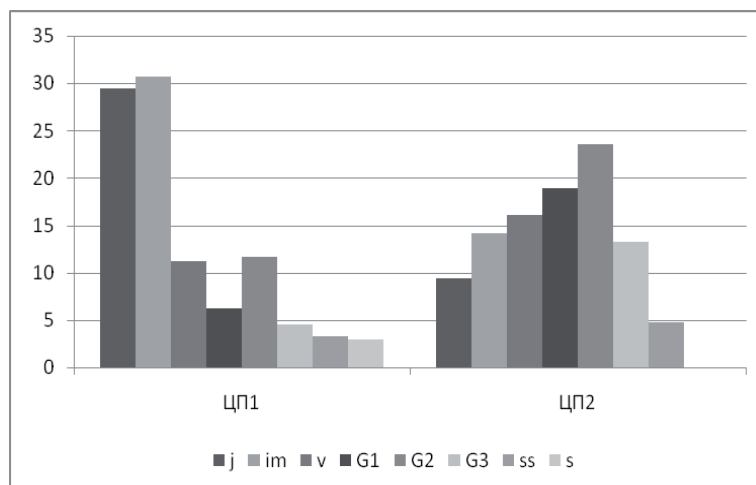


Рис. 2. Онтогенетическая структура ценопопуляций *S. officinalis* L. По горизонтали – ценопопуляции; по вертикали – количество особей разных возрастных состояний, %.

#### Библиографический список

1. Азовцев Г.Р., Зыков А.А., Кукушкина Т.А. Биологически активный комплекс кровохлебки и его фармакологические свойства. Респ. конф. по медицинской ботанике. Киев, 1984. С. 128.
2. Азовцев Г.Р., Зыков А.А. Биологически активный комплекс кровохлебки и его действие на физиологическую выносливость организма. Изв. СО АН СССР. Сер. биол. наук. 1985. № 18/3. С. 41-45.
3. Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР. М.: 1980. С. 252.
4. Ермакова И.М., Зайцева Г.А. Кровохлебка лекарственная. Биологическая флора Московской области. Вып. 9. ч.2, М.: Изд-во МГУ. 1993. С. 39 -71.
5. Животовский Л.А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений. Экология, №1, 2001. С. 3-7.
6. Жукова Л.А. Динамика ценопопуляций луговых растений в естественных фитоценозах. Динамика ценопопуляций травянистых растений.- Киев: Наукова думка, 1987. С. 9-19.
7. Матвеев Н.М. Биоэкологический анализ флоры и растительности (на примере степной и лесостепной зоны): учебное пособие - Самара: Изд-во Самарский университет, 2006. С. 251.
8. Орищенко Н.Д. К онтогенезу кровохлебки лекарственной при интродукции в Западной Сибири. Вопр. лекарственного растениеводства. М., 1980. С. 148-154.
9. Паланов А.В. Кровохлебка лекарственная. Красная книга Вологодской области. Т. 2. Растения и грибы. Вологда: ВГПУ, изд-во «Русь», 2004. С.209.
10. Петухова Л.Б. Онтогенез и жизненная форма кровохлебки лекарственной. Флора и растительность южной тайги. Калинин, 1988. С. 17-25.
11. Петухова Л.Б. Анатомические особенности в онтогенезе *Sanguisorba officinalis*. Экология и физиология растений. Вып. 2. Калинин, 1975.- С. 49-52.
12. Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 2. Семейства Actinidiaceae – Malvaceae, Euphorbiaceae – Haloragaceae. Отв. ред. А. Л. Буданцев. СПб.; М.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. С. 239-242.
13. Уранов А. А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функций и энергетических волновых процессов. Биолог. науки, №2, 1975.- С. 7-34.
14. Хозяйнова Н.В., Пестова М. Определение возрастных состояний кровохлебки лекарственной при заготовке сырья. Актуальные вопросы теоретической и клинической медицины. Тюмень, 1985. С. 160.
15. Nordborg G. Studies in *Sanguisorba officinalis* L. Bot.Notis.1963. Vol.116, № 2. P.267-288.

*E.S DOLOTOVA, E.J. ВАХТЕНКО, V.I. ANTONOVA*

*AGE STRUCTURE OF COENOPOPULATIONS SANGUISORBA OFFICINALIS L.  
(ROSACEAE) IN THE CONDITIONS OF THE VOLOGDA AREA*

*In article morfologo-ecological characteristic *Sanguisorba officinalis L.* is given, medicinal properties are described, ontogenetic conditions are characterized and the age structure of coenopopulations of a kind in studied conditions is analysed.*

*Key words: *Sanguisorba officinalis L.*, age condition, age spectra, population parameters, an ageing index, a replacement index, a restoration index.*



**Л.Л. КИСЕЛЕВА**

кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники Орловского государственного университета

E-mail: LLKiseleva@yandex.ru

Тел. (4862) 59 10 14, 8 906 665 26 41

**Н.И. ЗОЛОТУХИН**

старший научный сотрудник Центрально-Черноземного государственного природного биосферного заповедника им. проф. В.В. Алехина

E-mail: zolotukhin@zapoved-kursk.ru

Тел. 8 951 318 28 39

**О.И. ФАНДЕЕВА**

аспирант кафедры ботаники Орловского государственного университета

E-mail: olia.fandeeva@yandex.ru

Тел. 8 910 202 16 84

**НОВЫЕ ВИДЫ И НОВЫЕ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ РЕДКИХ И ОХРАНЯЕМЫХ РАСТЕНИЙ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ В 2012 ГОДУ\***

**В результате исследований флоры Орловской области в 2012 г. были получены следующие данные: 6 новых видов для региона (*Elytrigia trichophora*, *Rosa dumalis*, *R. jundzillii*, *Vincetoxicum cretaceum*, *Cuscuta approximata*, *Thymus × dimorphus*); 29 новых видов редких и охраняемых растений для 9 административных районов.**

**Ключевые слова:** новые для региона виды сосудистых растений, Орловская область, охраняемые растения.

Весной-летом 2012 г. были проведены исследования флоры сосудистых растений на территории девяти административных районов Орловской области: Глазуновского, Должанского, Залогощенского, Знаменского, Корсаковского, Ливенского, Малоархангельского, Покровского и Хотынецкого. Гербарные образцы собранных сосудистых растений переданы в гербарии Московского гос. университета им. М.В. Ломоносова (MW), Орловского гос. университета (ОНИИ), Центрально-Черноземного государственного природного биосферного заповедника им. проф. В.В. Алехина (ЦЧЗ). Приводим список флористических находок (научные названия видов даны по П.Ф. Маевскому [5]):

***Dryopteris expansa* (C. Presl) Fraser-Jenkins et Jermy – Щитовник распростёртый.** Знаменский р-н, Красниковское лес-во нац. парка «Орловское полесье»: 1) 52 кв., 53°28' с.ш., 35°36' в.д., кленово-липово-дубовый лес, 13 VI 2012, Киселева Л.Л. (ОНИИ); 2) просека между 40 и 53 кв., 53°29' с.ш., 35°37' в.д., липово-березовый лес, 13 VI 2012, Киселева Л.Л. (MW); 3) 49 кв., 53°29' с.ш., 35°36' в.д., берег ручья, черноольшанник, 13 VI 2012, Киселева Л.Л. (ОНИИ).

***Lycopodium complanatum* L. – Плаун сплюс-**

**нутый.** Хотынецкий р-н, Тургеневское лес-во нац. парка «Орловское полесье», 15 кв. сосняк зеленомошник, 8 VI 2012, Киселева Л.Л. (ОНИИ).

***Brachypodium pinnatum* (L.) Beauv. – Коротконожка перистая.** Покровский р-н, 2,7 км сев.-зап. д. Верхососенье, 52°27' с.ш., 36°45' в.д., дубово-березовый лес на склоне балки, 27 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОНИИ).

***Bromopsis benekenii* (Lange) Holub – Кострец Бенекена.** Знаменский р-н, Красниковское лес-во нац. парка «Орловское полесье», 52°54' с.ш., 36°05' в.д., просека между кв. 39 и 52, липовый лес, 13 VI 2012, Киселева Л.Л. (ОНИИ, MW); новый вид для флоры Знаменского р-на и Красниковского лес-ва национального парка «Орловское полесье».

***Festuca altissima* All. – Овсяница высочайшая.** Вид из Красной книги Орловской области [3]. Хотынецкий р-н, Красниковское лес-во нац. парка «Орловское полесье», 49 кв., 53°28' с.ш., 35°36' в.д., широколиственный лес на склоне балки, 13 VI 2012, Киселева Л.Л. (ОНИИ, MW);

***Elytrigia trichophora* (Link) Nevski – Пырей волосоносный.** Ливенский р-н, юго-восточнее с. Навесное, правобережье р. Олым, левая сторона лога Богатое (балка Оржавец), 0,8 км от устья,

\* Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства образования и науки РФ, проект № 4 4544. 2011 «Устойчивое развитие биосферы Приокского региона Центральной России в условиях изменяющейся окружающей среды» и проекта ПРООН/ГЭФ/Минприроды России №00072294 «Совершенствование системы и механизмов управления ООПТ в степном биоме России».



склон южной экспозиции, в приводораздельной части, степь, sol-sp, 28 VI 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); новый вид для флоры Орловской области и Ливенского р-на.

***Phleum phleoides* (L.) Karst. – Тимофеевка степная.** Хотынецкий р-н, Тургеневское лес-во нац. парка «Орловское полесье», 6 кв., 53°16' с.ш., 35°15' в.д., березово-осиново-елово-сосновый лес на песчаной почве, 8 VI 2012, Киселева Л.Л. (ОННИ); новый вид для флоры Хотынецкого р-на и нац. парка «Орловское полесье».

***Stipa pennata* L. – Ковыль перистый.** Вид из Красной книги Российской Федерации [4] и Красной книги Орловской области [3]. 1) Болховский р-н, 1,2 км северо-западнее д. Федосеевка, 53°19' с.ш., 36°01' в.д., склон балки юго-восточной экспозиции, луговая степь, 21 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОННИ); 2) Глазуновский р-н, 0,5 км выше с. Тагино, 52°24' с.ш., 36°06' в.д., склон южной экспозиции правого берега р. Оки, разнотравно-ковыльчатая степь, 8 VIII 2012, Киселева Л.Л., Пригоряну В.О. (ОННИ); там же, правый берег р. Ока, 0,5 км выше с. Тагино, склон южной экспозиции, в верхней части, степь с перистым ковылём, выпас слабый, sp-cop1, 8 VIII 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); 3) Ливенский р-н, 2 км юго-западнее д. Дубровка, 52°19' с.ш., 37°51' в.д., правый берег р. Паниковец, склон балки юго-западной экспозиции, луговая степь, 28 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОННИ, MW); там же, бассейн р. Паниковец, между д. Апушкино и д. Дубровка, ур. Апушкина Гора, памятник природы, склон южной экспозиции, в верхней части, степь на известняках, sp-cop1, 28 VI 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); там же, правый откос р. Паниковец, в 100 м севернее дороги Жирино-Навесное, ур. Суры, склон южной экспозиции, степь, 28 VI 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); 4) Ливенский р-н, правобережье р. Кшень, правая сторона Пожидаева лога, 300 м от устья, приводораздельная часть склона южной экспозиции, степь, sp-cop1, 29 VI 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); 5) Ливенский р-н, правый берег р. Кшень, 2 км выше д. Красная Поляна, лог, приводораздельный склон южной экспозиции, луговая степь, sol, 9 особей на 1 аре, 9 VIII 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); 6) Малоархангельский р-н, 1,4 км восточнее д. Ниж. Архарово, 52°27' с.ш., 36°44' в.д., склон балки юго-восточной экспозиции, 27 VI 2012, Полуянов А.В., Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОННИ); там же, левобережье р. Синьковец, 1 км восточнее с. Архарово, балка, граница с Покровским р-ном, приводораздельный склон западной экспозиции, степь, cop1, 27 VI 2012, Золотухин Н.И.,

Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); 7) Орловский р-н, 0,4 км севернее д. Чемерисино, 53°00' с.ш., 36°16' в.д., остепненный склон балки юго-восточной экспозиции, 5 VI 2012, Киселева Л.Л., Белоусько Ю.Л. (ОННИ); 8) Орловский р-н, 0,6 км восточнее д. Медведева, склон балки южной экспозиции, разнотравно-ковыльчатая степь, 53°01' с.ш., 36°14' в.д., склон балки южной экспозиции, разнотравно-ковыльчатая степь, 5 VI 2012, Киселева Л.Л., Белоусько Ю.Л. (ОННИ); 9) Покровский р-н, 2,7 км сев.-зап. д. Верхососенье, 52°27' с.ш., 36°45' в.д., склон балки юго-вост. эксп., 27 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОННИ, MW); там же, 1,5 км восточнее с. Архарово, севернее верховий балки, старая залежь, sol, 27 VI 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); новый вид для флоры Малоархангельского р-на.

***Stipa tirsia* Stev. – Ковыль узколистный.** Должанский р-н, 0,5 км южнее д. Ольхов Луг, 52°10' с.ш., 37°45' в.д., левый берег р. Кшень, склон балки юго-восточной экспозиции, луговая степь, 29 VI 2012, Полуянов А.В., Киселева Л.Л., Золотухин Н.И., Фандеева О.И. (ОННИ); там же, левобережье р. Кшень, напротив восточной части д. Ольхов Луг, склон оврага восточной экспозиции, в верхней части, степь с рактником русским и ковылём перистым, un, отцвёл, мощная дерновина, 29 VI 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б., Киселева Л.Л., Полуянов А.В. (ЦЧЗ); там же, un, вегетирует, 10 VIII 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (дневниковая запись); все 3 наблюдения относятся к 1 особи, других особей при специальных поисках здесь обнаружить не удалось; новый вид для флоры Должанского р-на.

***Carex humilis* Leyss. – Осока низкая.** 1) Болховский р-н, 0,8 км западнее д. Федосеевка, 53°19' с.ш., 36°01' в.д., остепненный склон балки южной экспозиции, 21 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОННИ); 2) Глазуновский р-н, 0,5 км выше с. Тагино, 52°24' с.ш., 36°06' в.д., склон южной экспозиции правого берега р. Оки, разнотравно-ковыльчатая степь, 8 VIII 2012, Киселева Л.Л., Пригоряну В.О. (ОННИ); там же, правый берег р. Ока, 0,5 км выше с. Тагино, склон южной экспозиции, в верхней части, степь с перистым ковылём, выпас слабый, un-sol, 8 VIII 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); 3) Глазуновский р-н, правый берег р. Ока, напротив д. Степная, небольшая балка, остепненный склон южной экспозиции, sol-sp, 8 VIII 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); 4) Должанский р-н, левобережье р. Кшень, 1 км ниже с. Нижнее Ольшаное, овраг Верх Крутенький, левая сторона, у устья, степной склон южной экспозиции, в верхней части, sol-sp, 10 VIII 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); 5) Залогощенский р-н, 2 км

западнее д. Ивань, 53°00' с.ш., 36°49' в.д., склон балки юго-восточной экспозиции, 21 V 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОНИ); 6) Корсаковский р-н: 0,8 км западнее д. Ротановка, 53°02' с.ш., 37°16' в.д., склон южной экспозиции правого берега р. Раковка, разнотравно-низкоосоковая луговая степь, 28 VII 2012, Киселева Л.Л., Пригоряну В.О. (ОНИ, MW); 7) Ливенский р-н, правый берег р. Кшень, 1,5 км выше д. Красная Поляна, степной склон западной экспозиции, sol, 9 VIII 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); 8) Орловский р-н, 0,5 км западнее с. Гать, 52°53' с.ш., 36°00' в.д., склон южной экспозиции левого берега р. Оки в месте впадения р. Цон, разнотравно-ковыльная степь, 8 VIII 2012, Киселева Л.Л., Пригоряну В.О. (ОНИ); 9) Орловский р-н, 0,4 км севернее д. Чемерисино, 53°00' с.ш., 36°16' в.д., остепненный склон балки юго-восточной экспозиции, 5 VI 2012, Киселева Л.Л., Белоусько Ю.Л. (ОНИ); новый вид для флоры Корсаковского р-на.

**Carex lasiocarpa** L. – **Осока волосистоплодная**. Знаменский р-н, Михайловское лес-во нац. парка «Орловское полесье», кв. 14., выд. 2, болото переходного типа, 11 VI 2012, Киселева Л.Л. (ОНИ).

**Carex michelii** Host – **Осока Микеля**. 1) Должанский р-н, юго-восточнее с. Тим, Барыбинская плотка, склон южной экспозиции, остепненный луг, sp, 30 IV 2012, Золотухин Н.И. (ЦЧЗ); 2) Покровский р-н, 2,7 км северо-западнее д. Верхососенье, 52°27' с.ш., 36°45' в.д., склон балки юго-восточной экспозиции, 27 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОНИ).

**Carex supina** Wahlenb. – **Осока приземистая**. 1) Должанский р-н, левый берег р. Кшень, напротив средней части д. Ольхов Луг, степной склон северо-восточной экспозиции, в верхней части, sol-sp, 9 VIII 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); 2) Ливенский р-н, 1,8 км восточнее д. Ольхов Луг, 52°10' с.ш., 37°47' в.д., Пожидаев лог, склон юго-восточной экспозиции, луговая степь, 29 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОНИ, MW); там же, правобережье р. Кшень, Пожидаев лог, правая сторона, 250 м от устья, приводораздельная часть, склон южной экспозиции, 29 VI 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); новый вид для флоры Должанского р-на.

**Allium flavescens** Bess. – **Лук желтеющий**. 1) Должанский р-н, левобережье р. Кшень, 1 км ниже с. Нижнее Ольшаное, овраг Верх Крутенький, левая сторона, у устья, степной склон южной экспозиции, в верхней части, sol, 10 VIII 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); 2) Корсаковский р-н, 0,8 км западнее д. Ротановка, 53°02' с.ш., 37°16' в.д., склон южной экспозиции правого берега р. Раковка, разнотравно-низкоосоковая луговая степь, 28 VII

2012, Киселева Л.Л., Пригоряну В.О. (ОНИ, MW); 3) Ливенский р-н, правый берег р. Кшень, 2 км выше д. Красная Поляна, крутой склон южной экспозиции, степь на супесчаной почве, sol-sp, 9 VIII 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); новый вид для флоры Корсаковского р-на.

**Allium podolicum** (Aschers. et Graebn.) Blocki ex Racib. (**A. paniculatum** auct., non L.) – **Лук подольский**. Должанский р-н, левый берег р. Кшень, напротив средней части д. Ольхов Луг, степной склон северо-восточной экспозиции, в верхней части, sol, 9 VIII 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); новый вид для флоры Должанского р-на.

**Hyacinthella leucophaea** (C. Koch) Schur – **Гиацинтик беловатый**. Ливенский р-н, 0,5 км западнее д. Апушкино, 52°20' с.ш., 37°53' в.д., Апушкина гора, луговая степь, 28 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОНИ);

**Iris aphylla** L. – **Касатик безлистный**. Вид из Красной книги Российской Федерации [4] и Красной книги Орловской области [3]. 1) Болховский р-н, 1 км западнее д. Федосеевка, 53°19' с.ш., 36°01' в.д., остепненный склон балки южной экспозиции, 21 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОНИ, MW); 2) Должанский р-н, 0,6 км юго-восточнее д. Ольхов Луг, 52°10' с.ш., 37°45' в.д., левый берег р. Кшень, склон северо-восточной экспозиции, луговая степь, 29 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОНИ); там же, левобережье р. Кшень, выше д. Ольхов Луг, склон северо-восточной экспозиции, в верхней части, степь, sol, 29 VI 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); там же, левый берег р. Кшень, напротив средней части д. Ольхов Луг, степной склон северо-восточной экспозиции, в верхней части, sp, 9 VIII 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ).

**Dactylorhiza fuchsii** (Druce) Soó – **Пальчатокоренник Фукса**. Вид из Красной книги Орловской области [3]. Знаменский р-н: 1) Красниковское лес-во нац. парка «Орловское полесье», 118 кв., 53°26' с.ш., 35°37' в.д., дубово-березово-осиновый лес, 12 VI 2012, Киселева Л.Л. (ОНИ, MW); 2) Красниковское лес-во нац. парка «Орловское полесье», 119 кв., 53°26' с.ш., 35°37' в.д., дубово-березово-осиновый лес, 12 VI 2012, Киселева Л.Л. (ОНИ, MW).

**Epipactis helleborine** (L.) Crantz – **Дремлик широколистный**. Корсаковский р-н, 4 км юго-восточнее д. Подъяковлево, 53°04' с.ш., 37°15' в.д., березняк на склоне балки северной экспозиции, 28 VII 2012, 2 цветущие особи, Киселева Л.Л., Пригоряну В.О. (ОНИ, MW); новый вид для флоры Корсаковского р-на.

*Thesium arvense* Horvát. – **Ленец полевой.**

1) Должанский р-н, напротив средней части д. Ольхов Луг, 52°10' с.ш., 37°44' в.д., левый берег р. Кшень, склон северо-восточной экспозиции, луговая степь, 29 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОНИ); 2) Ливенский р-н, 0,5 км западнее д. Апушкино, 52°20' с.ш., 37°53' в.д., Апушкина гора, луговая степь, 28 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОНИ); 3) Ливенский р-н, правый берег р. Кшень, 2 км выше д. Красная Поляна, крутой склон южной экспозиции, степь на супесчаной почве, un, 9 VIII 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); новый вид для флоры Должанского р-на.

*Thesium ebracteatum* Hayne – **Ленец бесприцветниковый.** Болховский р-н, 1,2 км северо-западнее д. Федосеевка, 53°19' с.ш., 36°01' в.д., склон балки юго-восточной экспозиции, луговая степь, 21 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОНИ).

*Polycnemum majus* A. Br. – **Хрупливник большой.** 1) Ливенский р-н, юго-восточнее с. Навесное, левобережье р. Олым, левая сторона лога Богатое (балка Оржавец), 0,5 км от устья, склон южной экспозиции, мелкозём у кварцитов, sol, 28 VI 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); 2) Ливенский р-н, правый берег р. Кшень, 2 км выше д. Красная Поляна, крутой склон южной экспозиции, степь на супесчаной почве, un-sol, 9 VIII 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ).

*Dianthus campestris* Vieb. – **Гвоздика равнинная.** Глазуновский р-н, 0,5 км выше с. Тагино, 52°24' с.ш., 36°06' в.д., склон южной экспозиции правого берега р. Оки, разнотравно-ковыльная степь, 8 VIII 2012, Киселева Л.Л., Пригоряну В.О. (ОНИ); там же, правый берег р. Ока, 0,5 км выше с. Тагино, склон южной экспозиции, в верхней части, степь с перистым ковылём, выпас слабый, sol, 8 VIII 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); новый вид для флоры Глазуновского р-на.

*Adonis vernalis* L. – **Адонис весенний.** Вид из Красной книги Орловской области [3]. Корсаковский р-н, 0,8 км зап. д. Ротановка, 53°02' с.ш., 37°16' в.д., склон юго-западной экспозиции правого берега р. Раковка, разнотравно-низкоосоковая луговая степь, 28 VII 2012, Киселева Л.Л., Пригоряну В.О. (ОНИ).

*Anemone nemorosa* L. – **Ветреница дубравная.** Вид из Красной книги Орловской области [3]. Красниковское лес-во нац. парка «Орловское поле-сье», 33 кв., 53°29' с.ш., 35°33' в.д., липово-кленовый лес, 12 VI 2012, Киселева Л.Л. (ОНИ, MW).

*Pulsatilla patens* (L.) Mill. – **Прострел раскрытый, Сон-трава.** Вид из Красной книги Орловской области [3]. Тургеневское лес-во нац. парка

«Орловское поле-сье», 6 кв., 53°16' с.ш., 35°15' в.д., березово-осиново-елово-сосновый лес, 8 VI 2012, Киселева Л.Л. (ОНИ).

*Erysimum marschallianum* Andr. – **Желтушник Маршалла.** Корсаковский р-н: 0,8 км западнее д. Ротановка, 53°02' с.ш., 37°16' в.д., склон южной экспозиции правого берега р. Раковка, разнотравно-низкоосоковая луговая степь, 28 VII 2012, Киселева Л.Л., Пригоряну В.О. (ОНИ, MW); новый вид для флоры Корсаковского р-на.

*Amygdalus nana* L. – **Миндаль низкий, Бобовник.** Вид из Красной книги Орловской области [3]. Ливенский р-н, правый берег р. Кшень, 1 км выше д. Красная Поляна, крутой известняковый склон юго-западной экспозиции, сор<sub>1</sub> на 30 кв. м, 9 VIII 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ).

*Cerasus fruticosa* Pall. – **Вишня кустарниковая, Степная вишня.** 1) Должанский р-н, левобережье р. Кшень, 1 км ниже с. Нижнее Ольшаное, овраг Верх Крутенький, левая сторона, у устья, крутой известняковый степной склон юго-восточной экспозиции, sol-sp, 10 VIII 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); 2) Ливенский р-н, 1,8 км восточнее д. Ольхов Луг, 52°10' с.ш., 37°47' в.д., Пожидаев лог, вершина склона юго-восточной экспозиции, луговая степь, 29 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОНИ).

*Cotoneaster alaunicus* Golits. – **Кизильник алаунский.** Вид из Красной книги Российской Федерации [4] и Красной книги Орловской области [3]. Должанский р-н: 1) левый берег р. Кшень, напротив восточного края д. Ольхов Луг, остепенённый склон северо-восточной экспозиции, 1 куст, диаметром 1 м, высотой 0,8 м, единичные плоды, 10 VIII 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); 2) левый берег р. Кшень, 1 км ниже с. Нижнее Ольшаное, 60 м выше устья оврага Верх Крутенький, известняковый склон восточной экспозиции, в средней части, 1 заросль диаметром 7 м и высотой до 1,7 м, 10 VIII 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ).

*Rosa dumalis* Bechst. – **Шиповник рошевой.** Ливенский р-н, правый берег р. Кшень, 1,5 км выше д. Ольхов Луг, ур. Агрызкина гора, нижняя часть известнякового склона южной экспозиции, луговая степь, sol, h = 1 м, 15 VI 2000, Золотухин Н.И. (ЦЧЗ); новый вид для флоры Орловской области, а также Ливенского р-на.

*Rosa glabrifolia* C.A. Mey. ex Rupr. – **Шиповник гололистный.** Должанский р-н, левый берег р. Кшень, напротив средней части д. Ольхов Луг, приводораздельный склон, в зарослях раки-тника русского, un, h = 1,8 м, 9 VIII 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); новый вид для флоры



Должанского р-на.

***Rosa jundzillii* Bess.** – Шиповник Юндзилла. Ливенский р-н, юго-восточнее с. Навесное, левобережье р. Олым, левая сторона лога Богатое (балка Оржавец), 0,9 км от устья, склон юго-восточной экспозиции, степь, 4 куста, высота до 0,7 м, 28 VI 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); новый вид для флоры Орловской области и Ливенского р-на.

***Rosa villosa* L.** – Шиповник мохнатый. Залегощенский р-н, 0,4 км севернее д. Ивань, 53°00' с.ш., 36°51' в.д., склон балки юго-восточной экспозиции, 21 V 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОНИ, MW).

***Spiraea litvinovii* Dobroc.** – Спирея Литвинова. Ливенский р-н: 1) 3 км юго-восточнее с. Навесное, 52°15' с.ш., 38°01' в.д., лог Богатый, склон южной экспозиции, 28 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОНИ); там же, юго-восточнее с. Навесное, левобережье р. Олым, левая сторона лога Богатое (балка Оржавец), 0,5 км от устья, 1 группа диаметром 3 м на степном склоне южной экспозиции, 28 VI 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); 2) правый берег р. Кшень, 1 км выше д. Красная Поляна, крутой известняковый склон юго-западной экспозиции, sp, 9 VIII 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ).

***Astragalus austriacus* Jacq.** – Астрагал австрийский. Должанский р-н, левобережье р. Кшень, 1 км ниже с. Нижнее Ольшаное, овраг Верх Крутенький, левая сторона, у устья, крутой известняковый степной склон юго-восточной экспозиции, sol, 10 VIII 2012, Золотухин Н.И. (ЦЧЗ).

***Linum perenne* L.** – Лён многолетний. Ливенский р-н, правый берег р. Кшень, 1,5 км выше д. Красная Поляна, степной склон западной экспозиции, sol, 9 VIII 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ).

***Euphorbia subtilis* Prokh.** – Молочай тонкий. Должанский р-н, 0,6 км юго-восточнее д. Ольхов Луг, 52°10' с.ш., 37°45' в.д., левый берег р. Кшень, склон северо-восточной экспозиции, луговая степь, 29 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОНИ).

***Viola ambigua* Waldst. et Kit.** – Фиалка сомнительная. Ливенский р-н, 0,5 км западнее д. Апушкино, 52°20' с.ш., 37°53' в.д., Апушкина гора, луговая степь, 28 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОНИ); там же, бассейн р. Паниковец, между д. Апушкино и д. Дубровка, ур. Апушкина Гора, памятник природы, склон южной экспозиции, в верхней части, степь на известняках, sol, 28 VI 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ).

***Sium sisarum* L.** – Поручейник сахарный. Должанский р-н, левый берег р. Кшень, выше устья Пожидаева лога, сырая песчаная ложбина, sol, 28 VI

2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ).

***Trinia multicaulis* (Poir.) Schischk.** – Триния многостебельная. Ливенский р-н, 0,5 км западнее д. Апушкино, 52°20' с.ш., 37°53' в.д., Апушкина гора, луговая степь, 28 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОНИ);

***Xanthoselinum alsaticum* (L.) Schur** – Златогоричник эльзасский. 1) Болховский р-н, 0,8 км зап. д. Федосеевка, 53°19' с.ш., 36°01' в.д., остепнённый склон балки южной экспозиции, 21 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОНИ); 2) Глазуновский р-н, правый берег р. Ока, напротив д. Степная, южная опушка дубравы, sol, 8 VIII 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); 3) Орловский р-н, 0,5 км западнее с. Гать, 52°53' с.ш., 36°00' в.д., склон южной экспозиции левого берега р. Оки в месте впадения р. Цон, разнотравно-ковыльная степь, 8 VIII 2012, Киселева Л.Л., Пригоряну В.О. (ОНИ); 4) Покровский р-н, 2,7 км северо-западнее д. Верхососенье, 52°27' с.ш., 36°45' в.д., склон балки юго-восточной экспозиции, 27 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОНИ); новый вид для флоры Глазуновского и Покровского р-нов.

***Pyrola chlorantha* Swartz** – Грушанка зеленоцветковая. Хотынецкий р-н, Тургеневское лес-во нац. парка «Орловское полесье», 15 кв., 53°16' с.ш., 35°15' в.д., сосняк зеленомошник, 8 VI 2012, Киселева Л.Л. (ОНИ).

***Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench** – Болотный мирт обыкновенный. Хотынецкий р-н, Львовское лес-во нац. парка «Орловское полесье», 51 кв., 53°17' с.ш., 35°20' в.д., заболоченный осиново-берёзово-сосновый лес, 9 VI 2012, Киселева Л.Л. (ОНИ, MW); новый вид для флоры Хотынецкого р-на и национального парка «Орловское полесье».

***Andromedapolifolia* L.** – Подбелобыкновенный, или многолистный. Хотынецкий р-н, Львовское лес-во нац. парка «Орловское полесье», 51 кв., 53°17' с.ш., 35°20' в.д., заболоченный осиново-берёзово-сосновый лес, 9 VI 2012, Киселева Л.Л. (ОНИ, MW).

***Gentiana cruciata* L.** – Горечавка крестовидная. Вид из Красной книги Орловской области [3]. Корсаковский р-н: 1) 3 км юго-восточнее д. Подъяковлево, 53°04' с.ш., 37°14' в.д., луговой склон балки северной экспозиции, 28 VII 2012, 7 цветущих особей, Киселева Л.Л., Пригоряну В.О. (ОНИ); 2) 0,8 км западнее д. Ротановка, 53°02' с.ш., 37°16' в.д., склон юго-западной экспозиции правого берега р. Раковка, разнотравно-низкоосоковая луговая степь, 28 VII 2012, Киселева Л.Л., Пригоряну В.О. (ОНИ); новый вид для флоры Корсаковского р-на.

*Vincetoxicum cretaceum* (Pobed.) Wissjul. – **Ластовень меловой**. 1) Ливенский р-н, юго-восточнее с. Навесное, левобережье р. Олым, левая сторона лога Богатое (балка Оржавец), 0,7 км от устья, склон юго-западной экспозиции, степь на известняковом крутом склоне, sol, 28 VI 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); 2) Ливенский р-н, бассейн р. Паниковец, между д. Апушки и д. Дубровка, ур. Апушкина Гора, памятник природы, склон южной экспозиции, в верхней части, степь на известняках, sol, 28 VI 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); новый вид для флоры Орловской области и Ливенского р-на.

*Cuscuta approximata* Vab. – **Повилика сближенная**. Ливенский р-н: 1) устье Пожидаевского лога, южный каменистый склон, 9 VIII 1949, Митрофанова Н., Голицын С.В., Виноградов Н.П. (VU); там же, 1,5 км юго-восточнее д. Ольхов Луг, 52°10' с.ш., 37°46' в.д., правый берег р. Кшень, Агрызкина гора, основание склона юго-западной экспозиции, на *Achillea nobilis*, 29 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОННИ, MW); там же, правобережье р. Кшень, правая сторона Пожидаева лога, 150 м от устья, степной склон юго-западной экспозиции, на известняках, sol, 29 VI 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); 2) левый берег Олыма против с. Галичье (Кузилиха), каменистая степь, 10 VIII 1949, Митрофанова Н., Голицын С.В., Виноградов Н.П. (VU); новый вид для флоры Орловской области и Ливенского р-на.

*Echium russicum* J.F. Gmel. – **Синяк русский**. Ливенский р-н, 0,5 км западнее д. Апушкино, 52°20' с.ш., 37°53' в.д., Апушкина гора, луговая степь, 28 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОННИ); там же, бассейн р. Паниковец, между д. Апушкино и д. Дубровка, ур. Апушкина Гора, памятник природы, склон южной экспозиции, в верхней части, степь на известняках, sol, 28 VI 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ).

*Scutellaria supina* L. – **Шлемник приземистый**. Вид из Красной книги Орловской области [3]. Должанский р-н, левобережье р. Кшень, 1 км ниже с. Нижнее Ольшаное, овраг Верх Крутенький, левая сторона, у устья, крутой известняковый степной склон юго-восточной экспозиции, sol на площади несколько аров, 10 VIII 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ).

*Thymus × dimorphus* Klokov et Des.-Shost. – **Тимьян двухформенный**. Должанский р-н, 1) близ с. Ниж. Ольшаное, левый коренной известняковый берег р. Кшень, 2 V 1999, Киценко Н.В. (опр. В.И. Радыгина как *Thymus pallasianus* Н. Вг. – **Тимьян Палласа**), переопределен М.В. Казаковой, 14 X 2011, как *Th. × dimorphus* Klok. et Shost.;

2) левобережье р. Кшень, 1 км ниже с. Нижнее Ольшаное, овраг Верх Крутенький, левая сторона, у устья, крутой известняковый степной склон юго-восточной экспозиции, sol-sp, 10 VIII 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); новый гибридогенный вид для флоры Орловской области и Должанского р-на.

*Verbascum phoeniceum* L. – **Коровяк фиолетовый**. 1) Ливенский р-н, 0,5 км западнее д. Апушкино, 52°20' с.ш., 37°53' в.д., Апушкина гора, луговая степь, 28 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОННИ); 2) Ливенский р-н, юго-восточнее с. Навесное, левобережье р. Олым, левая сторона лога Богатое (балка Оржавец), склон юго-западной экспозиции, луговая степь, sol, 28 VI 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ).

*Veronica austriaca* L. s. l. (incl. *V. jacquinii* Baumg.) – **Вероника австрийская**. Должанский р-н, напротив средней части д. Ольхов Луг, 52°10' с.ш., 37°44' в.д., левый берег р. Кшень, склон северо-восточной экспозиции, луговая степь, 29 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОННИ); новый вид для флоры Должанского р-на.

*Veronica spuria* L. – **Вероника ложная**. 1) Должанский р-н, левобережье р. Кшень, ниже лога Верх Суходол, напротив средней части д. Ольхов Луг, почти плакор, степь на супесчаной почве, sol, 29 VI 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); 2) Ливенский р-н, 1,7 км восточнее д. Ольхов Луг, 52°10' с.ш., 37°46' в.д., Пожидаев лог, склон юго-восточной экспозиции, луговая степь, 29 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОННИ); новый вид для флоры Должанского р-на.

*Galium octonarium* (Klokov) Soo – **Подмаренник восьмилистный**. Ливенский р-н, 1,4 км юго-восточнее д. Ольхов Луг, 52°10' с.ш., 37°46' в.д., правый берег р. Кшень, Агрызкина гора, верхняя часть склона юго-западной экспозиции, 29 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОННИ).

*Campanula altaica* Ledeb. – **Колокольчик алтайский**. Ливенский р-н, 2 км юго-западнее д. Дубровка, 52°19' с.ш., 37°51' в.д., правый берег р. Паниковец, склон балки юго-западной экспозиции, луговая степь, 28 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОННИ).

*Campanula latifolia* L. – **Колокольчик широколистный**. Вид из Красной книги Орловской области [3]. Знаменский р-н, Красниковское лес-во нац. парка «Орловское полесье», 52 кв., 53°28' с.ш., 35°36' в.д., кленово-липово-дубовый лес, 13 VI 2012, Киселева Л.Л. (ОННИ).

*Artemisia armeniaca* Lam. – **Полынь армянская**. Ливенский р-н, правый берег р. Кшень, 2 км выше д. Красная Поляна, лог, склон южной



экспозиции, степь, на двух арах, сор., 9 VIII 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ).

***Artemisia dracunculus* L. – Полынь эстрагон.** Должанский р-н, 0,5 км юго-восточнее д. Ольхов Луг, 52°10' с.ш., 37°45' в.д., левый берег р. Кшень, 29 VI 2012, Золотухин Н.И., Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОНИ).

***Aster amellus* L. – Астра ромашковая.** Вид из Красной книги Орловской области [3]. 1) Должанский р-н, 0,6 км юго-восточнее д. Ольхов Луг, 52°10' с.ш., 37°45' в.д., левый берег р. Кшень, склон северо-восточной экспозиции, луговая степь, 29 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОНИ); там же, левый берег р. Кшень, напротив средней части д. Ольхов Луг, степной склон северо-восточной экспозиции, в средней части, un-sol, 9 VIII 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); 2) Ливенский р-н, 52°20' с.ш., 37°53' в.д., 0,5 км западнее д. Апушкино, Апушкина гора, луговая степь, 28 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОНИ, MW); новый вид для флоры Должанского р-на.

***Centaurea sumensis* Kalen. – Василёк сумской.** Должанский р-н, левобережье р. Кшень, 1 км ниже с. Нижнее Ольшанское, овраг Верх Крутенький, левая сторона, у устья, крутой известняковый степной склон юго-восточной экспозиции, sol, 10 VIII 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ).

***Echinops ritro* L. s. l. (incl. *E. ruthenicus* Bieb.) – Мордовник обыкновенный.** 1) Ливенский р-н, 0,5 км западнее д. Апушкино, 52°20' с.ш., 37°53' в.д., Апушкина гора, луговая степь, 28 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОНИ); 2) Ливенский р-н, правый берег р. Кшень, 1 км выше д. Красная Поляна, крутой степной склон юго-западной экспозиции, sol-sp, 9 VIII 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ).

***Filago arvensis* L. – Жабник полевой.** Глазуновский р-н, 0,5 км выше с. Тагино, 52°24' с.ш., 36°06' в.д., склон южной экспозиции правого берега р. Оки, разнотравно-ковыльная степь, 8 VIII 2012, Киселева Л.Л., Пригоряну В.О. (ОНИ); новый вид для флоры Глазуновского р-на.

***Hypochoeris radicata* L. – Пазник стержнекорневой.** Знаменский р-н, Михайловское лес-во нац. парка «Орловское полесье», 19 кв., выд. 21, 53°21' с.ш., 35°27' в.д., опушка березово-дубово-елового леса, 11 VI 2012, Киселева Л.Л. (ОНИ).

***Jurinea cyanoides* (L.) Reichenb. – Наголоватка васильковая.** Должанский р-н, напротив средней части д. Ольхов Луг, 52°10' с.ш., 37°44' в.д., левый берег р. Кшень, склон северо-восточной экспозиции, луговая степь, 29 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОНИ); новый вид для флоры Должанского р-на.

***Scorzonera purpurea* L. – Козелец пурпурный.** Вид из Красной книги Орловской области [3].

1) Болховский р-н, 0,8 км западнее д. Федосеевка, 53°19' с.ш., 36°01' в.д., остепненный склон балки южной экспозиции, 21 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОНИ); 2) Болховский р-н, 1,2 км северо-западнее д. Федосеевка, 53°19' с.ш., 36°01' в.д., склон балки юго-восточной экспозиции, луговая степь, 21 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОНИ); 3) Болховский р-н, 1 км южнее с. Борилово, 53°20' с.ш., 35°56' в.д., правый берег р. Злынка, склон юго-западной экспозиции, 21 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОНИ); 4) Корсаковский р-н, 0,8 км западнее д. Рогановка, 53°02' с.ш., 37°16' в.д., склон южной экспозиции правого берега р. Раковка, разнотравно-низкоосоковая луговая степь, 28 VII 2012, Киселева Л.Л., Пригоряну В.О. (ОНИ); 5) Ливенский р-н, 0,5 км западнее д. Апушкино, 52°20' с.ш., 37°53' в.д., Апушкина гора, луговая степь, 28 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОНИ); 6) Ливенский р-н, правый берег р. Кшень, 2 км выше д. Красная Поляна, лог, приводораздельный склон южной экспозиции, луговая степь, sol, 9 VIII 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); 7) Покровский р-н, 2,7 км северо-западнее д. Верхососенье, 52°27' с.ш., 36°45' в.д., склон балки юго-восточной экспозиции, 27 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОНИ); 8) Покровский р-н, 1,5 км восточнее с. Архарово, верховье балки, склон юго-восточной экспозиции, степь с ракитником русским, sol, 27 VI 2012, Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. (ЦЧЗ); новый вид для флоры Болховского и Корсаковского р-нов.

***Serratula lycopifolia* (Vill.) A. Kern. – Серпуха зюзниколистная.** 1) Должанский р-н, 0,6 км юго-восточнее д. Ольхов Луг, 52°10' с.ш., 37°45' в.д., левый берег р. Кшень, склон северо-восточной экспозиции, луговая степь, 29 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОНИ); 2) Ливенский р-н, 1,4 км юго-восточнее д. Ольхов Луг, 52°10' с.ш., 37°46' в.д., правый берег р. Кшень, Агрызкина гора, верхняя часть склона юго-западной экспозиции, 29 VI 2012, Киселева Л.Л., Фандеева О.И. (ОНИ).

Таким образом, в результате исследований флоры Орловской области в 2012 г. были получены следующие данные, ранее не приводившиеся для территории области [1,2,5]: 6 новых видов для региона (*Elytrigia trichophora*, *Rosa dumalis*, *R. jundzillii*, *Vincetoxicum cretaceum*, *Cuscuta approximata*, *Thymus* × *dimorphus*). Кроме того, отмечены новые виды для административных районов: 9 – для Должанского, 6 – для Корсаковского, 5 – для Ливенского, 3 – для Глазуновского, по 2 – для Хотынецкого, по 1 – для Болховского, Знаменского, Малоархангельского и Покровского.

**Библиографический список**

1. Атлас редких и охраняемых растений Орловской области: Монография. Л.Л. Киселева, О.М. Пригоряну, А.В. Щербаков, Н.И. Золотухин. Под ред. М.В. Казаковой. Орел, Издатель Александр Владимирович Воробьев, 2012. 468 с.
2. *Еленевский А.Г., Радыгина В.И.* Определитель сосудистых растений Орловской области. 2-е изд. М.: Моск. пед. гос. ун-т, 2005. 214 с.
3. *Киселева Л.Л., Пригоряну О.М.* Отдел Покрытосеменные. Красная книга Орл. обл. Грибы. Растения. Животные. Отв. ред. О.М. Пригоряну. Орел, 2007. С. 22– 105.
4. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). Сост. Р.В. Камелин и др. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2008. 855 с.
5. *Маевский П.Ф.* Флора средней полосы европейской части России. 10-е изд., испр. и доп. М.: Т-во науч. изданий КМК, 2006. 600 с.

**L.L. KISELEVA, N.I. ZOLOTUHIN, O.I. FANDEEVA**

**NEW KINDS AND NEW SITES OF RARE AND PROTECTED PLANTS  
OF THE ORYOL AREA IN 2012**

*As a result of researches of flora of the Oryol area in 2012 following data have been obtained: 6 new kinds for region (*Elytrigia trichophora*, *Rosa dumalis*, *R. jundzillii*, *Vincetoxicum cretaceum*, *Cuscuta approximata*, *Thymus × dimorphus*). 29 new kinds of rare and protected plants for 9 administrative areas.*

*Key words:* *new kinds of vascular plants for region, the Oryol area, protected plants.*



**Е.С. КУЛЕШОВА**

ассистент кафедры общей, биологической, фармацевтической химии и фармакогнозии Орловского государственного университета  
Тел. 8 920 808 97 01

**Н.Е. ПАВЛОВСКАЯ**

доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой биотехнологии Орловского государственного аграрного университета  
Тел. 8 960 650 55 43

**В.Г. ЛОСКУТОВ**

доктор биологических наук, зав.отделом генетических ресурсов овса, ржи, ячменя ГНУ ВНИИ Растениеводства им. Н.И.Вавилова  
Тел.(8812) 571 93 88

### СКРИНИНГ ГЕНОТИПОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ПО СОДЕРЖАНИЮ ГОРДЕЦИНА В СЕМЕНАХ

*Количество гордецина в различных генотипах ячменя существенно различается. Генотипы ячменя, не поражаемые ринхоспориозом, пыльной головней и корневыми гнилями, относительно устойчивые к ржавчине, мучнистой росе и гельминтоспориозу, имеют больше гордецина, чем восприимчивые. Это важно для селекции на устойчивость и отбора форм для скрещивания. Вместе с тем, такой полиморфизм генотипов ячменя по содержанию гордецина имеет значение для выявления сырья при производстве антибиотика в промышленных масштабах.*

*Ключевые слова:* гордецин, ячмень, плесень, антибиотики.

В природных микробных сообществах, состоящих из бактерий, грибов, актиномицетов дрожжей, водорослей, простейших и других микроорганизмов, широко распространен антагонизм, включающий и такие формы взаимоотношений, как конкуренция, хищничество, паразитизм. Наиболее хорошо изучен антагонизм, обусловленный образованием антимикробных веществ и, в частности, антибиотиков.[1]

Антибиотики нашли широкое применение в медицине для борьбы со многими инфекционными болезнями. Они применяются также в следующих отраслях народного хозяйства: в ветеринарии, в животноводстве в увеличении производства продуктов животноводства и в качестве стимуляторов роста сельскохозяйственных животных; в растениеводстве в качестве активных средств борьбы и профилактики бактериальных и грибковых заболеваний растений; в пищевой промышленности при консервировании различных пищевых продуктов с максимальным сохранением питательных веществ; в научных исследованиях для ингибирования определенных этапов биохимических превращений; при выделении чистых культур отдельных патогенных микроорганизмов, культивировании вирусов; генетических исследованиях и др.

По оценкам Busine Stat, с 2006 по 2010 гг стои-

мостный объем рынка антибиотиков в России вырос на 90% – с 13,2 до 25,1 млрд руб. Основными причинами падения производства антибиотиков в России являются : изношенность основных фондов, морально устаревшая номенклатура субстанций в условиях необходимости создания новых более эффективных лекарств, мощная конкуренция со стороны зарубежных производителей. В России перестали выпускать составляющие для производства антибиотиков. Выпускать вещества для производства антибиотиков в России стало невыгодно, так как отечественные фармпроизводители не могут составить конкуренцию таким странам, как Китай и Индия, субстанции которых гораздо дешевле.

Продажи антибиотиков растут благодаря высокому спросу, который во многом обусловлен тем, что микроорганизмы быстро становятся резистентными к новым препаратам, поэтому существует необходимость постоянно расширять ассортимент. Кроме того, микроорганизмы становятся все более агрессивными: если раньше некоторые заболевания можно было вылечить одним уколом, то теперь требуется длительный курс лечения.

После открытия в 1942 г Флемингом пенициллина, из-за последовавшего широкого использования антибиотиков, часто без особой надобности и учета возбудителя болезни, многие антибиотики

потеряли свою актуальность и эффективность. В связи со сложившейся ситуацией в настоящее время требуется усилить исследования по поиску веществ, обладающих антимикробной и антивирусной активностью. Подавляющее большинство антибиотиков, полученных из высших растений, так же как и антибиотиков микробного происхождения, по ряду причин не получило практического использования. Источниками получения подобных веществ являются растения и в том числе злаковые, к которым относится ячмень. [2]

Ячмень отличается повышенным содержанием антивирусных и антибактериальных веществ, таких как лизин и гордецин. В связи с этим ячменные отвары и настои являются популярным средством народной медицины для лечения грибковых и воспалительных заболеваний кожи, заболеваний ЖКТ и органов дыхания. Зерно ячменя служит сырьем для производства бактерицидных и противовирусных фармацевтических препаратов.

Впервые в СССР Н.В. Новотельновым, И.С. Ежовым из оставшегося после замачивания ячменя для получения солода на пивоваренном заводе им. Степана Разина вырабатывается на полузаводской установке препарат с антимикробными свойствами. В его состав входит антибиотик гордецин – около 45 %, органические примеси – около 20 %, не обладающие антибиотическими свойствами, и до 35 % воды. Это маслообразная жидкость темно-коричневого цвета с запахом меда и корки ржаного хлеба. В воде препарат не растворяется, но дает стойкие эмульсии. Хорошо растворяется в спирте и маслах. Обладает термостабильностью и выдерживает нагрев до 90°C без потери активности.

Тщательно проведенные исследования позволили авторам утверждать, что антимикробно действующим началом является непредельная нитрокетонакарбоновая кислота, представляющая собой неразветвленную цепь, состоящую из большого числа -CH<sub>2</sub>-групп и имеющую активные функциональные группы (-COOH, =CO, -OH, -CH<sub>2</sub> и -NO<sub>2</sub>). Кривая поглощения спиртовых растворов гордецина в ультрафиолетовой части спектра имеет характерное плато в границах между 260-275 мкм.

Антимикробная активность гордецина изучена в отношении многих видов микроорганизмов. Что касается механизма антимикробного действия гордецина, то Н.В. Новотельнов полагает, что в его основе лежит образование кетиминовой связи между кетонной группой гордецина и е-аминогруппой лизина микробной клетки. Изучение токсических свойств гордецина показало, что он мало токсичен. ЛД 50 = 0,31 г/кг. Гордецин был предложен для лечения поражений кожи – дерматомикозов и кандидозов межпальцевых

складок, ногтей и околоногтевых валиков и т. д.[3]

Как было выявлено нами, количество гордецина в различных генотипах ячменя существенно различается. Генотипы ячменя, не поражаемые ринхоспориозом, пыльной головней и корневыми гнилями, относительно устойчивые к ржавчине, мучнистой росе и гельминтоспориозу, имеют больше гордецина, чем восприимчивые. Это важно для селекции на устойчивость и отбора форм для скрещивания. Вместе с тем, такой полиморфизм генотипов ячменя по содержанию гордецина имеет значение для выявления сырья при производстве антибиотика в промышленных масштабах.

В связи с этим целью данных исследований является проведение скрининга генотипов ячменя из коллекции ВИР им. Н.И. Вавилова на наличие антибиотика гордецина в семенах.

#### Объект и методы исследования

Объектом исследований служили генотипы ячменя ярового, представленные в табл.1., различающиеся устойчивостью к полеганию и заболеваниям.

Схема выделения гордецина: 10 г зерна ячменя, отсеянного от мучки, залили 30 мл дистиллированной воды на 72 часа с 1 мл хлороформа и периодически помешивали. Зерна-проростки не размалывали. Для исследования брали воду для замачивания в соотношении 1:1,15. Проростки выращивали в темноте во избежание образования хлорофилла. Отцентрифугировали при 2000 об./мин, добавили 1 мл 25% ацетата свинца, профильтровали. К фильтрату добавили 1 г активированного угля, оставили на 1 сутки. Профильтровали. Фильтр промыли дистиллированной водой. Затем промыли фильтр 5 мл 96% спирта и измеряли оптическую плотность фильтрата на Specol-11 при длине волны 278 нм в кювете с толщиной слоя 1 см.[4]

Формула для вычисления:

$C_1 = C_2 * (E_1/E_2)$   $C_2 = 0,0075\%$   $E_2 = 0,412$ , где  $C_1$  – искомая оптическая плотность;  $C_2$  – стандартная концентрация гордецина 0,0075%;  $E_1$  – оптическая плотность опытного образца гордецина;  $E_2$  – оптическая плотность стандарта.[5]

Параллельно исследовался объем плесени, выросшей на корнях ячменя. С целью получения корневых плесеней и выявления антибиотиков семена ячменя выращивали на фильтровальной бумаге в фитокамере в контролируемых условиях в течение 10 дней.



Таблица 1.

Генотипы ячменя, различающиеся устойчивостью к полеганию и болезням

Номер по каталогу ВИР образца	Происхождение	Название, разновидность, подвид	Описание свойств
22089	Ленинградская область	белогорский, var. pPallidum, rikotense	среднеустойчив к полеганию, устойчив к пыльной головне, восприимчив к мучнистой росе и пятнистостям.
30845	Новосибирская область	золотник, var. mMedicum	среднеустойчив к полеганию, устойчив к каменной головне, поражается мучнистой росой и пятнистостями.
27080	Беларусь	белорусский 76, var.nNudum	устойчивый к полеганию, устойчивый к мучнистой росе.
19417	Московская область	московский 121, var.nNutans	среднеустойчив к полеганию, поражается всеми грибными болезнями.
30943	Чехия	amulet, var. nutans	устойчивый к полеганию, устойчивый к мучнистой росе, слабо поражается пятнистостями
29864	Германия	kleine gerste, var. coeleste	полегает при неблагоприятных условиях, поражается грибными болезнями.
28292	Австрия	westendorf Tirol, var.nudum	полегает при неблагоприятных условиях, поражается грибными болезнями.
27471	Польша	korona Laschego, var.coeleste	полегает при неблагоприятных условиях, поражается грибными болезнями.
17844	Ленинградская область	местный, var. cCoeleste	полегает, поражается грибными болезнями.
30919	Омская область	омский голозерный, var.nNudum	полегает при неблагоприятных условиях, поражается грибными болезнями.
30846	Новосибирская область	сигнал, var. nNutans	среднеустойчив к полеганию, поражается всеми грибными болезнями.
30440	Дания	23007, var. nNudum	полегает при неблагоприятных условиях, поражается грибными болезнями.
6557	Армения	местный, var. nNudum	полегает, поражается грибными болезнями.
14981	Дагестан	местный, var. nNudum	полегает, поражается грибными болезнями.

Результаты исследования

На основании проведенных исследований установлено, что генотипы ячменя существенно различаются по содержанию гордецина (рис. 1). Разброс данных составляет от 1 мг/% до 12 мг/%.

Наименьшее содержание антибиотика было у сорта Белогорского, местного сорта из Армении и Westendorf Tirol (от 1 до 2 мг/%). Сорт Белогорский устойчив к полеганию и пыльной головне, но восприимчив к мучнистой росе и пятнистостям. Два других генотипа полегает при неблагоприятных условиях среды, поражаются всеми грибными заболеваниями.

Рекордсменами по наличию гордецина являются сорта Сигнал nutans и Амulet, у которых количество гордецина достигает 11-12 мг/%. Сигнал среднеполегаемый и поражается всеми грибными заболеваниями, а Амulet устойчив к полеганию, к мучнистой росе, слабо поражается пятнистостями.

У большинства генотипов содержание гордецина колеблется от 4 до 9 мг/%. Из них среднеустой-

чивыми к полеганию являются сорта Белогорский, Золотник, Белорусский 76, Московский 121. Белорусский 76 устойчив к мучнистой росе. Таким образом, четкая зависимость между содержанием гордецина, полеганием и устойчивостью к грибным заболеваниям не выявлена.

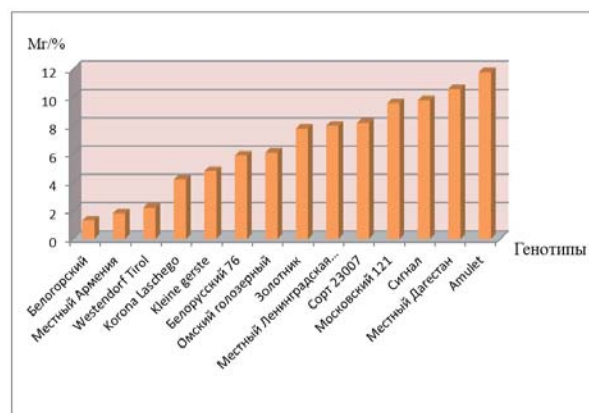


Рис.1. Результаты скрининга генотипов ячменя коллекции ВИР на содержание гордецина.



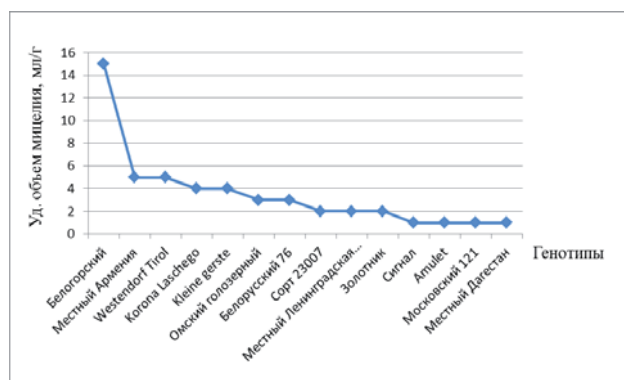


Рис.2. Объем плесени на корнях ячменя в течение 10 дней.



Рис.3. Влияние вытяжки из плесени на прорастание семян и развитие проростков гороха сорта Батрак: А – контроль; Б – обработанные вытяжкой из плесени.

Между тем, развитие плесени на корнях растений ячменя на каждом генотипе ячменя обратно пропорционально содержанию гордецина в зерновках и строго повторяется по образцам (рис. 2).

Кроме того, вытяжка из плесени стимулирует развитие проростков гороха (рис.3).

Как видно из рисунка, вытяжка из плесени на корнях ячменя положительно влияет на энергию прорастания семян и развитие проростков гороха. Это связано, видимо, с содержанием в ней антибиотических веществ, которые стимулируют развитие растений.

### Выводы

1. У большинства генотипов содержание гордецина колеблется от 4 до 9 мг/%. Наибольшее количество гордецина определено у генотипов Сигнал и Амулет (11-12 мг/%), наименьшее – у сорта Белогорского, местного сорта из Армении Westendorf/Tirol из Австрии (от 1 до 2 мг/%) [7]

2. Установлена обратная зависимость между содержанием гордецина в зерновках семян определенных генотипов и объемом плесени на корнях проростков ячменя.

3. Не выявлено четкой зависимости между содержанием гордецина и устойчивостью к полеганию и грибным заболеваниям у образцов ячменя. [7]

### Библиографический список

1. Бартон Д.Г. Новые пути синтеза тетрациклина, Журнал Всес. химического общества им. Д.И. Менделеева, 1971, т. 16, № 2.
2. Ваксман З. (Waksman, Selman Abraham) 1945; (Microbial Antagonisms and Antibiotic Substances, 1945. (Антибиотики, т. 13, 1968, № 7).
3. Гаузе Г.Ф. Изыскание новых антибиотиков из группы циклоспоринов. Г.Ф. Гаузе Л.Н. Терехова, Т.С. Максимова. Антибиотики. 1983. Т. 28, вып. 4. С. 243-245.
4. Готов В.К., Кравцова Л.С. Опыт применения биопрепаратов в животноводстве /Международный сельскохозяйственный журнал. 2007, №2, С.54-55.
5. Глуховцев В.В., Дровальева Н.В. Особенности формирования белка и его аминокислотного состава в зерне ярового ячменя в зависимости от погодных условий в среднем Поволжье. Вестник Казанского ГАУ 2011, №2, С.20
6. Глуховцев В.В., Дровальева Н.В., Санина Н.В. Особенности формирования аминокислотного состава белка зерна ярового ячменя в зависимости от агроэкологических условий вегетации в среднем Поволжье. Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук, 2011, 5, С.3-4.
7. Зданович Ю.И. Влияние термического обеззараживания на комплекс микроорганизмов и качественные показатели зерна ячменя пивоваренного. Автореф. канд. дисс., Красноярск, 2006.

*E.S. KULESHOVA, N.E.PAVLOVSKAYA, V.G. LOSKYTOV*

### GENOTYPES SCREENING FOR MAINTENANCE OF SPRING BARLEY SEEDS IN GORDETSINA

*Number of different genotypes gordetsina barley varies considerably. Barley genotypes are not affected, rinhosporiozom, smut and root rot, relatively resistant to rust, powdery mildew and Helminthosporium have more gordetsina than receptive. It is important for breeding for resistance and selection of forms for mating. However, this polymorphism genotypes of barley for the content of gordetsina is important to identify the raw materials in the production of the antibiotic on an industrial scale.*

*Key words: gordetsin, barley, mold, antibiotics.*

**Г.Г. ЛАДНОВА**

доктор биологических наук, профессор кафедры экологии и общей биологии Орловского государственного университета  
Тел. 8 920 281 78 61

**М.Г. КУРОЧИЦКАЯ**

кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и общей биологии Орловского государственного университета  
E-mail: m.kuro4@yandex.ru  
Тел. 8 920 820 44 40

**В.В. СИЛЮТИНА**

ассистент кафедры экологии и общей биологии Орловского государственного университета  
E-mail: vsilyutina@yandex.ru  
Тел. 8 953 624 62 99

**Е.И. ГРЯДУНОВА**

аспирант кафедры экологии и общей биологии Орловского государственного университета  
E-mail: Maleri9@rambler.ru  
Тел. 8 929 060 56 76

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СИСТЕМЫ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*В статье рассмотрены региональные особенности формирования химического состава подземных вод, представлен анализ питьевой воды централизованных систем питьевого водоснабжения по санитарно-химическим показателям на соответствие требованиям эколого-гигиенических нормативов.*

*Ключевые слова: формирование химического состава подземных вод, мониторинг питьевого водоснабжения по санитарно-химическим показателям.*

Проблема обеспечения населения качественной питьевой водой становится все более актуальной. Это вызвано не только дефицитом питьевой воды, но и интенсивным химическим и микробным загрязнением источников питьевого водоснабжения.

Традиционная практика очистки питьевой воды не гарантирует ее высокого качества и полной безопасности для здоровья населения. Качество питьевой воды определяется многими факторами: природой водоисточника, региональными особенностями грунтовых пород и минералов, эффективностью обеззараживания, степенью антропогенной нагрузки и др. [8].

Безопасная питьевая вода не представляет никакого значительного риска для здоровья человека в результате ее потребления в течение всей жизни, даже при различной уязвимости организма, которая может возникать на разных ее этапах. В связи с этим управление качеством питьевой воды предполагает проведение сложного комплекса мер по организации зон санитарной охраны водоисточников и водопроводной сети, обеспечению мероприятий по охране водоисточников от загрязнения, водоподго-

товки, лабораторному контролю и оценке качества воды. Оценка качества воды производится на основе совокупности свойств воды, которая характеризуется ее природным составом и антропогенным загрязнением водоисточников [9]. Управление качеством питьевой воды на основе оценки ее влияния на состояние здоровья может быть эффективным при условии, что указанная оценка многопланова, т.е. производится учет влияния факторов среды на различные органы и системы человека, а также на заболеваемость в целом [5]. В литературе имеются сведения о связи минерального состава воды с такими заболеваниями, как ишемическая болезнь сердца, гипертоническая болезнь, болезни крови и кроветворных органов, мочекаменная болезнь, болезни печени и мочевыводящих путей, онкопатология [1,8].

Целью исследования было проведение мониторинга качества питьевой воды в г.Орле и Орловской области по данным статотчетности и собственных исследований за 2007-2011 гг.

В Орловской области на питьевые цели используют исключительно подземные воды.

Централизованным водоснабжением охвачено около 60% населения области, децентрализованным – около 40%, при этом водоснабжение осуществляется еще и из колодцев, каптажей, родников, которых по области около 3 тысяч, из них, по данным ЦГСЭН, санитарным нормам не отвечают более 20% [2].

Основными эксплуатационными комплексами являются задонско-оптуховский ( $D_3$  zd-op) и верхнефранский ( $D_3 - fr_3$ ). Первыми от поверхности залегают подземные воды четвертичных отложений, которые обладают низкой степенью естественной защищенности, подвержены интенсивному антропогенному воздействию и могут являться источником загрязнения более глубоких горизонтов. В южной и юго-западной частях области залегают подземные воды меловых отложений. Эти магниевые-кальциевые воды имеют концентрацию минеральных солей около 0,6 г/л (в норме не более 1-1,5 г/л). Концентрация кремния на территории Дмитровского района в отдельных случаях составляет от 1,1 до 1,6 ПДК. В южной части области распространены подземные воды юрских отложений магниевые-кальциевые с минерализацией до 0,4 г/л. Основным источником централизованного водоснабжения являются подземные воды верхнедевонских отложений. На месторождениях Мценского, Орловского месторождений наблюдается повышенный фоновый уровень концентраций бора, а Дмитровского и Ливенского районов – общего железа, которое превышает ПДК практически на всей территории региона, иногда в 4 раза. В северо-западной части Орловской области находится распространение стронциеносной провинции, поэтому по отдельным эксплуатационным скважинам в водах обнаруживается повышенное содержание стронция стабильного от 1,1 до 6,0 ПДК. В районах групповых водозаборов городов Орла, Ливны, Мценска отмечается минерализация воды сульфатно-гидрокарбонатных магниевых-кальциевых вод 0,4 – 0,7 г/л, что свидетельствует о воздействии техногенных процессов на формирование химического состава подземных вод. При интенсивной эксплуатации водозаборов наблюдается локальное загрязнение сульфатами, хлоридами, нитратами до 4,2 ПДК (скважины Октябрьского, Окского водозаборов Орловского месторождения). Наблюдается устойчивое увеличение концентрации хрома шестивалентного до 0,06 мг/л (ПДК 0,05 мг/л) на северо-западе водозабора «Красный Борец» г. Мценска [2].

По состоянию на 1 января 2011 года водоотбор подземных вод по области составил около 214 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Суммарный водоотбор составляет

27% от разведанных эксплуатационных запасов. Из них 77% добываемой подземной воды используется на хозяйственно-питьевые нужды населения. Доля подземных вод составляет 100% в балансе хозяйственно-питьевого водоснабжения населения области. Централизованное водоснабжение области составляет 50% всего водопотребления подземных вод. На водоснабжение г. Орла приходится около 66% извлеченной воды, районные центры – 17,5%, сельские населенные пункты – 16,5%. Водоснабжение населения г. Орла осуществляется из 15-ти месторождений и участков месторождений подземных вод, это Северный, Окский, Комсомольский, Октябрьский, Пролетарский участки Орловского месторождения, Южно-Хомутовский участок Цнинско-Ицкинского месторождения, Кромское месторождение и др. В г. Мценске централизованное водоснабжение населения обеспечивают Карандаковское, Лыковское, Мценское месторождения. Из 24 районов области только Орловский район относится к категории обеспеченного, остальные 23 – надежно обеспеченных. Из 69 месторождений и участков месторождений подземных вод в эксплуатации находится 41. Использование запасов воды в области происходит неравномерно – от менее 1% до величины запасов в густонаселенных г.Орле, Орловском, Мценском и Ливенском районах [2,3]. На территории Орловской области 97,8% городского и 78,8% сельского населения обеспечены централизованным питьевым водоснабжением, всего 91%. Централизованное водоснабжение имеют 56,6% населенных пунктов области, 43,4% территорий с населением от 10 до 50 человек пользуется децентрализованным.

Систематическое наблюдение за качеством питьевой воды систем хозяйственно-питьевого водоснабжения Орловской области осуществляется в 282 контрольных (мониторинговых) точках, характеризующих качество питьевой водопроводной воды в разводящей сети и источниках питьевого водоснабжения. Мониторинг проводится на территории городов, районных центров и сельских поселений и охватывает исследованиями около 80% населения, проживающего на территории области.

Согласно данным анализа состояния питьевого водоснабжения в Орловской области по содержанию растворенных солей кальция, магния и железа в источниках водоснабжения, наблюдается тенденция к улучшению качества питьевой воды, подаваемой населению из источников централизованного водоснабжения по санитарно-химическим показателям. Планируется строительство станции обезжелезивания воды на Кромском и Южном водозаборных узлах, что позволит привести в норму показатели

общей жесткости питьевой воды в городе Орле. Удельный вес проб в среднем по Орловской области, не отвечающих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, из источников централизованного водоснабжения составил: в 2007 г. – 21,7%; в 2008 – 22,6%; 2009 – 15,9%; в 2010 году – 18,4%, в 2011 – 15,3% (табл.1).

Удельный вес проб, не отвечающих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, из разводящей сети питьевого водоснабжения (по области) составил в 2007 г. – 20,3%; в 2008 – 15,5%; 2009 – 11,4%; в 2010 году – 9,5%, в 2011 – 14,5%.

Удельный вес проб, не отвечающих гигиеническим нормативам по органолептическим показателям воды, по области составил: в 2007 г. – 19,6%; в 2008 г. – 19,1%; в 2009 г. – 11,3%; в 2010 году – 9,1%. [3,6].

Удельный вес проб, неудовлетворительных по содержанию железа в питьевой воде, по области в 2007 г составил 22,7%; в 2008 г. – 19,1%; в 2009 г. – 6,7%; в 2010 г. - 6,1%. Превышение по общей жесткости составило: в 2007 г. – 2,5% проб; в 2008 – 3,8; в 2009 – 3,9; в 2010 году – 5,2%. Данные анализа качества питьевой воды представлены в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, в подземных источниках шести районов и областного центра в течение пяти лет процент проб воды с превышением ПДК выше среднего областного показателя (по данным 2011 г.) в Свердловском – 73,6%; Урицком – 27,3%; Знаменском – 52,9%; Орловском – 33,1%; М-Архангельском районе – 35,6%; в г. Орле – 34,4% Шаблыкинском районе – 23,1%.

Процент нестандартных проб воды из разводящей сети оказался выше среднеобластного показателя в тех же районах (таблица 2): в Свердловском – 62,8%, Урицком – 44,2%, Знаменском – 40,0%, Орловском – 38,2, Хотынецком – 28,0%, Кромском – 26,7%, М-Архангельском районе – 22,6, Болховском – 20,5, в г. Орле – 24,4%.

Нами установлено, что на территории Орловского, Свердловского районов, Урицкого, Кромского, Болховского, Знаменского и г. Орла качество воды неудовлетворительно. Основные показатели несоответствия по санитарно-химическим нормам – содержание железа и общей жесткости; на территории Ливенского и Малоархангельского районов обнаружено превышение в пробах фтора и бора, что обусловлено их природным содержанием [3,4,7].

Данное несоответствие качества питьевой воды эколого-гигиеническим требованиям связано с повышенным содержанием в подземных водах суммарного железа, растворенных солей

магния и кальция. Неудовлетворительное качество подземных вод по санитарно-химическим показателям на 8 административных территориях превышает среднеобластные данные. Это Знаменский, Орловский, Хотынецкий, Урицкий, Свердловский, Глазуновский, Малоархангельский районы, а также г. Орел [3]. Количество населения, потребляющего питьевую водопроводную воду с превышением показателя общей жесткости, в 2007 г составляло 202,0 тыс. человек, а в 2009 г. – 99,1 тыс. человек, водопроводную воду с превышением суммарного содержания солей железа в 2007 г. употребляли 221,9 тыс.человек, а в 2009 году – 210,8 тыс.человек, что говорит о необходимости постоянного мониторинга состояния здоровья этого населения.

Таблица 1.

Санитарно-химические показатели качества питьевой воды подземных источников

Административная территория	% проб, превышающих ПДК				
	2007	2008	2009	2010	2011
Орловская обл.	21,7	22,6	15,9	18,4	15,3
Болховский р-н	16,1	10,3	15,8	14,1	11,8
Верховский р-н	1,3	0	1,7	0	0
Глазуновский р-н	84	91,9	27,8	40,9	9,5
Дмитровский р-н	5,6	0	3,9	0	0
Должанский р-н	0	0	0	2,7	0
Знаменский р-н	0	-	0	40,0	52,9
Залогощенский р-н	17,5	8,6	7,1	3,8	0
Корсаковский р-н	0	0	0	1,7	0
Кромской р-н	26,6	84	21,9	15,2	3,8
К-Зоренский р-н	0	0	12,1	0	0
Колпнянский р-н	36,8	0	1,5	0	0
Ливенский р-н	0	0	1	9,0	1,9
М-Архангельский	53,6	16,7	30,8	7,0	35,6
Мценский р-н	11,4	7,9	9,4	7,0	6,8
Новодеревеньковский р-н	0	1,2	0	0	0
Новосильский р-н	2,6	0	0	0	0
Орловский р-н	47	46,6	31,8	28,5	33,1
Покровский р-н	3,5	0	15,4	0	0
Сосковский р-н	33,3	0	6,9	0	0
Свердловский р-н	67,7	92,3	73,2	75,4	73,6
Троснянский р-н	32,2	19,2	5	1,4	8,4
Урицкий р-н	44,1	25,6	15,6	25,0	27,3
Хотынецкий р-н	1,4	16,7	38,9	20,0	10,3
Шаблыкинский р-н	45	0	-	0	23,1
г.Орел	46,2	39,8	38,3	46,5	34,4



Таблица 2.

Санитарно-химические показатели качества питьевой воды разводящей сети

Административная территория	% проб, превышающих ПДК				
	2007	2008	2009	2010	2011
Орловская обл.	20,3	15,5	11,4	9,5	14,5
Болховский р-н	21,5	15,3	13,2	14,1	20,5
Верховский р-н	0,2	0	2,1	0	0,4
Глазуновский р-н	59	66,4	25,2	17,9	14,6
Дмитровский р-н	21	16,4	3,3	2,5	3,7
Должанский р-н	2,6	0	0,8	0,7	0
Знаменский р-н	28	61,9	41,7	29,7	40,0
Залогощенский р-н	28,7	23,6	17,1	0	5,0
Корсаковский р-н	3,8	0	2,9	0	0
Кромской р-н	68	71,6	26,7	29,4	26,7
К-Зоренский р-н	1,8	0	10	4,1	0
Колпнянский р-н	37,7	0	0	0	0
Ливенский р-н	0,4	0	0	0,3	1,3
М-Архангельский	30,3	4,2	4,2	2,6	22,6
Мценский р-н	5,4	4,8	7,8	7,6	2,6
Новодеревеньковский р-н	0,8	1,4	4,3	0	0
Новосильский р-н	5,6	0,7	0,8	0,7	1,8
Орловский р-н	44,8	35,9	23,1	20,7	38,2
Покровский р-н	2,4	0	2	0	0,8
Сосковский р-н	32	9,9	5,8	2,5	2,8
Свердловский р-н	75,5	87	73	54,3	62,8
Троснянский р-н	43,2	15,4	2,3	0,7	0
Урицкий р-н	15,5	30,4	37,5	27,5	44,2
Хотынецкий р-н	3	58,7	25,9	27,6	28,0
Шаблыкинский р-н	14,3	45,5	2,9	0	12,7
Г.Орел	30,9	5,6	33,5	12,9	24,4

**Библиографический список**

1. Бубликова Л.И. Влияние качества питьевой воды на состояние здоровья населения РФ, проживающего в условиях геохимической аномалии. Сборник материалов межрегиональной научно-практической конференции. Нижний Новгород, 2011. С 15-19.
2. Вышегородских Н.В., Рыжиков В.В., Григорьев В.К. и др. Доклад об экологической ситуации в Орловской области в 2011 году. Правительство Орловской области. Управление по охране и использованию объектов животного мира, водных биоресурсов и экологической безопасности Орловской области (Орелоблэконадзор). Орел: Издательский Дом «Орловская литература и книгоиздательство» («Орлик»), 2012.
3. Захарченко Г.Л., Полякова Е.В. О санитарно-эпидемиологической обстановке на территории Орловской области в 2011 году. Доклад. Орел: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Орловской области, 2012.
4. Захарченко Г.Л. Постановление Главного государственного санитарного врача по Орловской области №2 от 18.02.2011 г. – Об установлении норматива общей жесткости, суммарного железа, мутности, цветности в питьевой воде Орловской области. Орел, 2011 г.
5. Онищенко А.Г., Верещагин А.И. О санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации в 2009 году. Государственный доклад. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010.
6. Онищенко Г.Г. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Дополнения и изменения к ГН 2.1.5.1315-03:ГН 2.1.5.2280-07. М., 2008.
7. Онищенко Г.Г. СанПин 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002.



8. *Фетисова Г.К.* Роль минерального состава питьевой воды в формировании неинфекционной патологии населения. – Гигиена и санитария. №1. 2004. С.20-22.

9. *Larson C.* Safe Drinking Water Act.Amendments, Regulations and Standards/Ed E.Y.Calabrese et.al.-Michigan, 1990.-P.3-15.

**C.G. LADNOVA, V.G. KUROCHITSKAYA, V.V. SILYUTINA, E.I. GRYADUNOVA**

**QUALITY ASSESSMENT OF DRINKING WATER SUPPLY IN OREL**

*The article describes the regional characteristics of the formation of the chemical composition of groundwater, the analysis of drinking water of centralized drinking water supply by chemical indicators for compliance with environmental and health standards.*

*Key words: the formation of the chemical composition of groundwater, drinking water monitoring for chemical indicators.*



**Е.В. МАХОНИН**

кандидат биологических наук, доцент кафедры теории и методики физического воспитания Орловского государственного университета  
Тел. 8 953 628 46 46

## ЭКОЛОГИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ, ВЗГЛЯД С РАЗНЫХ СТОРОН

*В данной статье рассматривается вопрос о выделении направления в экологии – экология физической культуры. Представлены взгляды различных авторов на данную проблему.*

*Ключевые слова:* двигательная деятельность, адаптация, экология физической культуры, человек.

Человек – высший ресурс природы, сотворенный как саморегулирующаяся и самовосстанавливающаяся система в своем единстве с окружающей средой. И.П. Павлов утверждал, что способность центральной нервной системы человека к адаптации разрешает ему быть в постоянстве не только самовосстановления, но и самосовершенствования, лишь бы были созданы условия. Поиск и реализация этих условий – задачи экологии человека. Для этого необходимо восстановить в сознании людей высокую ответственность за личное и общественное здоровье. [11]

В настоящее время развитие науки экология характеризуется выделением направлений, в том числе, и в сфере деятельности человека – медицины, экономики, политики, культуры, а также физической культуры.

Физическая культура является составной частью в общем понятии “культура”, которое отражает образ мышления, характер поведения человека, общества. Отношение человека к окружающему его миру определяет уровень его культуры.

А.И. Зиятдинова в своих работах отмечает, что посредством двигательной деятельности осуществляется взаимодействие организма с окружающей средой, происходит его приспособление к изменяющимся условиям. Двигательная деятельность человека, которая осуществляется с помощью физических упражнений, относится к социальным и природным факторам. Как известно, есть оптимальная зона взаимодействия человека со средствами физической культуры – это когда человек удовлетворяет свои генетические потребности в движениях с целью нормального развития и роста организма. Это можно назвать экологическим равновесием в процессе физического воспитания. Однако в системе экологических знаний существует понятие “нарушение экологического равновесия”, что всегдастораживает. В области физической культуры мы имеем дело с постоянным нарушением экологического равновесия [2], когда мышечные нагрузки не только удовлетворяют двигательные потребности

организма в оптимальном режиме, но и значительно превосходят их, становясь тренирующим фактором. Это имеет важное значение для организма. [10]

Можно предположить, что необходимо выделить в науке экологию самостоятельное направление – экологию физической культуры и рассматривать ее необходимо с точки зрения физической культуры. Этот факт также отмечают в своих работах Р.А. Абзалов, А.И. Зиятдинова. [1,2,10]

Экология физической культуры представляется широким понятием, которое определяет связь всего организма с окружающей его средой в процессе двигательной деятельности человека. Этот процесс отражает комплекс морфологических, физиологических преобразований в организме, что обеспечивает возможность специфического образа жизни в определенных условиях внешней среды. Знание закономерностей и физиологических механизмов приспособления человека к различным условиям, в частности к физическим нагрузкам, в зависимости от экологических закономерностей позволит обосновать принципы их взаимоотношений, направленных на сохранение и укрепление здоровья человека. [10] Экология физической культуры – это область экологических знаний, которая изучает взаимоотношение человека с окружающей средой в условиях двигательной деятельности, в процессе изменяющихся условий среды обитания человека [1,2,10]. Вместе с тем система знаний по экологии физической культуры будет неполной, если ограничиться только взаимосвязью организма человека с окружающей средой в процессе мышечной деятельности.

Существует и несколько иной взгляд на выделение направления экология физической культуры. Так ряд авторов [6,7] отмечают, что адаптация лиц, занимающихся физической культурой и спортом, к местным климатическим и социальным условиям и к различным режимам двигательной активности лежит в плоскости нового направления экологической науки о человеке – экологии физической культуры и спорта. В этой связи экологический подход в теории и практике физической культуры дает возможность по-

новому посмотреть на уже известные положения. [8]

По мнению Т.В. Волосниковой, экология физической культуры должна изучать взаимоотношения человека с окружающей средой в условиях мышечных тренировок в процессе изменяющихся условий среды обитания человека. Этот процесс включает комплекс морфологических, физиологических преобразований в организме, обеспечивающий возможность специфического образа жизни в определенных условиях внешней среды. [8] При этом рассматривающий процесс занятий физическими упражнениями с позиции экологии.

Достоверно установлено, что многие природные и особенно адаптогенные факторы по-разному влияют на организм человека. В работах Н.А. Агаджаняна [3] указывается, что знание закономерностей и физиологических механизмов приспособления человека к различным климатогеографическим, производственным условиям, к физическим нагрузкам в зависимости от экологических закономерностей, позволит обосновать принципы их взаимоотношений, направленных на сохранение и укрепление здоровья человека.

Но при этом нельзя забывать и о генетической составляющей человека. Обнаружен этнический

характер наследования выдающихся физических способностей: в спринте все еще нет равных афроамериканцам, а в беге на средние и длинные дистанции – кенийцам и эфиопам. В связи с данным фактом в Университете Глазго (Глазго, Шотландия) создан Центр по изучению феномена кенийских и эфиопских бегунов. [12]

С какой бы точки зрения не рассматривали экологию физической культуры она является одним из важнейших факторов физического воспитания, и изменение ее условий вызывает значительные изменения в любом организме. При этом, экология физической культуры включает в себя и режимы мышечной тренировки, и определение оптимальных зон мышечных нагрузок, поэтому Р.А. Абзалов, А.И. Зиятдинова, Т.В. Волосникова выделяют экологию физической культуры в самостоятельную область экологических знаний.

Все вышесказанное позволяет говорить о том, что экология физической культуры рассматривает и изучает взаимодействие организма человека с первых дней его жизни с эндогенными и экзогенными факторами среды. Двигательная деятельность способствует лучшей адаптации организма к изменяющимся факторам среды.

#### Библиографический список

1. Абзалов Р.А., Ситдиков Ф.Г. Развивающееся сердце и двигательный режим. Казань, 1998. 98 с.
2. Абзалов Р.А., Зиятдинова А.И. Экология физической культуры человека. Теор. и практ. физ. культ. 1997, №7. С. 53 – 54
3. Агаджанян Н.А. Экология человека. Н.А. Агаджанян, В.И. Трошин. М. : КРУК, 1994. 256 с.
4. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология. М., 1998.
5. Боголюбов С.А. Экология. М., 1997.
6. Болховских Р.Н. Аспекты экологического подхода к теории и практике физической культуры и спорта. Р.Н. Болховских, В.Б. Карпенко, А.В. Логинов. Теория и практика физической культуры. 1997. № 8. С. 51 – 52.
7. Волосникова Т.В. Экологическое образование в системе подготовки специалистов по физической культуре. Т.В. Волосникова, Г.Н. Пономарев. Подготовка специалистов по физической культуре в условиях модернизации образования : материалы всерос. науч.-практ. конф. СПб. : Стратегия будущего, 2006. С. 46 – 51.
8. Волосникова Т.В. Подготовка специалистов по физической культуре к работе в экологических условиях мегаполиса. Ученые записки Университета им. П. Ф. Лесгафта. 2011. № 3(73). С. 23 – 27.
9. Даутов Ф.Ф. Изучение здоровья населения в связи с факторами среды. Казань, 1990.
10. Зиятдинова А.И. Экология физической культуры человека. Теор. и практ. физ. культ. 1999, №8. С. 15 – 17
11. Колпацникова И.Ф., Киселева Н.Ю. Экология человека: Учебное пособие. Н. Новгород: Изд-во Волго-Вятской академии гос. службы, 2002. 102 с.
12. Сологуб Е.Б., Таймазов В.А. Спортивная генетика: Учебное пособие. М.:Терра-Спорт,2000. 127с., ил.

**Е.А. МАКХОНИН**

#### THE ECOLOGY OF THE PHYSICAL CULTURE, DIFFERENT VIEWS

*In this article the question of direction allocation in ecology – ecology of physical culture is considered. Opinions of various authors on this problem are presented.*

Key words: *impellent activity, adaptation, ecology of physical culture, people.*

**Н.Н. ОВСЯННИКОВА**

кандидат биологических наук, профессор, зав. кафедрой анатомии, физиологии, гигиены и экологии человека Орловского государственного университета

E-mail: ol-lyakho@yandex.ru

Тел. 8 910 204 88 23

**О.Л. ЛЯХОВА**

ассистент кафедры анатомии, физиологии, гигиены и экологии человека Орловского государственного университета

E-mail: ol-lyakho@yandex.ru

Тел. 8 920 800 45 56

**Н.В. ТАТАРИНОВА**

старший преподаватель кафедры анатомии, физиологии, гигиены и экологии человека Орловского государственного университета

Тел. 8 980 368 79 93

**Л.А. СЫСОЕВА**

кандидат биологических наук, доцент, зав. кафедрой теории и методики физического воспитания Орловского государственного университета

Тел. 8 909 228 93 31

**ГЕМАТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГНОЗА ЗДОРОВЬЯ СТУДЕНТОВ**

*В статье освещаются особенности гематологической характеристики студентов в зависимости от количества учебной нагрузки. Основываясь на полученных в ходе исследования данных, автор приходит к выводу о возможности создания экспертной системы, позволяющей выявить уровень адаптации, с целью прогнозирования успешности обучения студентов вузов и выявления личностных факторов риска в отношении их здоровья.*

*Ключевые слова:* гематологическая характеристика студентов, физиологическая адаптация, уровень адаптации, нагрузки.

Для перехода от школьной системы обучения на систему обучения в вузе требуется усиленная работа и изменение функциональных систем организма. Организм начинает приспосабливаться к чрезмерным для него условиям существования путем изменения функциональной активности отдельных систем и соответствующим напряжением регуляторных механизмов. Но подобные механизмы еще недостаточно сформированы, и из-за постоянной нагрузки, как умственной, так и эмоциональной, происходит перегрузка функциональных систем организма, что может привести к возникновению заболеваний.

Гомеостаз обеспечивается не только деятельностью нервной, гуморальной и иммунной систем, но и в значительной степени посредством сосудистой системы, так как интенсивность обменных процессов сопряжена со степенью кровоснабжения.

Относительная независимость основных констант внутренней среды организма, как и его

адаптация к меняющимся условиям внешней среды, достигается рядом приспособлений, вырабатывающихся в течение эволюции. Для сохранения гомеостаза организма используется регуляция биохимических процессов путем изменения исходных соотношений ферментов и скоростей протекания реакций, усиления или ослабления синтеза ферментов, как и других компонентов реакций, изменения свойств биологических макромолекул и др. Адаптация же организма к действию стресс-факторов наступает либо в результате изменения физиологических показателей с сохранением уровня метаболических процессов (так называемая физиологическая адаптация), либо за счет альтерации гомеостаза обмена веществ (так называемая биохимическая адаптация). При этом, как отмечал В.А. Шидловский, быстрая адаптация реализуется преимущественно посредством физиологических механизмов, а медленная – за счет биохимических процессов, на основе которых осуществляются

морфофункциональные перестройки организма. В конечном счете, выживание организма осуществляется путем приспособительных изменений как сомато-вегетативных функций, так и самих процессов метаболизма.

Г. Селье считает, что постоянство внутренней среды организма поддерживается двумя основными типами реакций: синтаксической и кататоксической. Первая создает условия для усиления толерантности организма. Профилактика к токсическому агенту достигается посредством создания пассивной тканевой индифферентности или активных восстановительных процессов, направленных на его иллиминуацию. Стероиды, особенно глюкокортикоиды, осуществляющие защиту с помощью этих механизмов, весьма эффективны для восстановления катастрофически сниженной неспецифической общей резистентности. Механизм поддержания гомеостаза при действии токсических агентов состоит в: а) изменении распределения препаратов и мембранной проницаемости; б) конкуренции препарат – стероид в месте нахождения рецептора; в) блокирующих или конформационных изменениях рецепторов стероидами; г) редукции соотношения свободного и связанного с плазменным белком препарата.

Регуляция гомеостаза обеспечивается как специфическими, так и неспецифическими механизмами. Первые поддерживают нормальную pH крови, температуру тела, а также уровень липидов, белков, глюкозы и кальция в крови; вторые проявляются главным образом при поведенческих и критических состояниях (например, при лихорадке, боли, ярости) стимуляцией симпатической нервной системы, вызывающей освобождение катехоламинов. Вследствие этого в деятельности сердечно-сосудистой системы и в обмене веществ отмечаются сдвиги, обеспечивающие формирование ответных реакций организма.

Таким образом, с понятием гомеостаза сегодня связывают не только поддержание относительного постоянства внутренней среды, но также реализацию адаптивного потенциала и возникновение нарушений функций организма при действии на него стресс-факторов. Поддержание физиологических констант, каждая из которых имеет собственную ритмику колебаний, направлено на обеспечение устойчивого метаболизма, релаксирующего не только в соответствии с суточными и сезонными явлениями в природе, но и при переходе организма от относительного покоя к разным формам целенаправленной активной деятельности. Биоритмы имеют активное приспособительное значение в качестве средств программированного поиска и опти-

мизации условий внутренней среды. Имеющиеся литературные данные позволяют предположить, что действие на организм одного и того же стресс-фактора скажется на характер формирования реакции при остром действии стресс-факторов.

Углеводы в организме образуют разные пулы, соотношение между которыми, а также направленность процессов в которых при острых адаптационных перестройках организма могут существенно изменяться. При действии на организм сильных раздражителей, активирующих неспецифические механизмы адаптации, обычно наблюдается повышение уровня глюкозы в крови. Адреналин является главным фактором усиления гликогенолиза в мышцах и печени, вызывая возрастание уровня глюкозы в крови и образование лактата в мышцах.

Если стрессовые воздействия настолько сильны или продолжительны, что приводят к явлениям дезадаптации и вредным последствиям, проявляющимся, например, в виде гипертензии, то наряду с гипергликемией и снижением толерантности к глюкозе выявляются и морфологические изменения в островковом аппарате поджелудочной железы. Эти изменения коррелируют с повышением систолического артериального давления, нарушениями моторной и других функций. Причиной нарушения углеводно-инсулинового обмена авторы считают поступление ошибочной информации по церебровисцеральным регулирующим цепям с одновременными гормональными изменениями и нарушением нормального протекания адаптации.

Любой организм нуждается в определенных условиях существования. Эти условия обеспечивает организм та среда, к которой они приспособились в ходе эволюционного развития. Внутренней средой для клеток и органов человека является совокупность жидкостей, которые принимают участие в осуществлении обменных реакций организма.

Состав и свойства крови отличаются динамическим, но относительно устойчивым постоянством. Это позволяет организму сохранять свободное независимое состояние при изменении условий среды. Во многих исследованиях показано, что состояние внутренней среды организма (системы крови) является объективным и достоверным показателем общего состояния, а также основой резистентности и адаптации организма.

Адаптация к изменению условий среды сопровождается значительными изменениями физических, химических, морфологических и других свойств плазмы крови и ее форменных элементов. Особенно выражено изменяются биохимические компоненты гемокоагуляции при экстремальных воздействиях. Некоторые исследователи предлага-



ют использовать эти изменения в качестве показателей адаптивных возможностей организма.

Б.И. Кузник, изучая действие острой кровопотери, шока, боли, раздражения симпатических и парасимпатических нервных структур, выявил гиперкоагуляцию и усиление фибринолиза. Эта реакция обусловлена, в первую очередь, выбросом тромбопластина и активаторов плазминогена из сосудистой стенки.

Следовательно, действие факторов среды вызывает изменение состояния системы гомеостаза. При активации неспецифических систем адаптации наблюдаются определенные сдвиги в содержании в крови и скорости образования лейкоцитов и лимфоцитов. К настоящему времени имеется достаточное количество научных работ, посвященных исследованию лейкоцитов. Результаты этих исследований представлены в монографиях и руководствах по гематологии.

Лимфоциты играют важную роль в процессах иммунитета. Процентное соотношение различных видов лейкоцитов носит название лейкоцитарной формулы (ЛФ) или лейкоцитограммы. В экспериментальных условиях выявлено участие лизосомальных ферментов нейтрофильных лейкоцитов и лимфоцитов в стресс-реакциях.

В исследованиях Мальшева А.Е., Хаймович М.Л., Басаргина Л.А., Колотовина В.А. показано, что в герметизированных помещениях, при воздействии на организм повышенной температуры и шума наступает функциональный сдвиг лейкоцитов.

Повышение числа лейкоцитов на стрессирующие факторы расценивается в литературе неоднозначно. Многие авторы считают, что изменение количества лейкоцитов не может не отражаться на иммунобиологическом статусе организма. В то же время имеются данные и о том, что поглотительная способность фагоцитов при разном содержании лейкоцитов существенно не различается.

По нашему мнению, возрастание их количества при воздействии неблагоприятных факторов окружающей среды следует, очевидно, рассматривать, как повышение защитной функции организма. Это подтверждается и тем, что указанное возрастание происходит в основном за счет повышения числа лимфоцитов, в меньшей степени нейтрофилов, приводящего к увеличению фагоцитарного профиля крови. Сказанное, однако, не исключает того, что выраженная и стойкая лейкоцитарная реакция указывает на напряжённую приспособляемость организма к влиянию неблагоприятных факторов.

Исследование функциональной активности лейкоцитов позволяет объективно оценить реактивные сдвиги не только при воздействии неблагоприятных

факторов внешней среды, но и при изменении психоэмоционального состояния человека.

Так, в исследованиях А.Н. Ярцева было установлено, что у больных перед операцией число лейкоцитов закономерно и значительно повышается в среднем на 36-45%. В отдельных случаях количество лейкоцитов удваивалось, достигая 12000-13000. Данные изменения оцениваются как проявление реакции организма на эмоциональное напряжение, возникающее перед операцией. Изучение изменений в составе крови человека при сильных эмоциях представляет большой интерес не только для клинициста, но и для лабораторного работника, которому приходится учитывать все факторы, могущие повлиять на состав крови.

В настоящее время в различных областях медицины и биологии получила широкое распространение теория стресса канадского ученого Г. Селье.

При рассмотрении современного состояния проблемы следует отметить, что на сегодняшний день все еще нет единого, четкого определения понятия *стресс*. Даже в трудах Г. Селье нет единой, однозначной формулировки этого понятия. В одной из последних работ, переведенных на русский язык, он определяет стресс как совокупность стереотипных, филогенетически запрограммированных неспецифических реакций организма, которые вызываются любыми сильными, сверхсильными, экстремальными воздействиями и сопровождаются перестройкой защитных сил организма. В 1971 г. Селье считал, что стресс – это неспецифический ответ организма на любое воздействие. С учетом широкого использования этого понятия учеными и практиками разных специальностей возникает необходимость уточнения этого определения.

Любые определения и описания стресса, существующие в настоящее время, являются недоработанными и неполными, их следует считать лишь поводом для дискуссии, а не принимать как нечто неопровержимое.

Динамическое проявление стресса во времени было названо Г. Селье генерализованным адаптационным синдромом (ГАС), который характеризуется увеличением и гиперактивностью коры надпочечников, язвами желудочно-кишечного тракта, инволюцией вилочковой железы и лимфатической системы, расстройствами энзимозависимого метаболизма углеводов, липидов и, наконец, изменениями резистентности организма. При стрессе происходит мобилизация многих физиологических систем, в результате деятельности которых сопротивляемость организма увеличивается. Возникновение этого синдрома Г. Селье связал с адаптацией, с повышением сопротивляемости

организма к действию повреждающих факторов.

ГАС состоит из трех фаз: а) тревоги; б) резистентности; в) истощения. Эти фазы имеют свою хронологию и выявляются биохимически, функционально и морфологически.

Исследования, проведенные группой ростовских ученых во главе с Л.Х. Гаркави, показали, что помимо стресс-реакции в зависимости от силы (дозы) воздействия могут развиваться как минимум 3 адаптационные реакции:

1. реакция на слабые воздействия – реакция тренировки;

2. реакция на воздействия средней силы, промежуточной между слабыми и сильными, – реакция активации, подразделенная на спокойную и повышенную;

3. реакция на сильные, чрезвычайные воздействия – стресс Селье. Развившиеся в процессе эволюции общие приспособительные реакции организма являются неспецифическими, а специфика, качество каждого раздражителя накладывается на общий неспецифический фон. Общие адаптационные реакции являются реакциями всего организма, включающими в себя все его системы и уровни. Эти создавшиеся в длительном процессе эволюции комплексные защитные реакции характеризуются прежде всего автоматизмом.

По мнению Г. Селье, глюкокортикоиды нужны для адаптации главным образом в стадии тревоги, в то время как в стадии резистентности они не столь жизненно необходимы. В этой стадии повышается также уровень секреции гормона роста и минералокортикоидов. Если для стадии тревоги характерно повышение неспецифической резистентности, то стадия резистентности отличается повышением специфической сопротивляемости. При стадии истощения большая часть органов подвергается атрофическим и дегенеративным изменениям, специфическая и неспецифическая сопротивляемость снижена.

Резистентность организма во многом определяет заболеваемость, тяжесть течения болезни, эффективность лечения. Вызывая, целенаправленно нужную адаптационную реакцию организма на определенном уровне реактивности, можно подойти к управлению резистентностью организма. Возможность управления резистентностью с использованием обратной связи с организмом (пользуясь разработанными показателями) или программированных режимов, основанных на закономерностях развития реакций, открывает перспективу для применения найденных адаптационных реакций в различных областях. В течение всей жизни организму приходится приспосабливаться к непрерывно меняющимся

условиям внешней и внутренней среды. С этой точки зрения вся жизнь – постоянное приспособление. В процессе эволюции развивались различные пути и способы приспособления. Один из важных путей приспособления – это отсутствие реакций на некоторые раздражители. Реакции – это путь приспособления живого к вечно меняющимся условиям, так как устойчивость живого во многом связана с ее высокой лабильностью. Приспособительные реакции организма поддерживают относительное динамическое постоянство внутренней среды и функционирование всех органов и систем, необходимое для сохранения жизни, и с этой точки зрения, можно поставить знак равенства между понятиями «защита» и «приспособление», «адаптация» как в тех случаях, когда адаптационная реакция содержит в себе элементы повреждения, так и в тех случаях, когда не содержит.

П.Д. Горизонтов установил факт активации кроветворения, которая возникает при действии на организм почти любых чрезвычайных раздражителей. Он показал, что симпатическая нервная система влияет на увеличение количества лимфоидных клеток костного мозга. С.М. Лейтес обнаружил, что возникающие при стрессе мобилизация жира, увеличение липолитической активности жировой ткани и повышение содержания неэстерифицированных жирных кислот в сыворотке крови зависят от симпатической нервной системы.

Дальнейшие изучения стресса показали, что эта реакция протекает стадийно, характеризуется определенным комплексом изменений в нейроэндокринной системе и оказывает влияние на уровень неспецифической резистентности организма, его воспалительный потенциал и обмен веществ. После реакции тревоги наступает стадия резистентности, т.е. стадия устойчивости. Общая неспецифическая адаптационная реакция, развивающаяся в ответ на разные по качеству слабые раздражители, названа реакцией тренировки. Реакция тренировки так же, как и стресс, характеризуется определенным комплексом изменений в нейроэндокринной системе. Эта реакция протекает стадийно, и каждой ее стадии свойственен определенный уровень неспецифической резистентности организма. Для этой стадии характерно также определенное соотношение форменных элементов белой крови. Число лимфоцитов находится в пределах нижней половины зоны нормы (21-27%), сегментоядерных нейтрофилов – в пределах верхней половины зоны нормы, число лейкоцитов, эозинофилов, палочкоядерных нейтрофилов и моноцитов – в пределах нормы. При развитии реакции тренировки происходит повышение неспецифической резистентности организма.

Имеются многочисленные литературные данные, показывающие, что стресс может служить патогенетической основой развития невротических, сердечно-сосудистых, эндокринных и других заболеваний, количество которых, особенно в последнее время, непрерывно возрастает. Основой развития болезней при длительном стрессировании организма является продолжительное влияние гормонов, участвующих в формировании реакции стресса и вызывающих серьезные нарушения в обмене липидов, углеводов и электролитов.

Подчеркивая патологическую роль стресса в возникновении функциональных и патологических нарушений, отметим, что стресс может оказывать и положительное влияние на организм. Дело в том, что выработанная и эволюционно закрепленная стрессовая реакция обеспечивает мобилизацию жизненно важных систем организма при стрессовых воздействиях, является необходимым условием для осуществления борьбы со стресс-фактором, бегства от него или адаптации к нему.

Однако многочисленные данные К.В. Судакова о генезе устойчивой артериальной гипертензии свидетельствуют о том, что пути реализации стресс-реакции различны. Им описано три «порочных круга», вызывающих «застойное» возбуждение в условиях многочасовой стимуляции отрицательных центров гипоталамуса. Это циркуляция внутри лимбико-ретикулярных структур: циркуляция возбуждений, идущих через гипофиз и вегетативную систему к надпочечникам и от последних, посредством гормонов, к ретикулярной формации среднего мозга: наконец, циркуляция между стрессорными и дестрессорными аппаратами сосудов.

Как уже отмечалось, адаптация к сильным раздражителям (реакция стресса) обеспечивается не только путем чрезмерной стимуляции одних систем организма, но и путем подавления активности других – защитных систем. При адаптации к слабым раздражителям (реакция тренировки) не происходит ни подавления, ни существенной стимуляции защитных систем. Исследования Гаркави Л.Х. показали, что это реакция на раздражители, промежуточные между сильными и слабыми, так называемой средней силы. Эти раздражители не такие сильные, чтобы было целесообразно подавлять защитные системы для снижения реакции. Вместе с тем они и не слабые. Чтобы приспособиться к действию такого раздражителя, необходимо быстро повысить активность защитных систем. Так, в стадии первичной активации тимус существенно увеличивается – в 2-2,5 раза по сравнению с нормой. Характерно следующее соотношение форменных элементов белой крови: число лимфоцитов – в пре-

делах верхней половины зоны нормы и несколько выше, сегментоядерных нейтрофилов – в пределах нижней половины зоны нормы и ниже, число лейкоцитов – в пределах нормы, число эозинофилов, палочкоядерных нейтрофилов, моноцитов также в норме. Вторая стадия реакции активации развивается при систематическом повторении раздражений средней силы. Она названа стадией «стойкой активации», так как при ней стойко держится активация защитных систем организма. Тимус также увеличен, соотношение форменных элементов белой крови остается таким же. Гормональная характеристика этой стадии существенно не отличается от стадии первичной активации.

Вслед за неокортикальной и лимбической интеграцией нервный импульс нисходит к задним отделам гипоталамуса (в случае симпатической активации) и к переднему гипоталамусу (при парасимпатической активации). Отсюда симпатические нервные пути спускаются от задних областей гипоталамуса через грудной и поясничный отделы спинного мозга. Пройдя через цепочку симпатических ганглиев, симпатические проводящие пути затем иннервируют соответствующие органы. Парасимпатические пути спускаются от переднего гипоталамуса через черепной или крестцовый отделы спинного мозга к органам. Эффекты активации автономной нервной системы на органы проявляются сразу и не могут иметь хронический характер из-за ограниченной способности симпатических нервных окончаний постоянно выбрасывать медиаторы в условиях длительного сильного раздражения.

В результате исследований Л.Х. Гаркави было установлено, что в ответ на действие различных по качеству раздражителей средней силы развивается общая неспецифическая адаптационная реакция, названная «реакцией активации», она характеризуется быстрым подъемом активности защитных и регуляторных систем организма. В результате исследований было найдено, что в реакции активации можно выделить 2 зоны, отличающиеся друг от друга: спокойной активации и повышенной активации. Как говорит само название, зона спокойной активации (ЗСА) лежит ближе к реакции тренировки, а зона повышенной активации (ЗПА) – к стрессу. Степень активации защитных систем организма при ЗПА больше, чем при ЗСА. Дальнейшие исследования показали, что различия настолько велики, что можно назвать зону спокойной активации реакцией спокойной активации (РСА), а зону повышенной активации – реакцией повышенной активации (РПА). Определены параметры реакций спокойной и повышенной активации по составу белой крови.

При РСА число лимфоцитов – в пределах верхней половины зоны нормы (28- 33%), число сегментоядерных нейтрофилов – в пределах нижней половины зоны нормы, число лейкоцитов, эозинофилов, палочкоядерных нейтрофилов и моноцитов – в пределах нормы. Резистентность при реакции активации не только быстро повышается и стойко держится при повторении активирующих воздействий, но и в отличие от реакции тренировки, остается повышенной в течение некоторого времени и после прекращения воздействий. Деятельность последствия широко варьирует в зависимости от состояния здоровья и возраста от 1-2 недель до полугода.

Специфические соматические изменения при стрессовых воздействиях, подготавливающие мышцы к действию, – бороться с угрозой либо бежать от неё – являются результатом активации дорсомедиальной части миндалевидного тела и гипоталамо-гипофизарной оси. Из дорсомедиальной части миндалевидного тела нисходящий поток нервной импульсации идет к латеральной и задней гипоталамической областям. Отсюда нервные импульсы проходят через грудной отдел спинного мозга, сходясь в чревном ганглии, а затем – к мозговому слою надпочечников. Стимуляция мозгового слоя надпочечников приводит к выделению адреналина и норадреналина, которые усиливают генерализованную адренергическую соматическую активность, что идентично прямой симпатического возбуждения с разницей лишь в том, что для появления видимого эффекта требуется интервал времени в 20–30 с при увеличении продолжительности эффекта примерно в 10 раз [196, 200].

Наиболее пролонгированные соматические реакции при стрессовых воздействиях осуществляются адренкортикальной, соматотропной и тиреоидной осями. Считается, что эти три оси не только связаны с самыми продолжительными фазами стрессовой реакции, но и требуют для активации более интенсивной стимуляции.

Адреномедулярная и адренкортикальная системы играют главную роль в формировании стресс-реакции и являются центральными органами, участвующими во всех этих трех основных «осях стресса».

Существует много различных представлений о том, что считается нормой. В теории неспецифических адаптационных реакций норму связывают с характером этих адаптационных реакций организма. Реакция тренировки – это реакция на слабые раздражители, реакция активации – реакция на раздражители средней силы, т. о. это реакции, которые встречаются в жизни постоянно, но не являются чрезвычайными, повреждающими, патогенными.

Острый стресс, возникающий в ответ на разовое, хотя и чрезвычайное воздействие, также не всегда ведет к развитию болезни и возникает, когда болезни еще нет. Поэтому некоторые параметры стресса также включаются в состав «нормы». Более редко входит в понятие так называемой нормы хронический стресс, вызванный повторным действием чрезвычайных раздражителей. Но поскольку хронический стресс может протекать вяло, не всегда сопровождается выраженными патологическими процессами, его параметры также частично входят как составляющая при определении понятия «норма».

Таким образом, реакции активации и тренировки высоких уровней реактивности без признаков напряжения являются неспецифической основой нормы; реакции активации и тренировки низких уровней реактивности и стресс высоких уровней реактивности – неспецифической основой предболезни; стресс низких уровней реактивности, переактивация и реакции активации и тренировки низких уровней реактивности с резко выраженными элементами напряженности – неспецифической основой патологических процессов.

Исключительный интерес для выяснения механизма развития стресса и его вредных последствий, возникающих на основе эмоционального перенапряжения, представляют экспериментальные исследования, посвященные изучению функционального состояния симпатoadrenalовой системы (САС), активация которой при действии стрессорных раздражителей играет ведущую роль в срочной мобилизации физиологических функций и энергетических ресурсов организма. Установлено, что одним из патогенетических механизмов развития патологических процессов под действием стрессорных раздражителей является истощение тканевых запасов катехоламинов и резервных возможностей САС. Показано, что реакция САС на стрессовое воздействие зависит не только от индивидуальной устойчивости этой системы к эмоциональному стрессу, но и от времени нанесения раздражения и его мощности.

Сложные нейроэндокринные изменения, характеризующие каждую из этих адаптационных реакций, получили определенное отражение в морфологическом составе белой крови. Это даст возможность использовать простые показатели для каждой реакции, а следовательно, осуществлять контролируемую неспецифическую активационную терапию. Тип реакции определяется, прежде всего, по процентному содержанию лимфоцитов в лейкоцитарной формуле. Остальные форменные элементы белой крови и общее число лейкоцитов, являясь лишь дополнительными признаками ре-



акций, свидетельствуют о степени полноценности реакции, степени ее напряженности и отношении к общепринятым границам нормы.

**Реакция тренировки.** Число лимфоцитов в пределах нижней половины зоны нормы (21–27%), число сегментоядерных нейтрофилов в пределах верхней половины зоны нормы, число палочкоядерных нейтрофилов, эозинофилов, моноцитов и лейкоцитов – в пределах нормы.

**Реакции активации.** Реакция стойкой активации (РСА): число лимфоцитов – в пределах верхней половины зоны нормы (28–33%), сегментоядерных нейтрофилов – в пределах нижней половины зоны нормы, палочкоядерных нейтрофилов, эозинофилов, моноцитов – в пределах нормы, лейкоцитов – (4,0–8,0x10<sup>9/l</sup>).

Реакция повышенной активации (РИА): число лимфоцитов выше нормы (более 33%, до 40–45% – индивидуально), сегментоядерных нейтрофилов – ниже нормы, палочкоядерных нейтрофилов, эозинофилов и моноцитов – в пределах нормы, лейкоцитов – (4,0–8,0x10<sup>9/l</sup>).

**Острый стресс.** Как известно из работ Г. Селье, острый стресс характеризуется лейкоцитозом, анэозинофилией, лимфопенией и нейтрофилезом. Примерные количественные параметры острого стресса у человека: число лимфоцитов – менее 20%, сегментоядерных нейтрофилов – выше нормы (36%), палочкоядерных – норма (4%) и выше, эозинофилов – 5%, моноцитов – норма (9%) и выше, лейкоцитов – более 9x10<sup>9/l</sup>.

**Хронический стресс.** Число лимфоцитов – менее 20%, сегментоядерных нейтрофилов – выше нормы, палочкоядерных – норма и выше, число эозинофилов может быть низким, нормальным и выше нормы, моноциты – в пределах нормы и выше, число лейкоцитов может быть и снижено, и повышено, и в пределах нормы.

**Переактивация.** Число лимфоцитов – более 40 или 45% (в зависимости от индивидуальных особенностей), сегментоядерных нейтрофилов – ниже нормы, другие форменные элементы – в пределах нормы. Основное соотношение для характеристики реакций – между числом лимфоцитов и сегментоядерных нейтрофилов (ЛФ/СН) – имеет наибольшую величину при РИА, далее в убывающем порядке – РСА, реакция тренировки, стресс. Нужно иметь в виду, что это соотношение отражает тип реакции лишь при отсутствии признаков напряженности реакции. Повышение числа моноцитов для каждой реакции часто свидетельствует о достижении ее верхней границы.

Признаки напряженности, неполноценности реакции. Отклонение от указанных для реакции тренировки и активации параметров белой крови – лейкоцитоз, лейкопения, эозинопения или эозинофилия, моноцитоз, моноцитопения, базофилия, сдвиг влево – говорит о неполноценности данной реакции, о нарушении гармоничности функционирования подсистем организма.

Таким образом, представленные выше морфологические показатели лейкоцитов позволяют использовать лейкоцитарную формулу для оценки состояния адаптационных механизмов человека.

Анализируя данные исследований, можно сделать вывод, что студенты нуждаются в диагностике, психофизиологическом сопровождении в процессе учебы и дальнейшем прогнозировании состояния здоровья. Это позволит определить состояние адаптационных механизмов организма, выявить группы риска и своевременно провести коррекцию здоровья, не ожидая развития необратимых процессов и хронических заболеваний. Это во многом будет способствовать сохранению и укреплению физического и психического здоровья молодого поколения во время учебы в вузе.

N.N. OVSYANNIKOVA, O.L. LYAKHOVA, N.V. TATARINOVA, L.A. SYSOEVA

#### HEMATOLOGICAL CHARACTERISTIC OF STUDENTS' HEALTH FORECAST

*The article is focused on the students hematological characteristic properties depending on the amount of their study loads. According to the results of the research, the author postulates the possibility of creating an expert system of adaptation level determination for forecasting student's success in studying and detecting their personal health risk factors.*

*Key words: students hematological characteristic, physiological adaptation, level of adaptation, loads.*



**Е.А. ПАРАХИНА***кандидат биологических наук, ведущий специалист-эксперт Федеральной антимонопольной службы**E-mail: eparachina@yandex.ru**Тел. 8 960 654 65 30***Л.Л. КИСЕЛЕВА***кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники Орловского государственного университета**E-mail: LLKiseleva@yandex.ru**Тел. (4862) 59 10 14, 8 906 665 26 41*

## ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ ИНТРОДУКЦИИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*Говорится об использовании в ландшафтном строительстве прошедших интродукцию и натурализацию в условиях Орловской области видов деревьев и кустарников, о привлечении и возможностях дальнейшего использования в зеленом строительстве новых видов древесных растений.*

*Ключевые слова: интродукция, акклиматизация, натурализация, дикорастущие виды, интродуценты, культивары, формы.*

Интродукция растений – это неотъемлемая часть развития человеческого общества, развития разумного творческого человека, практически постоянно идущий процесс вовлечения все более широкого ассортимента растений в культуру в условиях новой среды, массовый эксперимент со все увеличивающимся разнообразием растений в условиях контролируемой человеком среды обитания (Камелин, 1997).

Интродукция – это средство, метод достижения тех или иных целей, решение тех или иных задач, и эти цели и задачи всегда должны быть четко сформулированы.

Можно назвать, по крайней мере, 6 основных целей или задач интродукции:

1. выращивание растений определенных таксонов для их специального, прежде всего ботанического изучения;
2. создание живых коллекций в качестве некоего живого хранилища, из которого можно извлечь материал в случае, если он для чего-нибудь понадобится;
3. создание экспозиций, предназначенных для обозрения посетителями и имеющих учебное, культурно-просветительное или декоративное назначение;
4. выращивание растений в качестве удобных моделей для различного рода исследовательских работ;
5. сохранение в культуре видов растений, исчезающих в природе;
6. расширение ассортимента «культурных рас-

тений» в данном регионе (Скворцов, 1986).

Процесс интродукции на территории Европейской части России продолжается на протяжении уже нескольких веков. За это время накопился обширный опыт. На территории Европейской части России имеется несколько десятков интродукционных центров, где уже прошли успешную акклиматизацию, а иногда и натурализацию многие виды древесных растений. К таким центрам можно отнести Липецкую лесостепную опытную станцию, Главный ботанический сад РАН, ботанические сады МГУ, ВГУ, Тимирязевской сельскохозяйственной академии, Воронежской лесотехнической академии и др.

Перспективы интродукции древесных растений в России своеобразны. Например, на видовом уровне возможно привлечение к первичному интродукционному испытанию около 200 видов хвойных растений, причем в районы севернее Воронежа не более 100 видов. Что же касается перспектив интродукции форм хвойных пород, то они, поистине, безграничны. Причем интродукционные возможности северных регионов России ничуть не меньше южных, различия находятся на видовом и родовом уровнях. Планируя интродукцию любых садовых форм древесных растений, и не только хвойных, необходимо помнить о таком специфическом понятии, как региональность культиваров. А значит, постоянно нужно быть готовым к тому, что какие-то формы не смогут расти в новых условиях, какие-то изменяться внешне, причем иногда настолько, что могут быть приняты за новообразование. Их декоративность также может претерпевать существенные

изменения как в лучшую, так и в худшую стороны. Не следует относиться к формам, как к чему-то, чья успешность в интродукции не вызывает сомнения. Как и в случаях с естественными видами, формы должны пройти все стадии интродукционного процесса, и только после этого можно сколь-нибудь уверенно рекомендовать их для практического использования (Бобров, Журов, 1999).

Широкое распространение древесных пород определяется не только природными факторами, но и ценностью растений. При этом многие ученые указывают на незначительное число видов, широко используемых в интродукции. Например, Ю.Н. Карпун (1999) указывает, что используется всего 7% хвойных из огромного разнообразия видов и форм.

Базой интродукционных исследований являются обширные фонды древесных растений, накопленные (в том числе и стихийно) в дендрариях, парках, ботанических садах. Поэтому особенно необходимо изучение состава деревьев и кустарников того или иного региона. Так, Машкин в Орловской области выявил и описал 7 «...пунктов сосредоточения интродуцентов, имеющих большое научное и хозяйственное значение. Они представляют собой живое воплощение векового интродукционного и акклиматизационно-селекционного опыта и одновременно являются весьма ценными очагами маточников редких натурализованных, акклиматизированных и проверенных в наших условиях и в культуре экзотов и местных форм. Эти пункты необходимо беречь, охранять, держать их в культурном состоянии, изучать, дальше обогащать их видовой состав, а растения наиболее ценных видов и форм использовать в качестве маточников в практике зеленого строительства, лесоводства, плодоводства, агролесомелиорации и в селекции. Сосредоточенные в этих пунктах экзоты позволяют обосновывать границы их возможной промышленной культуры в соответствующих районах и более научно планировать перспективы дальнейшей интродукции растений...» (Машкин, 1964).

В результате исследований, проводимых нами с 2000 года, в Орловской области было выявлено около 30 пунктов сосредоточения древесных растений. На данный момент дендрофлора области включает более 490 таксонов древесных растений (из них 79 видов дикорастущих и 306 видов интродуцентов). Но, к сожалению, используется только незначительная часть видов деревьев и кустарников, причем большинство из них являются дикорастущими.

Так, в лесном хозяйстве Орловской области используется около 40 видов деревьев и кустарников, из которых половина является дикорастущими.

Последние лучше приспособлены к местным климатическим условиям; в большинстве случаев имеют хороший иммунитет к болезням и вредителям. Наиболее часто встречаются культуры *Quercus robur*, *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *Tilia cordata*, *Betula pendula*. Под ними хорошо воспроизводится соответствующий зональной природе травяной покров. Чаще материал для таких посадок выращивается из семян местной интродукции, реже из других регионов. В то же время многолетние посадки интродуцентов, наоборот, являются или мертвопокровными, или насыщаются сорными растениями.

Конечно, нельзя ограничиваться только дикорастущими видами древесных пород. Интродуценты более продуктивны, чем аборигены в лесозащитных полосах, в облесении оврагов для предотвращения эрозии и размывания почв. Использование интродуцированных древесных пород повышает биоразнообразие, что благоприятно сказывается на экологической обстановке.

На Шатиловской государственной сельскохозяйственной опытной станции опыты по разведению хвойных древесных растений (*Larix sibirica*, *L. decidua*, *Pinus strobus*, *P. murrayana*, *Picea engelmannii*, *P. obovata* и др.) начались еще в конце XIX в. Благодаря усилиям многих поколений лесоводов, они увенчались успехом. Исследования культур этих хвойных пород показали, что для условий Орловской области их разведение – вполне целесообразно. Тем не менее, культуры большинства этих видов не получили широкого распространения. Молодые посадки хвойных лесов вторичного происхождения встречаются во многих районах. Но они представлены чаще всего *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, а также *Larix decidua*. Остальные хвойные породы не используются. Искусственные насаждения хвойных, как правило, мертвопокровные.

Многолетний опыт Шатиловской станции и высокие декоративные качества представителей семейства *Pinaceae* позволяют им занять лидирующие позиции в распространении среди интродуцентов.

Из других интродуцентов широко представлены *Acer negundo*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Pinus sibirica* и др. К наиболее редко встречающимся в лесном хозяйстве интродуцентам можно отнести *Betula nigra*, *Phellodendron amurense*, *Picea engelmannii* и др.

На сегодняшний момент в озеленении населенных пунктов области широко используется около 60 видов древесных растений. В ландшафтном строительстве наиболее часто используются давно и широко вошедшие в культуру такие виды, как *Picea pungens*, *Larix sibirica*, *Pinus strobus*, *Thuja occidentalis*, *Populus simonii*, *P. italica*, *Aesculus hippocastanum*, *Syringa vulgaris*, *Symphoricarpos rivularis*.

В последнее время можно говорить и об увеличении числа интродуцированных видов, используемых в ландшафтном строительстве, особенно более южного происхождения. К таковым относятся *Ginkgo biloba*, *Laurocerasus officinalis*, *Paeonia suffruticosa*, *Philadelphus × lemoinei*, *Amygdalus triloba*, *Cerasus tomentosa* и др.

Во многих парках сохранились старовозрастные посадки древесных растений. В большинстве случаев они представлены несколькими, а иногда и единичными экземплярами древесных пород. На территории Орловской области имеются представители некоторых видов древесных пород, которым насчитывается около 200 лет. Таковы, например, несколько экземпляров *Quercus robur*, произрастающих в г. Ливны (Ливенский р-н) и усадьбе Христановича (Урицкий р-н). В парке усадьбы Грановского имеются деревья возрастом более 150 лет. В некоторых парках (Шестаковский, Шереметьевых, Тенешевой, Хитрово, в д. Яршево) сохранились аллеи из деревьев, возрастом более 100 лет.

Подводя итоги интродукции в условиях Орловской области за период около 300 лет, можно сказать, что за это время увеличилось количество видов древесных растений, используемых в насаждениях Орловской области, увеличился ассортимент, испытываются новые, особенно хвойные, древесные породы. Причина широкого применения хвойных пород кроется в их практически важных качествах. Многие из них являются быстрорастущими и обладают высокими декоративными качествами.

Большинство интродуцированных древесных пород, произрастающих на территории Орловской области, должны широко использоваться в ландшафтном строительстве. В результате исследований мы предлагаем около 100 видов и форм интродуцентов (*Abies concolor*, *Acer tegmentosum*, *Betula palmata*, *Chamaecyparis pisifera f. aurea*, *Diervilla rivularis*, *Pinus cembra*, *Spiraea nipponica*, *Syringa reflexa*, *Taxus baccata* и др.), которые имеются в области, успешно прошли акклиматизацию в течение длительного периода времени, дают плодovitое потомство для широкого внедрения их в культуру. Многие из них произрастают в старых усадебных парках. Эти экземпляры могут использоваться в качестве маточных для разведения в питомниках на территории Орловской области.

Необходимо также учитывать и возросший в последнее время интерес к ландшафтному строительству. Стихийная интродукция частными лицами, конечно же, неизбежна. Поэтому необходимо направлять и давать квалифицированные рекомендации частным коллекционерам растений.

В Орловской области проходили испытания различные виды древесных растений, которые на данный момент в области отсутствуют. В большинстве случаев причиной выппада были не климатические условия, а хозяйственная деятельность человека. Многие старовозрастные деревья были уничтожены в парках Орловского, Мценского, Урицкого, Дмитровского, Шаблыкинского, Болховского районов во время Великой Отечественной войны.

Нами предлагается список видов (*Abies nephrolepis*, *Acer heldreichii*, *Berberis amurensis*, *Biota orientalis*, *Carya cordiformis*, *Catalpa ovata*, *Euonymus maackii*, *Hamamelis japonica*, *Sorbus discolor*, *Tilia mandshurica*, *Tsuga canadensis* и др.), необходимых для включения к повторному испытанию и имеющих большие шансы пройти акклиматизацию, т.к. большая часть из них встречается в ботанических садах и парках Средней России. Таких видов насчитывается более 100 (Парахина, 2010).

Учитывая многолетний опыт интродукции, нами выявлены виды древесных растений, успешно прошедших интродукцию (зимостойкость I, декоративные качества 6-7) в ботанических садах Европейской части России, но не испытывавшихся в Орловской области. Этот список включает в себя около 400 видов древесных растений (*Aesculus octandra*, *Berberis oblonga*, *Betula litwinowii*, *Carya ovata*, *Forsythia ovata*, *Tilia amurensis*, *Viburnum sargentii* и др.).

Пополнение числа видов, садовых форм, сортов и гибридов для увеличения ассортимента деревьев и кустарников на территории Орловской области возможно за счет нескольких регионов: Северной Америки, Восточной Азии, Европы, а именно юго-восточной части, Кавказа, Сибири.

Из Северной Америки (в основном с восточного побережья) на протяжении нескольких веков ведется активная интродукция древесных пород в Европу. Многие виды с территории Северной Америки уже прошли успешную интродукцию в ботанических садах и питомниках средней полосы России. По итогам интродукции можно рекомендовать для испытания в Орловской области *Carya ovata*, *Malus coronaria*, *Philadelphus floribundus*, *Quercus bicolor* и др.

Территория Восточной Азии очень обширна, и даже умеренные по климату ее части очень велики. Это Дальний Восток России, Северо-Восток Китая, Японии и Корейского полуострова. Это территория, как известно, богата видами древесных растений. Несмотря на климатические различия Европейской России и северной части Восточной Азии, древесные породы Дальнего Востока России также на протяжении нескольких веков проходили интродукцию

в ботанических садах Европейской части России. Результаты этой работы тоже оказались успешными, многие виды в наших климатических условиях регулярно цветут и плодоносят, а некоторые – натурализовались. Результаты интродукции древесных растений из Восточной Азии в ботанических садах средней полосы России показали, что многие виды можно успешно внедрять в зеленое строительство и на территории Орловской области. Особенно следует рекомендовать использование таких видов, как *Berberis oblonga*, *Cercidiphyllum japonicum*, *Corylus heterophylla*, *Euonymus macropterus* и др. При этом, в отличие от территории Северной Америки, в Восточной Азии значительно более обширен потенциал видов, которые еще не испытывались в интродукции на территории Средней России.

Территория юго-восточной части Европы и Кавказ также отличаются достаточно большим разнообразием видов древесных растений. К сожалению, многие из них мало испытывались в условиях интродукции в Центральной России. Необходимо провести интродукцию таких видов, как *Betula litwinowii*, *Malus orientalis*, *Ostrya carpinifolia*, *Pyrus elaeagrifolia*, *Cerasus incana* и др.

Сибирь, конечно, тоже была территорией, откуда и планово, и стихийно велась интродукция древесных растений в условия Средней полосы России. В большинстве случаев в интродукции испытывались лишь виды деревьев. Но на территории Сибири произрастает довольно большое число кустарников. Об этом свидетельствуют многочисленные работы по изучению древесных растений Сибири И.Ю. Коропачинского, Т.Н. Встовской и др. Кустарники Сибири можно значительно шире привлекать для испытания в ботанических садах и дендрариумах Европейской части России и для дальнейшего их внедрения в ландшафтное строительство.

Проведя анализ дендрологического состава отдельных территорий и ботанических садов и дендрариев, мы предлагаем около 140 видов древесных растений либо не вовлеченных в интродукцию, либо недостаточно испытанных в ботанических садах Европейской части России, которые следовало бы испытать в культуре (*Crataegus ambigua*, *Hydrangea incognita*, *Lonicera semenovii*, *Prinsepia uniflora*, *Rhododendron tschonoskii*, *Rhus orientalis*, *Sophora japonica*, *Spiraea cana*, *Weigela japonica* и др.).

Обогащение дендрофлоры Орловской области можно продолжить за счет интродукции вьющихся растений. По подсчетам Машкина (Машкин, 1964), перспективна интродукция более 55 новых видов вьющихся и лазающих древесных растений, в частности из таких родов, как *Lonicera*, *Celastrus*,

*Smilax*, *Periploca* и др. Также в Орловской области могут быть интродуцированы еще виды *Juniperus*, *Chamaecyparis*, *Ephedra* и др.

Хорошо зимуют в условиях области *Mahonia aquifolium* и *Pyracantha coccinea*. Следовательно, на территории Орловской области вполне возможна в открытом грунте культура и других вечнозеленых покрытосеменных кустарников и кустарничков, в частности *Daphne* и *Rhododendron*.

Часть из предлагаемых нами видов ранее испытывалась в ботанических садах Средней России, но по разным причинам выпала. Одной из причин может быть неправильно подобранный семенной материал. Это связано с тем, что акклиматизация интродуцентов зависит не только от родины происхождения, но и из какого региона прибыло к нам растение. Давно известно, что семена, поступившие из ботанических садов, находящихся южнее пункта интродукции, зачастую имеют хуже всхожесть и чаще выпадают. Следовательно, для дальнейшей интродукции нужно брать посадочный материал из территорий или более северных по положению, или жестких по климату, чем в местах интродукции. Желательно также брать для интродукции разные экологические и географические формы древесных пород.

Например, в дендрологическом саду Лесотехнической академии еще в начале 20 века было испытано около 1600 видов деревьев и кустарников, а на Лесостепной опытной станции испытано около 1800 видов древесных растений, причем в обоих случаях большая часть древесных пород успешно акклиматизировалась и сейчас дает плодovitое потомство. На Лесостепной опытной станции несколько лет назад был заложен дендрологический сад из семян интродуцированных деревьев и кустарников собственной репродукции. Именно этот способ обеспечивает и лучшую документацию, ботаническую достоверность материала. А предыдущая акклиматизация вида в сходных или более жестких условиях способствует, как правило, и успеху интродукции и наибольшей устойчивости в культуре (Плотникова, 1988).

Конечно, в дальнейшей интродукции необходимо учитывать и декоративные, технические и другие качества растений, а также обратить внимание на их вариабельность. Зачастую, растения с низкой степенью изменчивости в новых климатических условиях не приспособляются и не проявляют необходимые декоративные или производственные качества. Но во многих случаях уже существуют и садовые разновидности и формы древесных пород, которые обладают улучшенными качествами как декоративными, так и лучшей жизнеспособностью.

Нельзя забывать и о том, что успехи интро-



дукции зависят и от умения, и опыта интродукторов. Как писал А.В. Гурский (Гурский, 1957): «Количество испытанных видов деревьев и кустарников, а также количество устойчивых к климату пород зависит не столько от природных условий, сколько от энергии и длительности интродукционных работ, развернутых в данном районе. Это положение доказывается примером дендрологического сада Лесотехнической академии им. С.М. Кирова. В этом пункте древесная флора не менее богата видами, чем субтропические районы Черноморского побережья Кавказа...».

Учитывая опыт разведения иноземных древесных пород, можно сказать, что в древесных питомниках усиленно размножались и размножаются те породы, которые обладают высокой жизнеспособностью, дают большое количество семян, обладающих высокой всхожестью и большой энергией прорастания. Например, *Acer negundo*, *Robinia pseudoacacia*, *Fraxinus pennsylvanica* и др. Это в ряде случаев приводит и к нежелательным последствиям, когда такие интродуценты уже вторгаются в естественные сообщества и вытесняют местные виды. Поэтому необходимо ограничивать выращивание в питомниках таких пород и уделить внимание более ценным, хотя и с большим трудом разводимым, древесным растениям. Не следует, однако, впадать в крайности и прекращать использование легко разводимых и агрессивных в природе древесных пород, т.к. в результате селекционной работы среди них выведено много высокодекора-

тивных форм, которые далеко не так активны. В частности есть и различные формы *Acer negundo*, которые на данный момент времени довольно широко используются в ландшафтном строительстве Орловской области, но не способны к столь активному расселению (Парахина, 2011).

Таким образом, в условиях Орловской области успешно могут произрастать многие ценные интродуцированные древесные растения, как лиственные, так и хвойные. По-видимому, единственным фактором, серьезно ограничивающим возможности длительного успешного существования древесных насаждений в Орловской области, является хозяйственная деятельность человека. Ограничение последней особенно необходимо в охраняемых и неохраняемых старых парках. В этих условиях можно добиться и существенного улучшения состояния растений, их естественного самовозобновления. Но не менее важна и закладка новых питомников на базе материала, взятого как из старых парков в области, так и из опытных учреждений за пределами ее (Парахина, 2011).

Необходимо также более широко использовать имеющиеся в Орловской области древесные растения, в том числе интродуцированные; за счет ботанических садов близлежащих областей увеличить ассортимент деревьев и кустарников, обладающих высокими техническими, декоративными и другими свойствами; ввести в культуру с последующим их изучением новые виды древесных пород.

#### Библиографический список

1. Бобров А.В., Журов Ф.Д. Перспективы использования стелющихся видов хвойных в качестве почвопокровных растений. Мат-лы совещания по проблемам интродукции хвойных растений в России. Сочи, 1999. С. 11
2. Встовская Т.Н., Коропачинский И.Ю. Определитель местных и экзотических древесных растений Сибири. Новосибирск: изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2003. 702 с.
3. Гурский А.В. Основные итоги интродукции древесных растений в СССР. М.-Л.: АН СССР, 1957. 301с.
4. Камелин Р.В. Биологическое разнообразие и интродукция растений./ Растительные ресурсы. Т. 33, вып. 3, 1997. С. 1-11.
5. Карпун Ю.Н. Итоги и перспективы интродукции хвойных в России. Мат-лы совещ. по пробл. интрод. хвойных растений в России. Сочи, 1999. С. 1-3.
6. Машкин С.И. Дендрофлора Центрально-Черноземной полосы СССР, история ее формирования, итоги и перспективы ее обогащения. Дисс. на соис. ... д.б.н. Воронеж, 1964.
7. Парахина Е.А. Возможности использования древесных интродуцентов, имеющихся на территории Орловской области./ GARDEN-PARKS AND LANDSCAPE CONSTRUCTION: THEORY, PRACTICE, INNOVATION: Proceedings of the Russian-Polish scientific-practical conference. – “Cartouche”. Orel: 2010. С. 163-168
8. Парахина Е.А. Деревья и кустарники Орловской области: дикорастущие и интродуцированные./ LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co.KG, Saarbrücken, 2011. 467 с.
9. Плотникова Л.С. Научные основы интродукции и охраны древесных растений флоры СССР. М.: Наука, 1988. 264 с.
10. Скворцов А.К. Интродукция и охрана растений в СССР и США. М., 1986. С. 129.



*E.A. PARAKHINA, L.L. KISELEVA*

**PROSPECTS OF THE FURTHER INTRODUCTION OF TREES  
AND SHRUBS ON THE TERRITORY OF THE ORYOL REGION**

*Discusses the use in landscape construction past the introduction and naturalization in the conditions of the Oryol region species of trees and shrubs, the involvement and opportunities for further use in green construction of new species of woody plants.*

*Key words: introduction, acclimatization, naturalization, wild species, exotic, cultivars, of the form.*



**П.С. ПРУДНИКОВ**

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биохимической генетики ГНУ ВНИИ селекции плодовых культур Россельхозакадемии  
E-mail: prudnicov@inbox.ru  
Тел. 8 915 509 04 28

## ОСОБЕННОСТИ ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ СЕЛЕНА НА САЖЕНЦЫ ЯБЛОНИ

*В статье рассматривается влияние селенита натрия на однолетние саженцы яблони. Показано существенное увеличение в листьях содержания индолилуксусной кислоты, митотического индекса апикальных меристем, снижение перекисного окисления липидов. На этом фоне установлено увеличение фотохимической активности хлоропластов, чистой продуктивности фотосинтеза, дыхания и показателей роста растений.*

*Ключевые слова:* селен, индолилуксусная кислота, митотический индекс, фотосинтез, дыхание, пероксидаза, перекисное окисление липидов.

Изучение протекторных свойств микроэлемента селена на животных и человеке уже позволило создать и использовать в медицине лекарственные препараты, в состав которых он входит [1]. Вместе с тем, защитные свойства селена на растительном организме исследованы недостаточно, что не позволяет использовать его в сельскохозяйственной практике. В литературе имеются только единичные сведения о том, как селен способствует росту и развитию растений, что особенно ярко проявляется в условиях действия стресс-факторов: засуха, гипо- и гипертермия. Положительное действие селена на растения исследователи связывают с антиоксидантными свойствами микроэлемента [2,3,4]. Известно, что селен непосредственно входит в состав глутатионпероксидазы – одного из изоферментов пероксидазы и принимает участие в поддержании гомеостаза гормональной системы регуляции [5,6]. Однако действие селена на многолетние садовые растения практически не исследовано. Вместе с тем, эти растения также подвержены воздействию неблагоприятных факторов среды и травмирующих агротехнических мероприятий. В некотором смысле окулировку сеянцев можно отнести к стрессирующему фактору – механическому повреждению. Поэтому, исходя из сведений о протекторных свойствах селена, представляло интерес изучить возможность использования данного микроэлемента в маточном производстве посадочного материала, а именно возможность снижения последствий травматического шока растений в момент окулировки и усиление ростовых процессов у саженцев яблони.

Черенки яблони сорта Болотовское на 16 ч замачивали в растворе селенита натрия в концентрации  $5,7 \cdot 10^{-2}$  мМ. Контролем служила вода. На следую-

щий день почки, взятые с черенков, прививались на двухлетние подвои. О действии селена судили по содержанию индолилуксусной кислоты (ИУК), фотосинтетической деятельности, интенсивности дыхания, перекисному окислению липидов, а также по ростовым показателям: высоте, диаметру, количеству междоузлий формирующегося побега.

Ауксины экстрагировали из навески листьев (250 мг сухой массы), предварительно зафиксированной в парах этанола комплексным методом, разработанным в лаборатории В.И. Кефели [7]. Содержание ИУК в листьях определяли методом биологической пробы. Для этого сухие остатки экстрактов растворяли в этаноле и наносили на хроматографическую бумагу. При фракционировании ИУК в качестве растворителя использовали смесь изопропанол-аммиак-вода (соотношение компонентов 10:1:1). Биотестом служили отрезки колеоптилей пшеницы сорта Мироновская 808. Количество гормонов рассчитывали по калибровочной кривой, построенной для ИУК («Serva», Германия).

Чистую продуктивность фотосинтеза определяли по методу Ничипоровича [8]; фотохимическую активность хлоропластов – потенциометрическим методом по скорости фотовосстановления ферроцианида калия [9]; содержание хлорофилла и каротиноидов – спектрофотометрически [10]. Интенсивность дыхания измеряли по количеству выделяющегося  $\text{CO}_2$  в приборах для наблюдения газообмена при дыхании растений («Физприбор», Россия). Активность пероксидазы определяли методом Бояркина [11] с использованием бензидина. Содержание малонового диальдегида – конечного продукта ПОЛ – оценивали по реакции взаимодействия с тиобарбитуровой кислотой [12].

В результате исследований показано, что обработка селенитом натрия прививочного материала, взятого с сорта Болотовское, оказала заметное положительное влияние как на приживаемость привоя к подвою, так и на ростовые параметры однолетних побегов (рис. 1, табл. 1).

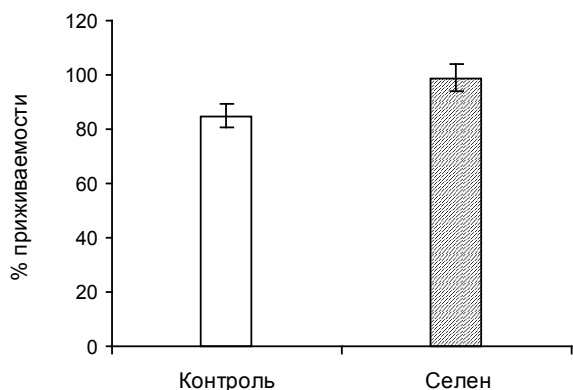


Рис. 1. Влияние селена на % приживаемости привоя к подвою.

При первом замере в июле саженцы, обогащенные селеном в дозе  $5,7 \cdot 10^{-2}$  мМ  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ , превышали контроль по высоте побега, его диаметру и количеству междоузлий на 12,35%, 25,22% и 14% соответственно. При снятии показателей в сентябре растения в варианте с селеном превышали контроль на 16%. По-видимому, положительное влияние селена на высоту саженцев можно объяснить интенсификацией клеточного деления, на что косвенно указывает 23% увеличение ростовой активности

образования междоузлий и превышение их числа на 17% (табл.1,2).

Кроме того, определение митотического индекса показало, что под воздействием селена произошло значительное (в 2,1 раза) увеличение числа апикальных клеток, находящихся в митозе (рис.2). В связи с этим наблюдалось 24% увеличение ростовой активности роста саженцев в высоту.

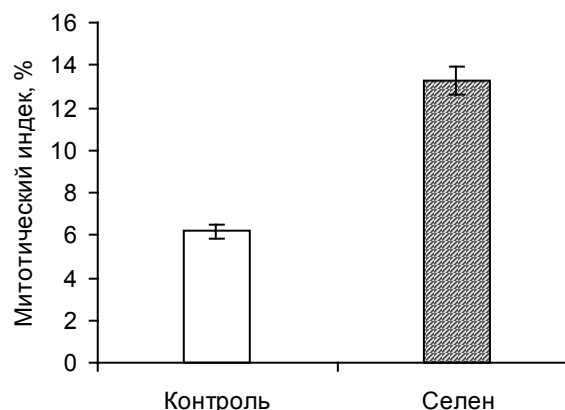


Рис. 2. Митотический индекс апикальных меристем саженцев яблони.

Исходя из вышеизложенного, представляло интерес выявить некоторые особенности физиолого-биохимического действия микроэлемента селена.

Анализ содержания ИУК показал, что селенит натрия существенно на 34% увеличивал количество ауксина в листьях саженцев (рис.3).

Таблица 1.

Влияние селенита натрия на ростовые показатели однолетних саженцев яблони

Вариант	Июль			Сентябрь		
	высота, см	диаметр, см	кол-во междоузлий, шт.	высота, см	диаметр, см	кол-во междоузлий, шт.
Контроль	62,75±1,87	6,94±0,22	21,57±0,50	90,69±2,5	9,56±0,23	34,04±0,57
$5,7 \cdot 10^{-2}$ мМ $\text{Na}_2\text{SeO}_3$	70,50±1,99	8,69±0,22	24,60±0,53	105,20±3,3	11,61±0,35	39,9±0,78

Таблица 2.

Особенности действия микроэлемента селена на активность роста однолетних саженцев яблони

Вариант	Ростовая активность, %		
	высота	диаметр	кол-во междоузлий
Контроль	57,0	5,34	25,45
$5,7 \cdot 10^{-2}$ мМ $\text{Na}_2\text{SeO}_3$	70,80	5,96	31,22

Таблица 3.

Влияние селенита натрия на фотосинтетическую деятельность саженцев яблони сорта Болотовское

Вариант	Хлоро-филл (a+b), мг/г	Каротиноиды, мг/г	ФХА изолированных хлоропластов, мМ феррицианида/(мг Хл.ч).	Интенсивность фотосинтеза, г сухого вещества /сутки
Контроль	0,400±0,02	0,243±0,01	4,55±0,27	0,35±0,02
$\text{Na}_2\text{SeO}_3$	0,482±0,04	0,240±0,01	6,62±0,38	0,44±0,02

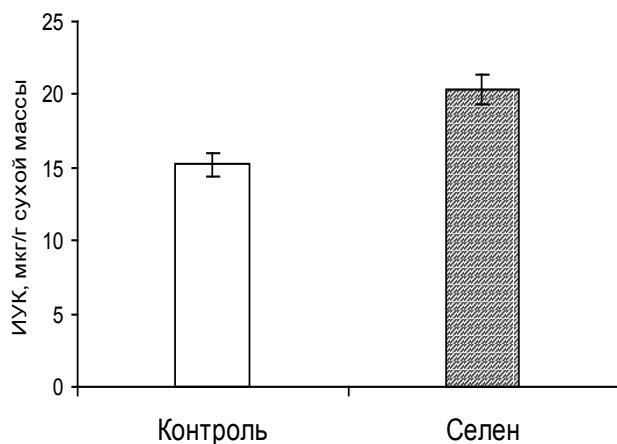


Рис. 3. Содержание ИУК в листьях саженцев яблоки.

Увеличение микроэлементом содержания ИУК, по-видимому, связано с повышенным содержанием гибберелловой кислоты и ингибированием ИУК-оксидазы – фермента ауксинового обмена [5]. Известно, что гиббереллины снижают активность ауксиноксидазы [13], а по данным исследований, проведенных на картофеле, показано, что селен существенно увеличивал количество гиббереллинов в листьях растений [14].

Для определения потенциальных возможностей фотосинтетического аппарата использовали характеристику фотохимической активности изолированных хлоропластов. Скорость переноса электронов (реакция Хилла) в варианте с селеном на 45,5% превышала контроль (табл. 3). Усиление селеном световых реакций может быть связано как с повышенным содержанием ИУК, так и гиббереллинов. Активирующее влияние гиббереллина на реакцию Хилла отмечалась в ряде работ как при обработке интактных растений, так и изолированных хлоропластов [15]. Имеются сведения, что гиббереллины активизируют ферменты, участвующие в биосинтезе липидов, которые являются структурными компонентами биомембран, в том числе и хлоропластов. Именно в мембранах осуществляется фотосинтетический перенос электронов. Известно также, что ИУК ускоряет перенос электронов к НАДФ [16] и увеличивает содержание пластохинона. Вместе с тем, не исключено, что увеличение активности хлоропластов в варианте с селенидом натрия связано и с повышенным содержанием хлорофилла. Проведенный пигментный анализ показал, что на фоне неизменного количества каротиноидов в светособирающем комплексе листа селен вызвал 20% увеличение содержания хлорофилла (табл. 3). В конечном итоге определение интенсивности фотосинтеза позволило определить, что селен на 26%

увеличивал накопление ассимилятов.

Определение интенсивности дыхания листьев показало, что растения, обогащенные селенидом натрия, характеризовались и большим образованием энергетических эквивалентов, необходимых для ростовых процессов (рис.4).

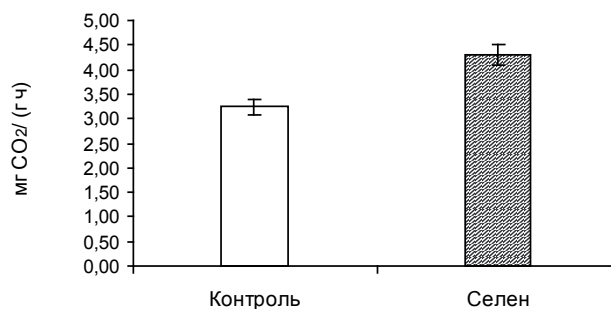


Рис. 4. Интенсивность дыхания листьев саженцев яблоки.

В варианте с селенидом натрия интенсивность дыхания на 33% превосходила контроль. При этом уровень образования активных форм кислорода (АФК) был значительно ниже контрольных значений. Известно, что в результате интенсивного дыхания может образовываться повышенное количество АФК, способных вызывать перекисное окисления липидов мембран (ПОЛ). Об интенсивности ПОЛ, как правило, судят по накоплению конечного продукта – малонового диальдегида (МДА). Определение последнего показывает, что уровень МДА на 35% был ниже контроля (рис. 5). Снижение ПОЛ, возможно, связано с интенсификацией селеном антиоксидантных ферментов, в состав которых, в частности глутатионпероксидазы, он входит. В наших исследованиях селен существенно, на 34% увеличивал активность антиоксидантного фермента – пероксидазы (рис.6).

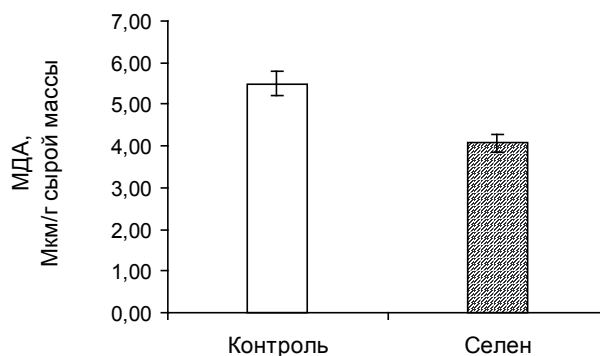


Рис.5. Содержание малонового диальдегида в листьях саженцев яблоки.

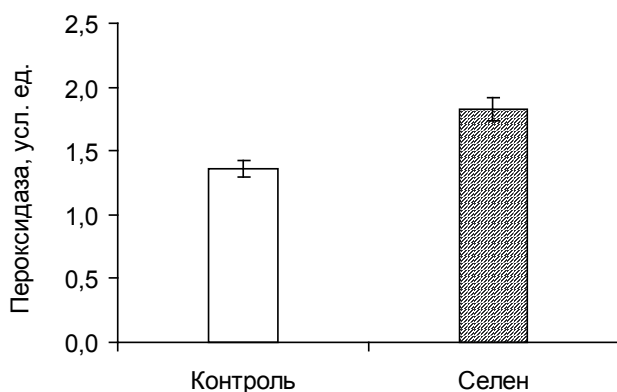


Рис. 6. Активность пероксидазы в листьях саженцев яблоки.

Таким образом, на фоне модификации перекисного гомеостаза и содержания ИУК обогащенные селенитом натрия прививочного материала способствует интенсификации таких физиологических процессов, как фотосинтез и дыхание. В результате в обработанных селеном саженцах сорта Болотовское образуется достаточное количество пластических и энергетических веществ, необходимых для усиления ростовых процессов.

#### Библиографический список

1. Ермаков В.В. Биологическое значение селена / В.В. Ермаков, В.В. Ковальский. М: Наука, 1974. 300с.
2. Arvy M.P. Selenate and selenite uptake and translocation in bean plants (*Phaseolus vulgaris*) / M.P Arvy // Experimental Botany, 1993. – V.44. – P. 1083 – 1087.
3. Кузнецов В. В. Защитное действие селена при адаптации растений пшеницы к условиям засухи: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.12. М.: МСХА, 2004. 21 с.
4. Солдатов С.А. Влияние селена на рост и сексуализацию растений *Cannabis sativa L.* в стрессовых условиях. Материалы I (IX) международной конференции молодых ботаников в Санкт-Петербурге. СПб ГЭТУ «ЛЭТИ» 2006. С. 200.
5. Kwid S.C. Mechanism of indole-3-acetic acid oxidation by plant peroxidases: anaerobic stopped-flow spectrophotometric studies on horseradish and tobacco peroxidases / S.C. Kwid, B. Faraji, O.A. Levander // J. Biochemistry. 1989. V. 3. P. 305 – 312.
6. Gamble S.C. Selenium – dependent glutathione peroxidase and other selenoproteins – their synthesis and biochemical role / S.C. Gamble, A. Wiseman, R.C. Goldfarb // Chem. Techn. Biotechn. 1997. V. 68. P. 113 – 134.
7. Власов П.В. Комплексный метод определения природных регуляторов роста. Первичный анализ незрелых семян кукурузы на активность свободных ауксинов, гиббереллинов и цитокининов. П.В. Власов, В.В. Мазин, Р.Х. Турецкая и др. Физиология растений. 1979. Т.26. С. 648 – 655.
8. Ничипорович А.А. О формировании и продуктивности работы фотосинтетического аппарата разных культурных растений в течение вегетационного периода. Физиология растений. 1961. Т.8. С. 19 – 28.
9. Зеленский М.И. Потенциометрический метод исследования фотохимической активности хлоропластов. М.Н. Зеленский, И.И. Клементьева: Методы комплексного изучения фотосинтеза. Под ред. Быкова О.Д. Л.: ВИР. 1969. С. 127 – 141.
10. Гавриленко В.А. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание. Под ред. А.В. Рубина, М.: Высшая школа. 1975. 392с.
11. Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений. Под ред. А.И.Ермаков. 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Агропромиздат. 1987. 430с.
12. Стальная И.Д. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты. Современные методы в биохимии. Под ред. В.Н. Ореховича. М.: Медицина. 1977. С. 66 – 68.
13. Авакян Э.Р. Теория механизма действия гиббереллина на рис. Э.Р. Авакян, Е.П. Алешин, Н.Е. Алешин. Тезисы IV Международной конференции: Регуляторы роста и развития растений. М.:МСХА. 1997. С. 70.
14. Прудников П.С. Влияние селена на физиолого-биохимические процессы при адаптации растений картофеля к гипотермии: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. 03.00.12. П.С. Прудников. М.: МСХА. 2007. С.28.
15. Рощина В.Ф., Боровикова Л.В., Рощина В.В., Щерудило Е.Г. Действие природных регуляторов роста на движение хлоропластов и фотосинтетические реакции. Физиология растений. 1980. Т. 27. С. 1267 – 1276.
16. Tamas I.A. Indoleacetic acid stimulation of phosphorylation and bicarbonate fixation by chloroplast preparation in light / I.A. Tamas, B.D. Atkins, S.M. Ware, R.G.S. Bidvell // Canad. J. Bot. 1972. V. 50. P. 1523 – 1527.



*P.S.PRUDNIKOV*

**FEATURES OF THE PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL ACTION OF SELENIUM  
ON APPLE SEEDLINGS**

*The paper examines the influence of a sodium selenite on the annual apple seedlings. The increase in a leaf content of indoleacetic acid, the mitotic index of apical meristems, reduced lipid peroxidation is shown in this article. Against this background, the increase in photochemical activity of chloroplasts, net productivity of photosynthesis, respiration and growth of plants is found.*

*Key words: selenium, indoleacetic acid, mitotic index, photosynthesis, respiration, peroxidase, lipid peroxidation.*



**Т.И. ПУЗИНА**

доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой ботаники, физиологии и биохимии растений Орловского государственного университета

E-mail: TIPuzina@gmail.com

Тел. (4862) 77 78 18

**Н.С. ВЛАСОВА**

аспирант кафедры ботаники, физиологии и биохимии растений Орловского государственного университета

Тел. (4862) 77 78 18

## АКТИВНОСТЬ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ РАСТЕНИЙ *SOLANUM TUBEROSUM* В УСЛОВИЯХ ДЕСТРУКТИРОВАННОГО ТУБУЛИНОВОГО ЦИТОСКЕЛЕТА

*Изучали активность антиоксидантной системы растений картофеля (*Solanum tuberosum* L.) в зависимости от целостности микротрубочек. Растения, обработанные 1 мМ раствором колхицина – деструктором тубулинового цитоскелета, характеризовались большим содержанием низкомолекулярных антиоксидантов – пролина и каротиноидов, но меньшей активностью пероксидазы. На этом фоне снижался процесс перекисного окисления липидов мембран. Обогащение растений антиоксидантом селеном в условиях деполимеризованных микротрубочек (вариант Колхицин+Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>) снизило содержание пролина и каротиноидов, не изменило активности каталазы и пероксидазы и несколько увеличило уровень малонового диальдегида.*

*Ключевые слова:* колхицин, микротрубочки, антиоксидант селен, пролин, каротиноиды, каталаза, пероксидаза, малоновый диальдегид.

В последнее время ряд исследователей уделяет внимание роли элементов цитоскелета в формировании устойчивости растительного организма [1]. Отмечается значение процессов стабилизации и дестабилизации микротрубочек при развитии адаптации растений к действию абиотических стрессоров [2 – 5]. Однако физиологический механизм влияния целостности тубулинового цитоскелета на устойчивость растений остаётся малоизученным. Практически не исследована активность антиоксидантной системы, играющей важную роль в сохранении целостности мембран и метаболических реакций от структурированности элементов цитоскелета. В этой связи *цель* настоящей работы состояла в выявлении индуцированных деполимеризующим агентом микротрубочек – колхицином изменений в активности антиоксидантной системы растений картофеля.

Объектом исследования были растения картофеля (*Solanum tuberosum* L.) сорта Удача, которые выращивали в почвенной культуре на серой лесной среднесуглинистой почве в условиях вегетационного опыта. Часть опытов проводили на побегах возобновления в лабораторных условиях.

Варианты опыта включали: контроль – опры-

скивание растений водой, а также 1мМ раствором колхицина; 5.8·10<sup>-3</sup> мМ селенита натрия, содержащим 2.6·10<sup>-3</sup> мМ селена. Обработку растений проводили через 15 суток после появления всходов. В лабораторных условиях 30-дневные побеги возобновления инкубировали в соответствующих растворах в течение трёх часов.

Содержание *пролина* определяли в кислой среде с помощью нингидринового реактива [6]; содержание *каротиноидов* – на ФЭКе после экстракции 80%-ным ацетоном и рассчитывали по формуле Веттштейна [7]. Об активности *каталазы* судили по объёму кислорода, выделяющегося в результате разложения перекиси водорода [8], *пероксидазы* – методом Бояркина по времени образования синей окраски в результате окисления бензидина [6]. Содержание *малонового диальдегида* определяли на основе реакции взаимодействия этого соединения с тиобарбитуровой кислотой [9].

На рисунках представлены средние арифметические из пяти биологических и 5–7 аналитических повторностей. Достоверность результатов оценивали с помощью критерия Стьюдента, считая достоверным различия при уровне доверительной вероятности выше 0.95 [10].

По мнению ряда авторов [11, 12], в условиях действия стрессоров различной природы, в растительном организме повышается уровень аминокислоты пролина – низкомолекулярного органического антиоксиданта, который служит протектором макромолекул и мембран. В наших опытах деструкция тубулинового цитоскелета под воздействием колхицина, по-видимому, является стрессом для растительной клетки. Доказательством этого может служить повышение содержания пролина (почти на 40% против контроля) в листьях растений картофеля (рис. 1а).

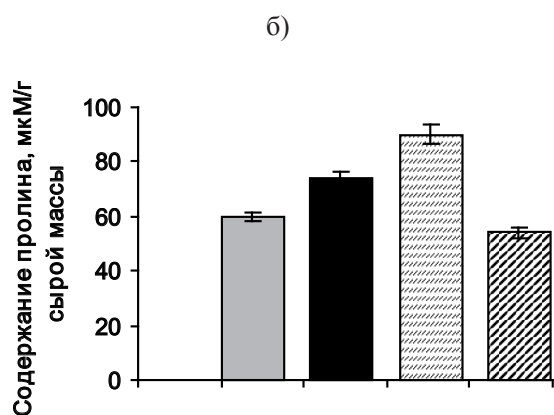
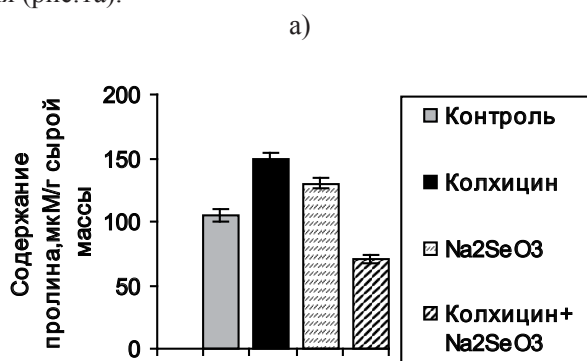


Рис.1. Влияние колхицина и селенит-иона на содержание пролина. а – в листьях растений картофеля, фаза бутонизации; б – в побегах возобновления.

Вместе с тем надо заметить, что кратковременная 3-часовая инкубация побегов возобновления в растворе колхицина (рис. 1б) оказала меньший эффект (повышение составило 20 %). Из этого следует, что длительное последствие колхицина может вызывать серию изменений в метаболизме клетки, усугубляя стресс.

В условиях целостного тубулинового цитоскелета обогащение растений антиоксидантом селеном также способствовало накоплению пролина в листьях картофеля (увеличение составило 24%). Такие же данные получены на козлятике [13] и конопле [14]. Разборка микротрубочек (вариант

Контроль + Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>) существенно ослабила эффект как селена (более чем на 40%), так и колхицина (на 50%). Таким образом, при совместном применении колхицина и селенит-иона наблюдалось явление антагонизма в действии на содержание пролина, что может свидетельствовать о их влиянии на одни и те же звенья в метаболизме аминокислоты пролина.

В побегах возобновления ответ на инкубацию в растворе селенита натрия был более эффективен по сравнению с вариантом, обработанным колхицином. Однако и в данном случае при совместном их применении наблюдалось явление антагонизма.

Что касается содержания каротиноидов (рис. 2), антиоксидантная функция которых сводится к защите хлорофилла от окисления его синглетным кислородом, то следует отметить, что как и в случае с пролином, колхицин существенно увеличил их содержание. Обогащение растений селеном также повысило количество данной группы пигментов. В литературе имеются сведения, что селен увеличивает содержание каротиноидов в листьях конопля через стимуляцию биосинтеза данной группы пигментов [15].

При совместной обработке растений картофеля колхицином и селенитом натрия наблюдался антагонизм в их действии на содержание каротиноидов.

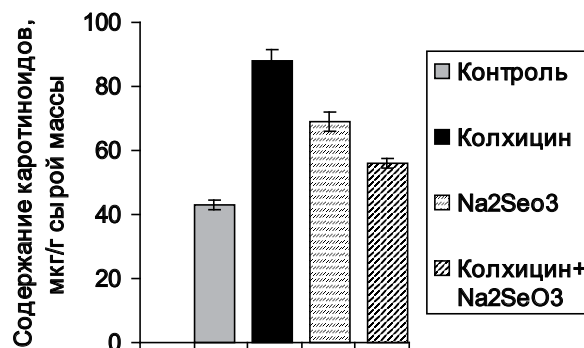


Рис.2. Влияние колхицина и селенит-иона на содержание каротиноидов в листьях.

О работе антиоксидантной системы растений судят не только по содержанию низкомолекулярных антиоксидантов, но прежде всего по активности ферментов антиоксидантной защиты. В своих исследованиях мы изучали влияние целостности тубулинового цитоскелета на активность каталазы и пероксидазы. Из данных рис. 3а следует, что разборка микротрубочек с помощью колхицина не повлияла на активность каталазы.

В условиях целостности тубулинового цитоскелета селенит-ион достоверно увеличил активность каталазы. Такая же закономерность отмечалась

нами и ранее [16]. Данный эффект селена, возможно, связан с повышенным уровнем ИУК, активизирующей процесс дыхания. В литературе имеются сведения, что микроэлемент селен интенсифицирует дыхание, и как следствие, повышается содержание активных форм кислорода, в том числе и  $H_2O_2$ , которая в свою очередь является субстратом для каталазы [17]. Антиоксидант селен в условиях деполимеризованных микротрубочек не изменил активность данного фермента (вариант Колхицин+ $Na_2SeO_3$ ).

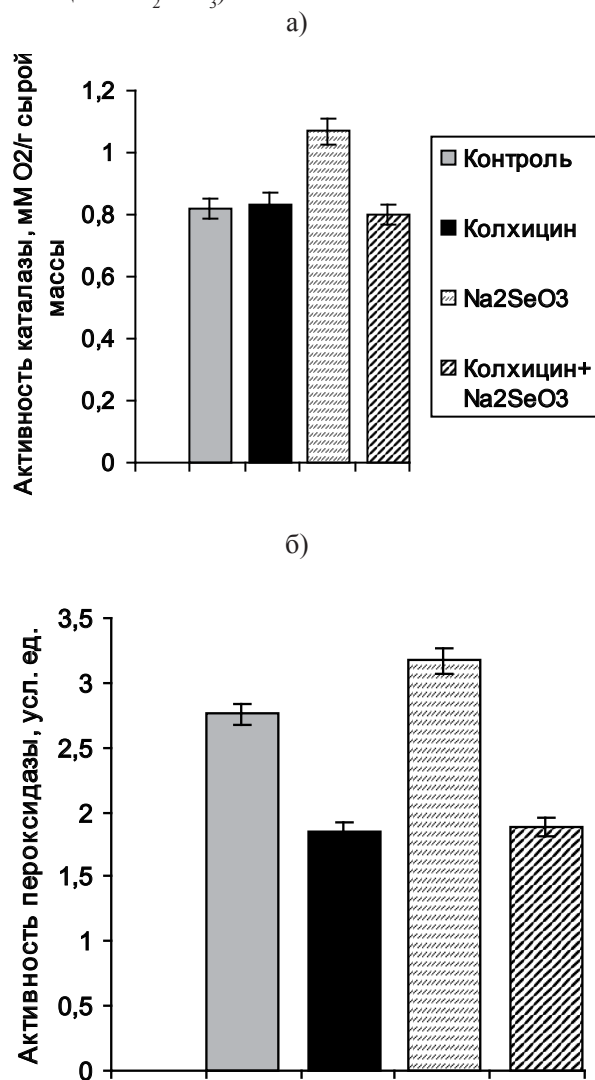


Рис. 3. Влияние колхицина и селенит-иона на активность антиоксидантных ферментов в листьях картофеля.  
а) – активность каталазы;  
б) – активность пероксидазы.

В отличие от каталазы, разрушение микротрубочек с помощью колхицина значительно снизило активность пероксидазы (рис. 3б). В условиях разборки тубулинового цитоскелета добавление

селенит-иона достоверно не изменило эффекта колхицина. Однако, в варианте с селенитом натрия, где структура микротрубочек была не нарушена, отмечена существенная активизация пероксидазы (на 31% против контроля). Это может быть связано с тем, что в состав изостерического центра фермента глутатионпероксидазы входят 4 атома селена [18].

Итогом действия системы антиоксидантной защиты является реакция перекисного окисления липидов мембран (ПОЛ). В нашем исследовании мы определяли содержание малонового диальдегида (МДА) – конечного продукта перекисного окисления липидов мембран. Полученные результаты (рис.4) свидетельствуют о том, что разборка тубулинового цитоскелета не оказала отрицательного действия на целостность мембран, а напротив, снизила перекисное окисление фосфолипидов, входящих в их состав, что проявилось в уменьшении количества малонового диальдегида. Однако в наших предыдущих исследованиях [19] отмечена активация первичного этапа процесса ПОЛ в варианте с колхицином.

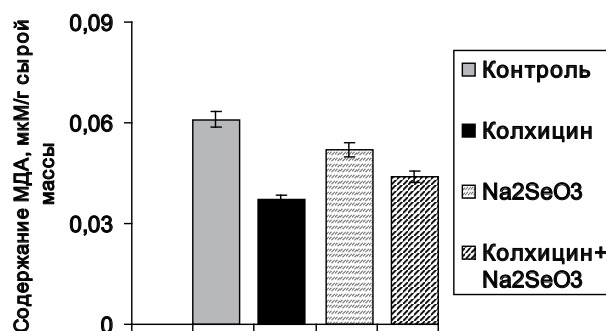


Рис. 4. Влияние колхицина и селенит-иона на содержание МДА в листьях.

Можно, заключить, что деструкция микротрубочек вначале усиливает реакции ПОЛ, а в конечном итоге – снижает. Возможно, это обусловлено тем, что на первичных этапах ингибируется работа антиоксидантного фермента – пероксидазы, а затем накапливается аминокислота пролин. В литературе имеются сведения о реализации антиоксидантной функции пролина на более поздних этапах по сравнению с ферментами антиоксидантной защиты [12].

В условиях целостного тубулинового цитоскелета селенит-ион, так же как и колхицин, снизил реакцию ПОЛ против контроля, но в меньшей степени, а при совместном действии колхицина и селенита натрия наблюдалось снижение содержания МДА в большей степени по сравнению с вариантом  $Na_2SeO_3$ .

Таким образом, нарушение целостности тубу-

линового цитоскелета колхицином способствует накоплению в растении картофеля низкомолекулярных антиоксидантов – пролина и каротиноидов; снижает активность антиоксидантного фермента пероксидазы; уменьшает содержание малонового диальдегида – конечного продукта перекисного окисления липидов мембран. При совместном

применении колхицина и антиоксиданта селена наблюдается антагонизм в их действии на содержание пролина и каротиноидов. В условиях деструкции микротрубочек селенит не повлиял на активность каталазы и пероксидазы, но несколько повысил уровень малонового диальдегида.

#### Библиографический список

1. Хохлова Л.П., Макарова М.В. Реорганизация цитоскелета при действии на растения низких температур. Учёные записки Казанского государственного университета. 2006. Т.148, кн. 3. С. 65–88.
2. Rikin A., Atsmon D., Gitler C. Quantitation of chill-induced release of a tubulin – likefactor its prevention by abscisic acid in *Gossypium hirsutum* L. // *Plant Physiol.* 1983. V. 712. P. 747–748.
3. Jian L.C., Sun L.H., Lin Z.P. Studies on microtubule cold stability in relation to plant cold hardiness // *Acta Bot. Sin.* 1989. V. 31. P. 737–741.
4. Bartolo M.E., Carter J.V. Microtubules in mesophyll cell of nonacclimated and coldacclimated spinach, visualization and responses to freezing, low temperature and dehydration // *Plant Phystol.* 1991. V. 97, No 1. P. 175–181.
5. Chu B., Xin Z., Li P.H., Carter J.V. Depolymerization of cortical microtubules is not a primary cause of chilling injury in corn (*Zea mays* L. cv. black mexican sweet) suspension culture cells // *Plant, Cell and Environment.* 1992. V. 103. P. 371–377.
6. Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат. 1987. 430 с.
7. Гавриленко В.Д., Жигалова Т.В. Большой практикум по фотосинтезу. М.: издательский центр «Академия», 2003. 256 с.
8. Третьяков Н.Н. Практикум по физиологии растений. Под ред. Н.Н. Третьякова. М.: Агропромиздат. 1990. 271 с.
9. Стальная И.Д., Гаршвили Т.Г. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты. Современные методы в биохимии. М.: Медицина. 1977. С. 66-68.
10. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1980. 293 с.
11. Кузнецов Вл. В., Шевякова Н.И. Проллин при стрессе: биологическая роль, метаболизм, регуляция. Физиология растений. 1999. Т.46. С. 321-336.
12. Радюкина Н. Л., Шашукова А. В., Шевякова Н. И., Кузнецов Вл. В. Участие пролина в системе антиоксидантной защиты у шалфея при действии NaCl и параквата. Физиология растений. 2008. Т.55. № 5. С.721-730.
13. Вихрева В. А. Влияние селена на рост, развитие и адаптивный потенциал козлятника восточного (*Galaga orientalis*): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: МСХА. 2001. 28 с.
14. Солдатов С. А., Хрянин В. Н. Снижение содержания пролина у разных сортов конопли при температурном стрессе. Организация и регуляция физиолого-биохимических процессов: Межрегиональный сборник научных работ. Вып. 6. Воронеж. 2004. С. 144 – 151.
15. Солдатов С.А. Влияние селенита натрия на рост, развитие и проявление пола у двудомных растений конопли (*Cannabis sativa* L): Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М.: МСХА. 2005. 28 с.
16. Пузина Т. И., Цуканова М. А. Влияние почвенной засухи на гормональную и антиоксидантную системы *Solanum tuberosum* в зависимости от обработки селеном. Учёные записки Орловского государственного университета. Серия: естественные, технические и медицинские науки. 2008. № 2. С. 51 – 56.
17. Осипов А.П., Азизова О.А., Владимиров Ю.А. Активные формы кислорода и их роль в организме. Успехи биологической химии. 1990. Т. 31. №1. С. 25-32.
18. Кретович В.Л. Биохимия растений. М.: Высшая школа. 1980. 447 с.
19. Пузина Т. И., Ланцев В. Л., Власова Н. С. Индуцированные цитохалазином и колхицином изменения в энергетическом обмене и перекисном окислении липидов мембран у *Solanum tuberosum*. Учёные записки Орловского государственного университета. Серия: естественные, технические и медицинские науки. 2011. №5 (43). С. 109 – 113.



T. I. PUZINA, N.S. VLASOVA

THE ACTIVITY OF ANTIOXIDANT SYSTEM  
OF PLANTS *SOLANUM TUBEROSUM* IN THE CONDITIONS  
OF THE UNSTRUCTURED TUBULIN CYTOSKELETON

*Its were studied the activity of antioxidant system of the potato (*Solanum tuberosum* L.) in dependence by the integrity of microtubules. The plants, treated of 1 mM solution of colchicine – destructor of tubulin cytoskeleton had were characterized of the higher of content of low molecular antioxidants – proline and carotenoids, but lower activity of the peroxidase. On this phone had was decreased the process of lipid peroxidation of membranes. The enrichment of plants of antioxidant selenium in the conditions of the depolymerized microtubules (variant Colchicine + Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>) reduced the content of proline and carotenoids did not alter the activity of catalase and peroxidase and some increased the level of malondialdehyde.*

Key words: colchicine, microtubules, antioxidant selenium, proline, carotenoids, catalase, peroxidase, malondialdehyde.



**В.И. РАДЫГИНА**

доктор биологических наук, профессор  
 Орловского государственного университета  
 E-mail: gavrikovatatyana@mail.ru  
 Тел. 8 915 504 89 63, (4862) 41 84 99

**Н.М. ДЕРЖАВИНА**

доктор биологических наук, профессор  
 Орловского государственного университета  
 E-mail: d-nm@mail-ru  
 Тел. (4862) 43 30 00; 8 920 200 22 62

**О.А. ЛЕБКОВА**

аспирант Орловского государственного аграрного университета  
 Тел. 8 953 610 33 72

## НЕКОТОРЫЕ ГАЛЛЮЦИНОГЕННЫЕ ГРИБЫ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ И ИХ БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ\*

*Исследование грибов из группы агарикоидных гименомицетов (отдел Basidiomycota – Базидиомицота) позволили выявить на территории Орловской области некоторые виды, обладающие галлюциногенными свойствами. Отмечены их распространение в регионе и экология, токсические свойства, а также приведены характерные синдромы отравлений.*

*Ключевые слова:* базидиальные грибы, гименомицеты, токсины галлюциногены, синдромы отравления.

Под галлюциногенными грибами понимают группу грибов, плодовые тела которых способны синтезировать химические соединения (алкалоиды, аминокислоты и ряд других соединений), вызывающие расстройства центральной и периферической нервной системы человека, а также вещества, приводящие к летальным исходам.

С древних времен известны случаи, в том числе и коллективные, употребления в качестве галлюциногена мухоморов. В рукописях XVI-XVII веков есть упоминания о приеме грибов мексиканскими индейцами при ритуальных обрядах [3, 6, 8]. У народов Севера (чукчи, эвенки, коряки) шаманы до сих пор используют грибы с целью психологического воздействия на окружающих и для введения себя в кататоническое состояние, порой сравнимое с безумием. В средние века воинам перед сражением давали выпить раствор, содержащий вытяжку из мухоморов, с целью достижения состояния повышенной боевой готовности и эмоционального возбуждения [8, 11].

В настоящее время нередко приводятся краткие сведения о грибах-галлюциногенах из класса базидиомицетов в ряде монографий и учебных пособий [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 12].

Особого внимания заслуживает медицинская монография С. Г. Мусселиуса и А. А. Рык[8], посвя-

щенная вопросам клинической токсикологии, связанной с отравлениями при употреблении в пищу ядовитых грибов. В работе также представлены наиболее часто встречающиеся синдромы острых отравлений ядовитыми грибами и химизм токсинов. Динамика биохимических показателей при лечении отравлений токсинами отмечена Р.М. Wax et al. (1996) [цит. по 8].

Изучение галлюциногенных грибов, в том числе и на региональном уровне, – задача весьма актуальная, особенно в связи с распространением наркомании среда молодых людей.

На территории Орловской области специальными исследованиями галлюциногенных грибов, да и всей группы агарикоидных грибов, к которой они относятся, до сих пор никто не занимался. В популярных литературных источниках о них приводились лишь отдельные сведения. При этом основное внимание уделялось лишь некоторым съедобным, несъедобным и ядовитым видам грибов.

В последние годы появляются работы, выполненные на региональном уровне. В частности, В.П. Сошнина [10] исследовала микобиоту памятников природы Курской области. Автор приводит 3 вида галлюциногенных грибов.

В этой связи целью нашего исследования явилось исследование группы агарикоидных грибов на

\* Работа выполнена в рамках регионального проекта РФФИ р\_центр\_а №12-04-97507 «Создание биогеографической базы данных и информационно-поисковой системы – Базидиальные грибы Орловской области».

территории Орловской области.

В ходе работы нами выявлены 10 видов галлюциногенных грибов. Это следующие таксоны.

**Отдел Basidiomycota – Базидиомикота**  
**Семейство Amanitaceae – Мухоморовые**  
**Род Amanita Hooker – Мухомор**

**1. *A. muscaria* (Fr.) Kooker – М. красный**

Август – сентябрь. Хвойные, смешанные и лиственные леса. Образует микоризу преимущественно с березой и елью. Обычен по всей территории области. Встречается несколько цветовых вариаций *A. muscaria*, включающих желто-оранжевую и оранжевую [3]. Эти вариации встречаются нередко в западных районах области. Ядовит.

**2. *A. panterina* (Fr.) Secr. – М. пантерный**

Август – октябрь. Лиственные и хвойные леса. Обитает преимущественно на щелочных почвах. Встречается нередко. Ядовит.

**3. *A. phalloides* (Fr.) Secr. (*A. viridis* Pers.) – Бледная поганка**

Август – октябрь. Хвойные, лиственные и смешанные леса. Обыкновенно. Смертельно ядовит.

**4. *A. porphyria* (Alb. et Schwein) Fr.: Fr. – М. порфиновый, или серый**

Август – сентябрь. Встречается в хвойных и смешанных лесах. Отмечен в Знаменском районе, в окрестностях с. Пешково, на обочине дороги в сосновом лесу, во мху (08.09.2012, В. Радыгина, Н. Державина). Ядовит, содержит алкалоид буфотенин, обладающий слабым психотропным действием. Этот токсин считают одним из галлюциногенных начал, имеющих у мухомора красного [3].

**5. *A. virosa* (Fr.) Secr. – Поганка белая, или Мухомор вонючий**

Август-сентябрь. Образует микоризу с мягкими и твердыми породами деревьев. Нами отмечен на территории национального парка «Орловское поле-сье»: Пешковское лесничество, 25 квартал, смешанный лес зеленомошник (08.09.2012, В. Радыгина, Н. Державина). Прежде отмечался в Пешковском, Красниковском, Тургеневском и Михайловском лесничествах (11.08.2007, М. Абадонова, О. Лебкова) в смешанных и хвойных лесах-зеленомошниках с черникой, брусникой и на окраинах сфагновых заболоченных лесов. Изредка. Смертельно ядовит.

Систематизация отравлений ядовитыми грибами вышеназванных таксонов основана на определенных видах токсических веществ, входящих в их состав, а также на патологических синдромах отравлений [8].

Фаллоидиновый синдром развивается при употреблении грибов из рода Мухомор: бледной поганки и мухомора вонючего. Из них были выделены

токсические вещества: *фаллоидины и аманитотоксины*. Фаллоидины включают в себя следующие токсины: фаллоидин, фаллоин, профаллоин, фаллизин, фаллацин, фаллацидин, фаллизадин и др. Все соединения – циклопептиды, производные алкалоида гептапептида, содержащего аминокислоты.

Вторая группа токсических веществ – *аманитины*. Это сложные химические соединения белковой природы. В сушеной бледной поганке суммарное количество аманитотоксинов в 1 г составляет около 3 мг. Подсчитано, что летальная доза для взрослого человека с массой тела 70 кг составляет 7 мг. Такое количество токсинов содержится в 50–70 г свежей поганки [8].

В последние годы из бледной поганки выделены фаллин-протеиновой природы и схожие по химической структуре с фаллоидином виротоксины. Последние содержатся только в мухоморе вонючем и представляют собой циклические гептапептиды [13].

При тяжелой форме отравления жизнеугрожающими проявлениями фаллоидинового синдрома являются: коматозное состояние, печеночно-почечная и сердечно-сосудистая недостаточности и развитие острого гастероэнтероколита.

Психомиметические синдромы развиваются при употреблении грибов, воздействующих на нейросенсорные отделы коры головного мозга. В зависимости от этиофактора, патогенеза развития выделяют следующие психопатологические синдромы

1. Психотонический синдром.
2. Психодислептические синдромы:
  - псилоцибиновый (наркотический с синестическими галлюцинациями);
  - стерил-периновый (со зрительными галлюцинациями);
  - индоламиновый (со слуховыми галлюцинациями) [8].

Психотонический синдром развивается при употреблении мухомора красного и мухомора пантерного. В красном мухоморе содержатся холин и алкалоид мускарин, а также метилтетрагидрокарболин-карбоновая кислота. Последняя оказывает галлюциногенное действие. Иботеновая кислота повышает двигательную активность, в больших концентрациях вызывает судороги [3, 8].

У мухомора пантерного обнаружен алкалоид гиосциамин, близкий по строению к атропину. Интересно, что этот алкалоид встречается в тех или иных количествах у разных видов растений семейства пасленовых.

Псилоцибиновый синдром развивается при употреблении грибов рода *Muscena*, *Panaeolus* и *Psilocibe*.

**Семейство Hydnangiaceae****Род *Muscena* (Pers.) Roussel – Мицена****6. *M. pura* (Pers.: Fr.) P. Kumm – М. чистая**

Август-октябрь. Обитает на открытых пространствах, на богатых гумусом почвах. Гриб имеет запах редьки. Этот изменчивый гриб отличается разнообразной окраской в основном красноватых тонов. Таксон нуждается в дополнительном исследовании.

Очень редкий вид. Найден в Хотынецком районе, в окрестностях пос. Жудре, Тургеневского лесничества, 18 кв. (15.10.2008, М. Абадонова, О. Лебкова).

**Род *Panaeolus* Overeem et Weese – Панеолус****7. *P. sphinctrinus* (Fr.) Quel [*P. campanulatus* (Bull.: Fr.) Quel] – П. колокольчатый**

Июль – октябрь. Встречается после дождей на коровьем и лошадином навозе на тропинках, пастбищах, лесных полянах, а также на компостных кучах и т. д. Встречен в Хотынецком районе, пос. Жудре, на навозе (2007, М. Абадонова). Очень редко.

**Семейство Strophariaceae – Строфариевые****Род *Psilocybe* (Fr.) P. Kumm. - Псилоцибе****8. *P. semilanceolata* (Fr.) Kumm. – П. ланцетовидная**

Август – октябрь. Встречается среди травы на полях, в садах, вдоль дорог и т. п., часто в большом количестве, но не в пучках. Очень редко. Отмечалась для Хотынецкого района в 2009 г. (со слов М. Абадоновой). Встречаемость вида сомнительна. Нуждается в уточнении.

Стерил-пириновый синдром (со зрительными галлюцинациями) проявляется при употреблении в пищу строфари.

**Род *Stropharia* (Fr.) Quel – Строфария****9. *S. caerulea* (S. cyanea) Kreisel – С. синяя.**

Август – сентябрь. Этот вид встречается

чаще, чем *S. aeruginosa* [7, 8]. Обитает на лесных опушках во мху, на нарушенной почве. Нами была отмечена в Знаменском районе, в окрестностях п. Пешково, на территории национального парка «Орловское полесье», на обочине дороги в сосняке-зеленомошнике (11.09.2012, Н. Державина, В. Радыгина). Несъедобен. Д. Кибби [6] предполагает, что он ядовит.

**10. *S. aeruginosa* (Curtis: Fr.) Quel. – С. сине-зеленая**

Июнь – сентябрь. Встречается на почве, пнях, опаде в лесах, садах, лесополосах, среди органического мусора на свалках. Встречается изредка, чаще в западных районах. Отмечается как съедобный гриб, пригодный к употреблению только после отваривания. С. Г. Мусселиус и А. А. Рык [8] считают, что химическая структура этого гриба включает производные стерил-перона. Производное перона – меконовая кислота – токсичное вещество, входит в состав опиума. Механизм действия меконовой кислоты на организм человека малоизучен, тем не менее, воздействие на центральную нервную систему связывают именно с этим химическим соединением.

Таким образом, на территории Орловской области нами выделено 10 видов грибов-галлюциногенов. Два вида – *Amanita phalloides* и *A. virosa* – смертельно ядовиты.

Появление синдромов связано с токсинами, вырабатываемыми плодовыми телами грибов, принадлежащих к следующим таксонам: *Amanita*, *Psilocybe*, *Panaeolus*, *Muscena*, *Stropharia* и др. Первая помощь при отравлении галлюциногенными грибами во всех случаях одинакова. Она заключается в промывании желудка крепким соевым раствором и обильном питье. При появлении первых симптомов отравления пострадавший немедленно должен быть госпитализирован.

**Библиографический список**

1. Антонин В., Котлаба Ф. Грибы. Большая энциклопедия. Издательский дом Ридерс Дайджест, 2005.
2. Васильков Б. П. Съедобные и ядовитые грибы европейской части России. СПб.: Наука, 1995. 163 с.
3. Гарибова Л. В. Порядок агариковые (Agaricales). В кн.: Жизнь растений. Т. 2. Грибы. Под ред. проф. М.В. Горленко. М.: Просвещение, 1976. С. 260-316.
4. Гарибова Л. В., Лекомцева С. Н. Основа микологии. Учебное пособие. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005. 220 с.
5. Гарибова Л. В. Азбука грибника. М.: Дрофа-Плюс, 2006. 320 с.
6. Кибби Д. Атлас грибов. Определитель видов. Пер. с англ. Е. С. Попова. СПб: Амфора. ТИД Амфора, 2009. 269 с.
7. Лессо Т. Грибы: Определитель. Пер. с англ. Л. В. Гарибовой и С. Н. Лекомцевой. М.: ООО «Изд-во АСТ»: ООО «Изд-во Астрель», 2003. 304 с.
8. Мусселиус С. Г., Рык А. А. Отравление грибами. М., 2002. 324 с.

9. Сержанина Г. И. Лечебные свойства грибов. В кн.: Грибы наших лесов. Минск, 1970. С. 80-100.
10. Сошнина В. П. Микобиота памятников природы «Урочище Обжи» и «Черемша в урочище Среднем» Курской области // Флора и растительность Центрального Черноземья – 2007: Материалы научной конференции (г. Курск, 28 марта 2007 г.), Курск. 2007. С. 112-116.
11. Heim R. Les champignons toxiques et hallucinogrens. Boubée edit. Paris, 1975. 327p.
12. Michael E., Henning B. Handbuch für pilzfreunde. Jena: Gustav Fischer Verlag, 1971. T. 2.
13. Willand J., Faulstich H. Amatoxins, fallotoxins, phalloisin and antamanide: the biologically active components of poisonous Amanita mushrooms // CRC. Crit. Rev. Biochem. 1978. V. 5 №3. P. 185-260.

**V. I. RADYGINA, N. M. DERZHAVINA, O. A. LEBKOVA**

**SOME HALLUCINOGENIC MUSHROOMS OF THE ORYOL REGION  
AND THEIR BIOCHEMICAL PECULIARITIES**

*The investigation of fungi of the group of agaricales hymenomyceta (division Basidiomycota) with hallucinogenic properties on the territory of the Oryol region is conducted. Their distribution and ecology, the toxic properties, as well as the characteristic symptoms of poisoning in the region are established.*

*Key words: basidiomycota, hymenomyceta, toxic hallucinogens, syndrome of poisoning.*





**В.В. СИЛЮТИНА**

ассистент кафедры экологии и общей биологии  
Орловского государственного университета  
E-mail: vsilyutina@yandex.ru  
Тел. 8 953 624 62 99

**М.Г. КУРОЧИЦКАЯ**

кандидат биологических наук, доцент кафе-  
дры экологии и общей биологии Орловского го-  
сударственного университета  
E-mail: m.kuro4@yandex.ru  
Тел. 8 920 820 44 40

**Е.И. ГРЯДУНОВА**

аспирант Орловского государственного уни-  
верситета  
E-mail: Maleri9@rambler.ru  
Тел. 8 929 060 56 76

## АНАЛИЗ ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ\*

*В статье отражен анализ демографических процессов, произошедших в период с 2002 по 2011 годы: изменение численности городского и сельского населения, половозрастного состава, смертности и рождаемости, а также некоторые из причин, способствующие депопуляции населения Орловской области.*

Ключевые слова: население, демография, старение населения, естественная убыль.

С начала 90-х годов наша страна вступила в стадию демографического кризиса. Ситуация в области демографии характеризуется прежде всего высоким уровнем смертности и относительно низкой продолжительностью жизни населения, особенно мужского [3].

На 1 января 2012 года общая численность населения России составила 142,961 млн. человек. По среднему (наиболее вероятному) варианту прогноза Росстата, население России в 2031 году составит 139,04 млн. жителей, т.е. сократится на 3%. Если же ситуация будет развиваться неблагоприятно, население страны уменьшится до 126, 92 млн. человек (на 12 %) по сравнению с нынешними показателями. Согласно любому варианту прогноза, в России продолжится старение населения [6].

Для поддержания необходимой численности населения страны требуется проведение социально ориентированной экономической, экологической, активной семейной и демографической политики, направленной на снижение смертности, заболеваемости и увеличение продолжительности жизни человека, создание благоприятных условий для повышения качества жизни семей и наиболее полной реализации потребностей семей в детях, привлечение трудовой иммиграции и создание условий для закрепления мигрантов в России.

Все вышесказанное подтверждает важность

проблемы депопуляции населения и необходимость исследования ее причин в региональном разрезе, поскольку оценка тенденций демографических процессов для определения их социально-экономических последствий должна проводиться прежде всего на региональном уровне.

Численность постоянного населения Орловской области на 1 января 2012 года составила 781,3 тыс. человек, что на 86 тыс. человек (10%) меньше по сравнению с итогами Всероссийской переписи 2002 года (867,6 тыс. чел.). Количество проживающих в городских поселениях сократилось на 36 тыс. человек и составило 513,7 тыс. человек, численность жителей сельской местности уменьшилась на 50 тыс. человек и составила 267,6 тыс. человек [2]. Данные о численности постоянного населения Орловской области, в том числе городского и сельского, с 2002 по 1 января 2012 года представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Численность населения Орловской области в 2002 и на 01.01.2012

	Тыс. человек	
	2002	на 01.01.2012
Все население	860,3	781,3
Городское население	546,5	513,7
Сельское население	313,8	267,6

\* Работа выполнена при поддержке гранта РГНФ №12-16-57001

С 1990 года, т.е. до начала реформ 1992 года, в области наблюдается естественная убыль (по стране – с 1992 года). Идентичные тенденции наблюдаются и в соседних регионах: с 1990 года естественная убыль была зафиксирована в Калужской, Тульской, Курской и Липецкой областях, а с 1991 года – и в Брянской области.

Сокращение населения происходит, в основном, из-за естественной убыли (превышение числа умерших над числом родившихся) и миграционно-оттока жителей за пределы области.

Орловскую область относят к территориям, на которых процесс естественной убыли (- 4564) преобладает над миграционным приростом (253), но приток мигрантов невелик из-за экономической непривлекательности региона, а также близкого расположения к Москве. Кроме этого, в последние годы произошло сокращение миграционных процессов, поэтому в данный момент времени миграция практически не играет роли в формировании численности населения Орловского региона [5].

Наиболее характерной чертой процесса формирования населения Орловского региона в настоящее время являются изменения в структуре населения. Наиболее важным, с точки зрения экономики, является разделение населения на городское и сельское. Так, доля городского населения увеличилась с 63% в 2002 до 66% в 2011 году (по России – до 73%), а доля сельского населения соответственно снизилась с 37% до 34% (таблица 1), причем, уменьшение численности сельского населения идет более быстрыми темпами, чем городского, что также приводит к изменению в структуре населения [1].

Городское население Орловского региона распределено крайне неравномерно. Основная его часть проживает в 20 городских населенных пунктах (городах и поселках городского типа). В областном центре сосредоточена преобладающая часть горожан – 61,7% от общего числа городских жителей [6]. В городах проживает 84,5% городского населения (в 2002 г. – 84,3%), остальное население живет в поселках городского типа (таблица 2).

Концентрация населения в крупных населенных пунктах вызвана разными причинами и, прежде всего, стремлением населения улучшить свои социальные условия, что в свою очередь приводит к более интенсивному развитию инфраструктуры населенных пунктов, средств коммуникации, повышению комфортности жилищ и среды обитания в целом.

При этом сложившиеся тенденции в области воспроизводства населения в сельской местности вызывают крайнюю тревогу и озабоченность, поскольку на протяжении многих лет численность

сельского населения постепенно сокращается из-за естественной убыли, обусловленной, прежде всего, «вымиранием» стареющего сельского населения и миграцией молодежи из сельской местности в города. При этом для сельских населенных пунктов с малым числом жителей процесс выезда их жителей в города ведет к негативным последствиям и, в первую очередь, к старению и разрушению системы жизнеобеспечения населенных пунктов, что делает проживание в этих районах менее комфортным и приводит к еще большему оттоку жителей.

Таблица 2.

Численность городского и сельского населения по населенным пунктам

Группировка городских населенных пунктов	Число городских населенных пунктов		Число жителей в них, тыс. человек		Число жителей, в % к итогу	
	2002	2011	2002	2011	2002	2011
Всего городов	7	7	460,6	435,6	100,0	100,0
из них с числом жителей (тыс. человек):						
до 5	2	2	8,0	7,3	1,7	1,7
от 5 до 10	1	1	6,5	5,7	1,4	1,3
от 10 до 20	1	1	12,2	11,4	2,6	2,6
от 20 до 50	1	1	47,8	43,2	10,4	9,9
от 50 до 100	1	1	52,8	50,3	11,5	11,6
250 и более	1	1	333,3	317,7	72,4	72,9
Всего поселков городского типа	13	13	85,9	79,8	100,0	100,0
из них с числом жителей (тыс. человек):						
до 5	4	5	17,5	20,4	20,3	25,6
от 5 до 10	8	7	56,3	47,4	65,6	59,4
от 10 до 20	1	1	12,1	12,0	14,1	15,0

Еще одной причиной, приводящей к оттоку молодежи из сельской местности, является низкая заработная плата в сельском хозяйстве по отношению к другим отраслям экономики и несвоевременная ее выплата. Хотя средняя зарплата на 1 работника в 2011 году по сравнению с 2002 (904,3 рубля) значительно выросла и составила 11684, 5 рублей, но это на 20% ниже среднеобластного уровня. Наряду с экономическими показателями большое влияние на демографические проблемы в сельской местности оказывает социальная и инженерная инфраструктура. В 2011 году уровень благоустройства сельских населенных пунктов водопроводом составлял 53%, канализацией – 44%, газовыми сетями – 89% , что несопоставимо с городскими условиями жизни [1].

В настоящее время Орловская область ориентирована на аграрный сектор и в экономике области

значительна доля сельского хозяйства. Снижение же численности сельского населения автоматически приводит к снижению численности занятых в сельскохозяйственном производстве, что, безусловно, негативно сказывается на развитии сельскохозяйственной отрасли.

За период с 2002 по 2011 год число сельских населенных пунктов сократилось на 132 и составило 2922. Это произошло за счет ликвидации пустующих населенных пунктов в связи с естественной убылью и миграционным оттоком жителей в другие населенные пункты. По сравнению с 2002 годом число пустующих деревень в 2011 году увеличилось в 1,7 раза и с численностью жителей от 1 до 10 человек – в 1,2 раза (таблица 3). Почти половина сельского населения (46,6%) проживает в населенных пунктах с числом жителей от 101 до 500 человек.

По половому составу в целом по региону численность женщин превышает численность мужчин на 76,2 тыс. человек. В процентном соотношении численность мужского населения составляет 45%, а женского соответственно 55%.

На 1000 мужчин в 2002 году приходилось 1193, а в 2011 году - 1215 женщин. Такое соотношение полов связано с высокой смертностью мужчин, особенно в трудоспособном возрасте [2].

Женская часть населения во всех городах и

районах области составляет 55% от общей численности населения. Преобладание численности женщин отмечается в возрасте 19-25 лет и с 29-летнего возраста.

Произошли изменения и в возрастном составе населения. Средний возраст жителей области увеличился на 1,3 года и составил 41,1 года (в 2002 г. – 39,8 лет).

Происходит сокращение численности и доли детей и демографическое старение населения. Число детей и подростков сократилось в 2011 году на 27,8 тыс. человек (на 20,3 %), по сравнению с 2000 годом на 41,4 тыс., но рост рождаемости в последние годы привел к увеличению числа детей в возрасте от 0 до 4 лет на 6,5 тыс. человек (таблица 4).

Численность населения в трудоспособном возрасте за период с 2002 по 1 января 2012 года сократилась на 40,3 тыс. человек (на 7,9%). Число лиц старше трудоспособного возраста уменьшилось на 6,3 тыс. человек (на 3 %). Снижение численности населения моложе трудоспособного возраста привело к сокращению показателя демографической нагрузки (числа лиц нетрудоспособного возраста, приходящихся на население трудоспособного возраста). Однако, для городского населения этот показатель вырос за счет увеличения нагрузки на трудоспособное население лицами старше трудоспособного возраста [2].

Таблица 3.

Распределение сельского населения

Группировка сельских населенных пунктов	Число сельских населенных пунктов		Число жителей в них, тыс. человек		2011 в % к 2002	Число жителей, в % к итогу	
	2002	2011	2002	2011		2002	2011
Всего сельских населенных пунктов	3054	2922	313,8	271,5	86,5	100,0	100,0
из них с числом жителей (человек):							
0	199	344	-	-	-	-	-
1 – 10	692	814	3,7	3,7	102,3	1,2	1,4
11 – 50	1067	820	27,8	20,3	73,0	8,8	7,5
51 – 100	392	313	28,3	22,4	79,1	9,0	8,2
101 – 500	580	532	138,0	126,4	91,6	44,0	46,6
501 – 1000	91	63	59,2	40,0	67,6	18,9	14,7
1001 – 3000	32	36	53,7	58,7	109,2	17,1	21,6
3001 и более	1	-	3,1	-	-	1,0	-

Таблица 4.

Распределение населения по трудоспособности

	Тыс. человек		Доля в общей численности населения, %	
	2002	2011	2002	2011
Все население в возрасте <sup>1</sup> :			100,0	100,0
моложе трудоспособного	145,0	116,0	16,9	14,9
трудоспособном	508,7	461,0	59,1	59
старше трудоспособного	206,4	204,0	24,0	26,1

Общие коэффициенты рождаемости, смертности и естественной убыли населения Орловской области в период с 2001 по 2011 г. (на 1000 человек) в сравнении с общероссийскими показателями.

В 2011 году в области умерло 12768 человек, родилось живыми 8204 ребенка. Уровень рождаемости по сравнению с 2010 годом снизился и составил 10,5 на 1000 населения (в 2010 – 11,0) (рисунок 1). В пределах области наиболее низкая рождаемость отмечена в Колпнянском (9,9), Сосковском (9,4), Шаблыкинском (9,1) районах и в г. Орле (8,2). В 18 районах показатель выше среднеобластного. Самые высокие показатели в следующих районах: Дмитровский (17,5), Малоархангельский (16,7), Болховский (14,7), Залогощенский (14,3) и другие [7].

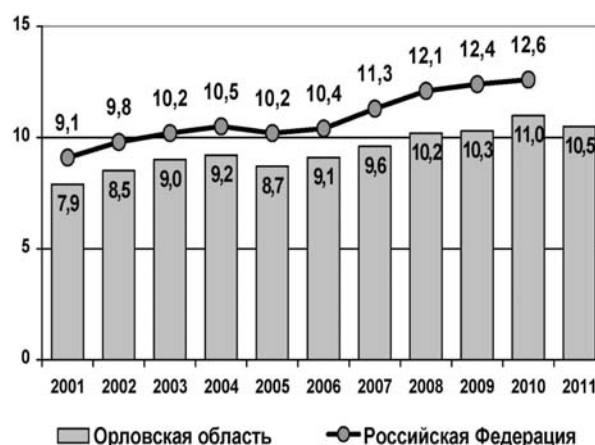
Смертность в Орловской области в 2011 году понизилась и составила 16,3 на 1000 населения (2010 – 17,4, 2009 г. – 16,6).

Таким образом, проведенные исследования показали, что тревожное положение демографической обстановки в Орловской области складывалось на протяжении достаточно длительного времени, а с начала 90-х годов ее развитие усугубила, прежде всего, социально-экономическая нестабильность, вызванная проводимыми преобразованиями нашего общества. В результате Орловская область переживает демографический кризис, вызванный сокращением численности населения, особенностью которого является то, что происходит не только сужение базы воспроизводства, но и достаточно высокие потери населения по всей возрастной шкале из-за смертности, главным образом мужского населения в трудоспособном возрасте [5].

<sup>1</sup> Население моложе трудоспособного возраста – дети и подростки в возрасте до 16 лет; в трудоспособном возрасте – мужчины 16-59 лет, женщины – 16-54 года; старше трудоспособного возраста – мужчины 60 лет и более, женщины 55 лет и более.

В связи с этим в области, помимо стимулирования рождаемости и привлечения мигрантов, необходимо проводить более развернутое изучение факторов, обуславливающих существующую демографическую ситуацию, с целью снижения половозрастной смертности, особенно у мужчин, что позволит своевременно выявлять и предотвращать проблемы со здоровьем и снизить риск смертности от большинства причин. [4].

Рождаемость



Смертность



Рис. 1. Общие коэффициенты рождаемости и смертности населения Орловской области в период с 2001 по 2011 год (на 1000) человек в сравнении с общероссийскими показателями

## Библиографический список

1. *Акимова Л.И., Андреюк М.В., Дмитриева Н.Е. и др.* Орловская область. 2000, 2005-2011: статистический сборник. Орел: Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Орловской области, 2012.
2. *Л.И. Акимова.* Основные итоги Всероссийской переписи населения 2010 год по Орловской области: доклад. Орел: Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Орловской области, 2012.
3. *Антонов А.И.* Динамика населения России в XXI веке и приоритеты демографической политики. М.: Изд. дом Ключ-С.
4. *Вяльцина Н.Е., Боев В.М., Верецагин Н.Н. и др.* Оценка вклада факторов среды обитания в формирование демографической ситуации на региональном уровне. Гигиена и санитария 2009; 4. С. 20-22
5. *Смагина И.В.* Статистический анализ демографических процессов в Орловской области на фоне депопуляции населения России. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата наук. Москва, 2007.
6. <http://www.gks.ru>
7. <http://www.orel.gks.ru>

**V.V. SILYUTINA, M.G. KUROCHITSKAYA, E.I. GRYADUNOVA**

**THE ANALYSIS OF THE DEMOGRAPHIC SITUATION IN THE OREL REGION**

*The paper presents an analysis of demographic processes that occurred in the period from 2002 to 2011: changes in the urban and rural population, age and sex composition, mortality, fertility and some of the reasons for the depopulation of the Oryol region.*

*Key words: population, demography, population aging, the natural decline.*





**Н.С. СТУПАКОВА**

аспирант кафедры ботаники, физиологии и биохимии растений Орловского государственного университета

E-mail: [stupakova\\_nataliya@mail.ru](mailto:stupakova_nataliya@mail.ru)

Тел. 8 903 880 63 24

**Т.А. ЦУЦУПА**

кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники, физиологии и биохимии растений Орловского государственного университета

E-mail: [tsutsupa@mail.ru](mailto:tsutsupa@mail.ru)

Тел. 8 906 569 36 29

## СТАНОВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННОЙ ФОРМЫ *MEDICAGO LUPULINA* L. (СЕМ. LEGUMINOSAE) В ПРОЦЕССЕ ОНТОГЕНЕЗА

*Дан анализ большого жизненного цикла Medicago lupulina L., выделено три периода онтогенеза и шесть возрастных состояний. Полученные данные позволяют характеризовать данный вид как стержнекорневой однолетний монокарпик или двулетний бикарпик с восходящими, приподнимающимися или прямостоячими моноциклическими, полурозеточными побегами и мономорфными корнями. Среди однолетников выделены озимые и яровые формы.*

*Ключевые слова:* биоморфологический анализ, жизненные формы, периоды онтогенеза, возрастные состояния, полиморфизм.

В свете нового подхода к вопросу о сбалансированном питании сельскохозяйственных животных остро встает необходимость изучения биохимических, экологических и биологических особенностей различных кормовых культур и растений из дикой флоры.

Эти данные позволят определить хозяйственную ценность растений и возможность управления процессами подбора видов для формирования агрофитоценозов с желаемыми признаками (Цуцупа, 2001).

В связи с этим интерес вызывают бобовые растения, составляющие неотъемлемый и ценный компонент травостоя пастбищ и сенокосных угодий. Особого внимания заслуживают виды люцерны (*Medicago* L.), многие из которых являются ценнообразователями. При этом равнозначное кормовое значение могут иметь многолетники, малолетники и однолетники.

Нами исследован вид *Medicago lupulina* L.

Род *Medicago* L. относится к трибе Trifolieae семейства Leguminosae и включает около 60 видов одно- и многолетних трав (Flora Europaea, 1968). Представители рода распространены в умеренно теплых и субтропических областях Евразии и Африки, но преимущественно в странах Средиземноморья и юго-западной Азии (Васильченко, 1987).

*Medicago lupulina* L. – травянистое однодвулетнее (Yakovlev, 1996) или многолетнее

(Синская, 1950) растение, обычно до 20 см в высоту (Губанов, 2003) с восходящими, простертыми (Yakovlev, 1996) или многочисленными тонкими лежачими стеблями. При достаточном увлажнении побеги в кусте многочисленные и хорошо облиственные, достигающие 50-60 см длины (Васильченко, Ларин, 1951). 2N = 16, 32 (Губанов, 2003, Васильченко, 1987).

Распространена в Белоруссии, Прибалтике, Молдавии, Европейской части России, Украине, Армении, Азербайджане, Грузии, Северном Кавказе, Казахстане, Средней Азии, в Сибирской части России, Монголии, Дальневосточной части России (Yakovlev, 1996); в Скандинавии, Средиземноморье, Малой Азии, Иране, Гималайях, Японии, Китае, Северной Америке (заносное) (Васильченко, 1987).

Основные места обитания: луга, поляны и опушки, мезофитные кустарники, рудеральные местообитания, равнины, нижний и средний горный пояс, субальпийский и альпийский пояс (Гроссгейм, 1952). Иногда также на меловых или известковых отложениях (Маевский, 2006), в галечниковых речных долинах (Васильченко, Ларин, 1951), песчаных карьерах, иногда в посевах (Цвелев, 2000).

Имеет определенную кормовую ценность и используется в травяных смесях (с другими видами люцерны и с клевером), особенно в качестве отавного растения (Гроссгейм, 1945, Губанов, 2003).

Медоносное (Соколов, 1987), сорное (Синская, 1950).

Вопрос о жизненной форме люцерны хмелевидной до настоящего времени остается открытым. По мнению М.Р. Расуловой (1958), Э. Абдуллажанова (1969), Ю.М. Писковацкого (1999), а также N. Britton, H.A. Brown (1936), данный вид – исключительно однолетнее растение. И.М. Культиасов, Н.М. Григорьева (1978), И.Т. Васильченко (1987), В.И. Курбатский (1994), Yakovlev G.P. Etc. (1996), П.Ф. Медведев (1959) рассматривают *M. lupulina* в качестве однолетнего и (или) двулетнего растения. По T.G. Tutin with other (1968), – это однолетнее или короткоживущее многолетнее растение. В.И. Грубов (1982) кроме однолетних типов выделяет и многолетние. «Определитель растений Средней Азии» Р.В. Камелин (1981) описывает люцерну хмелевидную как однолетник, двулетник и, редко, многолетник, этого же мнения придерживаются и Е.Н. Синская (1950), Zohary (1972), K. Lesins and I. Lesins (1979). P.H. Davis (1970) считает, что этот вид представлен, в основном, одно- или многолетниками и лишь иногда двулетниками. J.H. Lock and K. Simpson (1991) отмечают лишь многолетние типы.

И.Т. Васильченко и И.В. Ларин (1951) отнесли люцерну хмелевидную к типу двулетника – с относительно утолщенным, но менее мощным, чем у многолетников, корнем, – способную развиваться по типу многолетников (при неизученных условиях) или, наоборот, заканчивать своё развитие в один год. Многолетние типы этого вида иногда выделяются в особую разновидность. Некоторые авторы считают, что правильнее в данном случае говорить не о многолетниках, а о 2-3-летних перезимовывающих (*var. perennans* Grossh.). П.Ф. Медведев (1959), проводя наблюдения над люцерной хмелевидной, пришел к выводу, что данный вид в северо-западной зоне является типичным однолетником, т. к. ни одно растение весеннего посева на следующую весну не возобновляло свой рост. Однако, в естественных условиях Ленинградской области у *M. lupulina* наблюдались случаи перезимовки. Видимо, это связано с густым травостоем, укрывающим почву. Ко времени наступления зимы некоторые растения формировали молодые розетки, отрастающие от нижних стеблевых почек. Эти розетки имели самостоятельную корневую систему. Прижатые к почве побеги могли с осени образовывать в узлах молодые придаточные корни, а с весны на этих узлах формировались новые розетки. И из семян летнего срока созревания могли развиваться растения, сохраняющие свои подземные органы под покровом других растений, а после перезимовки они становились как бы озимыми. По данным

Л. В. Новоселовой (2003), у люцерны хмелевидной в Прикамье возможны три типа онтогенеза: однолетний монокарпик, двулетний монокарпик и двулетний бикарпик. Среднее содержание двулетних форм в изученных биотопах составило 28,02%. Как указывал П.Ф. Медведев (1959), для Ленинградской области, так и в Прикамье случаи перезимовки были связаны с покровными растениями – донником, клевером, злаками.

K. Lesins, I. Lesins (1979) при выращивании данного вида в теплицах не обнаруживали растений, которые погибли бы после плодоношения. Вследствие чего авторы приходят к выводу о том, что у данного вида определенные условия среды обуславливают многолетний, двулетний или однолетний жизненный цикл. Это находит подтверждение в их последующих исследованиях в Иране и Марокко, где были найдены многолетние формы *M. lupulina*, которые кажутся преобладающими. Согласно классификации Урбана (1873) это была *var. siruniana* с железистыми волосками на плоде и вегетативной части.

Таким образом, большинство авторов считают, что люцерна хмелевидная – это однолетнее, двулетнее и многолетнее растение. Разногласия возникают лишь по поводу преобладания той или иной формы.

А.А. Гроссгейм (1945, 1952), О.А. Энден (1950) сходятся во мнении, что такие признаки как продолжительность жизни и опушение бобов позволяют выделить внутри этого вида три вариации:

– *var. vulgaris* C.Koch. – боб совершенно голый или покрыт простыми нечленистыми волосками или покрыт точками и волосками, но никогда не имеет развитого членистого опушения, эту разновидность выделяет и И.Т. Васильченко (1987), но называет её типовой разновидностью – *var. lupulina*. Однолетник. Встречается на лугах, в кустарниках, по опушкам, на травянистых склонах;

– *var. willdenowii* Bonn. – бобы более или менее обильно покрыты членистыми железистыми волосками. Кроме железистых волосков иногда развито паутинисто-волоконистое опушение, Железки находятся также в соцветиях, на верхних листьях и стеблях. И.Т. Васильченко (1987) для этой разновидности отмечает бобы, покрытые простыми и железистыми волосками. Однолетник. Встречается на лугах, в кустарниках, по опушкам, на галечниках, на юге преимущественно в долинах рек. Более мезофильна, чем *var. vulgaris*;

– *var. perennans* Grossh. – многолетнее растение, с многочисленными стеблями, внизу почти деревянистое. Нижние междоузлия укороченные; стебли низкие и часто расстилающиеся по земле. Встречается на сухих склонах, по опушкам роц, в

кустарниках, по галечнику, в руслах рек. Об опушении бобов var. *perennans* Grossh. ничего не сказано.

Е.Н. Синская (1950) отмечает, что в Закавказье встречаются многолетние и однолетние формы *M. lupulina* как с почти голыми бобами, так и покрытыми железистыми волосками. По ее мнению, этот признак, очевидно, не связан с продолжительностью жизни растений.

Первый монограф рода *Medicago* Урбан (1873) разграничивал разновидности люцерны хмелевидной по форме цветка, характеру опушения и продолжительности жизни (цит. по: Синская, 1950):

– var. *typica* Urb. – флаг превышает не более чем на  $\frac{3}{4}$  длину всей чашечки. Растение одно-, дву-летнее, редко многолетнее. К этой разновидности относится 2 формы:

*willdenowii* Bonningh. – бобы обильно покрыты членистыми железистыми волосками, иногда опушение смешанное;

*stipularis* (Wallr.) Urb. – прилистники широкояйцевидные.

– var. *cupaniana* Cuss. – флаг более чем вдвое длиннее чашечки. Растение многолетнее. Боб железисто-опушенный.

К. Lesins and I. Lesins (1979) считают, что такое подразделение люцерны хмелевидной приемлемо, хотя пропорции длины паруса относительно чашечки, использованные Урбаном как основная характеристика для различия между ее разновидностями, не вполне удовлетворительна.

Кроме того, Урбан приводит несколько редко встречающихся форм:

– f. *leiocarpa* Guss. – многолетняя разновидность *cupaniana*, бобы голые или опушенные простыми волосками. Таким образом, в Западной Европе среди многолетних форм встречаются растения и с голыми бобами, и с железисто-опушенными (Синская, 1950);

– f. *corymbosa* Ser. in D.C. – соцветия сжатые, щитковидные;

– f. *polistachya* Ser. in D.C. – кисти конечные, сучены на главном и боковых стеблях;

– f. *unguiculata* Ser. in D.C. – цветки позеленевшие, лепестки укороченные или их нет, бобы серповидные. Е.Н. Синская (1950) полагает, что странная форма бобов говорит о повреждении их какими-то насекомыми.

Н.Н. Цвелев (2000) выделяет на территории Ленинградской, Псковской и Новгородской областей следующие разновидности:

– var. *willdenowii* Voenn. [subsp. *willdenowiana* (Koch) Sojak] с бобами, покрытыми простыми и железистыми волосками (а не только простыми);

– очень редка var. *glanduligera* Ahlfv. с желези-

стыми не только плодами, но и соцветием с верхним листом.

Таким образом, большинство исследователей при разграничении разновидностей люцерны хмелевидной опираются на вариации опушения плодов и лишь в некоторых случаях соцветия. К сожалению, нигде не указан характер опушения остальных органов.

Исходя из вышесказанного, перед нами была поставлена задача – проследить становление биоморфы *M. lupulina* в процессе онтогенеза на территории Орловской области как в дикой природе, так и условиях полевого опыта. Определить степень корреляции таких признаков как характер опушения и продолжительность жизни растений данного вида. Установить разновидности люцерны хмелевидной, произрастающие на территории Орловской области, опираясь на предложенные выше классификации.

Растения люцерны хмелевидной из различных луговых фитоценозов были собраны в период ее вегетации с мая по январь. Из каждой популяции было изъято не менее 5 экземпляров. Морфологические рисунки выполнялись как в полевых условиях, так и в лабораторных с гербарных образцов.

На опытном участке были заложены делянки площадью 1м<sup>2</sup> в пятикратной повторности. Расстояние между рядками составляло 45 см, между делянками – 70 см. Из растений, собранных в гербарии, был составлен онтогенетический ряд, познакомиться с которым можно в гербарии Орловского госуниверситета им В.Н. Хитрово (ОНИИ).

В большом жизненном цикле *M. lupulina* нами выделено три периода онтогенеза и шесть возрастных состояний.

#### Латентный период (se)

Плоды созревают в июне-октябре. Плод – односемянный нераскрывающийся почковидный боб, скульптурированный продольными дугообразными жилками, покрыт железистыми волосками с примесью простых, 2-3 мм длиной, около 1 мм шириной. Зрелый – черный. Семена овальные, сплюснутые, гладкие, желтые или зеленовато-желтые, нераскрывающиеся. Изогнутый зародыш, дифференцированный на зародышевый корешок и зародышевый побег, состоящий из гипокотила, двух семядолей и расположенной между ними почечкой с одним листовым примордием, окружен узким слоем эндосперма (Рис. 1). Длина семядолей вдвое превышает длину осевой части зародыша.

Лабораторная всхожесть семян 5-10 %, полевая – 5 %, при скарификации – до 90 %, что обусловлено твердосемянностью люцерны. Это подтверждает результаты, полученные М.А. Ивановой (1956),

которая также отмечала низкий процент всхожести нескарифицированных семян. По данным исследования А.И. Шишкина (1964), люцерна хмелевидная имеет много (до 53%) твердых семян, прорастающих после перезимовки. Наибольшая всхожесть наблюдалась им при осенних посевах; при весенних – массовые всходы появлялись лишь весной следующего года.

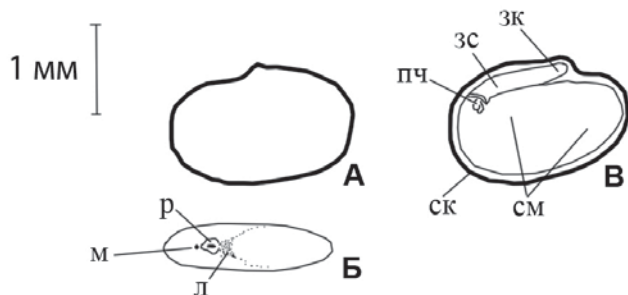


Рис. 1. Семена *Medicago lupulina*: А – вид сбоку; Б – вид со стороны рубчика; В – строение зародыша. зк – зародышевый корешок, зс – зародышевый стебелек, л – линза, м – микропиле, пч – почечка, р – рубчик, ск – семенная кожура, см – семядоля.

### Виргинильный период

**Проростки (pl).** Всходы появляются в начале мая через 8-13 дней после посева. Прорастание наземное гипокотиллярное. Первым трогается в рост зародышевый корешок, удлинняющийся до 1-2 см, не ветвящийся, снабженный многочисленными корневыми волосками. Гипокотиль достигает длины от 1,5 до 4,0 см. Он высвобождает семядоли из семенной кожуры и выносит их на поверхность почвы (Рис.2, А). Семядоли короткочерешковые, пластинки удлинненно-овальные, зеленые, длиной – 3,5-4 мм, шириной – 2 мм, жилкование перисто-сетчатое. Черешки семядолей срастаются в семядольную трубку длиной 0,5-1 мм. У проростков в верхушечной почке закладывается второй листовой примордий.

**Ювенильные растения (j).** Особи ювенильной фазы развития характеризуются формированием укороченного (розеточного) побега, включающего от 3 до 4 междоузлий. Семядоли фотосинтезирующие, длиной 3,5-5 мм, шириной – 2-3 мм (Рис.2, Б).

Первый лист однолисточковый, имеет развитый терминальный листочек, на что указывает наличие черешочка и отделительного слоя между ним и черешком листа. Латеральные листочки редуцированы. Следовательно, первый лист не является простым. Пластинка терминального листочка широкоовальная, длиной 4-5 мм, шириной – 6-7 мм, с округлым основанием, верхушка пластинки слегка выемчатая с зубцом, которым закачивается средняя

жилка. Край листовой пластинки – в верхней части зубчатый. Длина черешка – 1,2-1,5 см. Опушение листа из простых кроющих волосков или смешанное с примесью железистых.

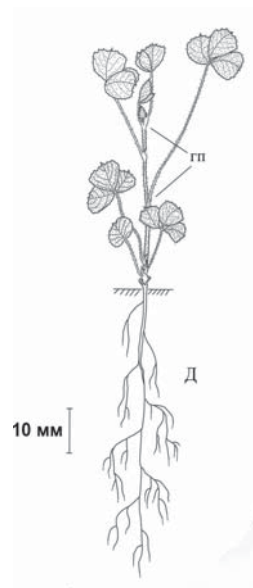
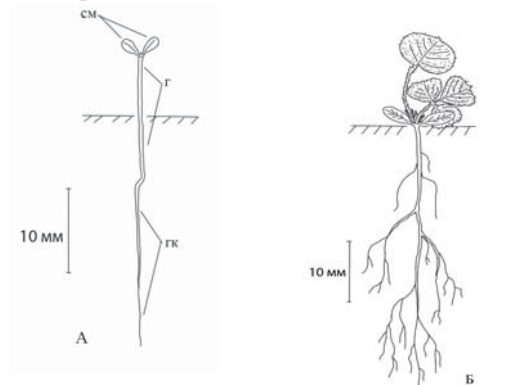


Рис. 2. Возрастной ряд *M. lupulina*: А – проросток; Б – ювенильное растение; В – иматурное растение весеннего посева; Г – иматурное растение летнего посева; Д – виргинильное растение. г – гипокотиль, гк – главный корень, гп – главный побег, рбп – розеточные боковые побеги, см – семядоли.



Второй лист – тройчатосложный. Латеральные листочки отстоят от терминального на 1,5 – 2 мм. Пластинки листочков обратно широкояйцевидные с округлым основанием, цельнокрайние, с зубчатым краем в их верхней части, выемчатой верхушкой и зубцом, которым закачивается средняя жилка. Длина пластинки терминального листочка 5-8 мм, ширина 5-7 мм. Длина листовых пластинок латеральных листочков – 4-6, ширина – 4-7 мм. Листья опушены кроющими волосками или с примесью железистых. Прилистники пленчатые, боковые, на ½ приросшие к черешку, свободный край заостренный, цельнокрайний или с зубцами. Черешки достигают длины 1,5 – 3 см. Все последующие листья – тройчатосложные.

Корень ветвится до боковых корней 3-го порядка и достигает длины 6-10 см. Гипокотиль вытягивается в почву благодаря контрактильной способности главного корня. На гипокотиле некоторых особей формируются придаточные корни. Корневая система ювенильных растений – стержневого или смешанного типа. В данном возрастном состоянии растения находятся 7-10 дней.

Имматурные растения (im) характеризуются заложением боковых почек в пазухах второго и последующих листьев. Семядоли и первый лист постепенно отмирают, в их пазухах боковые почки не закладываются. Главный побег включает от 7 до 9 укороченных междоузлий. Листья тройчатосложные, пластинки листочков обратно широкояйцевидные с округлым основанием, зубчатым краем, выемчатой верхушкой и зубцом – продолжением средней жилки. Длина листовой пластинки терминального листочка 7-8 мм, ширина 7-8 мм, латеральных соответственно – 5-7 и 4-6 мм. Опушение из простых кроющих волосков или смешанное, с примесью железистых. Главный корень интенсивно ветвится и достигает длины 15-20 см.

При дальнейшем развитии имматурных растений из пазушных почек формируются боковые укороченные побеги с розетками листьев (Рис.2 Г), в некоторых случаях почки остаются в зачаточном состоянии (Рис.2, В). Главный побег у растений данного возрастного состояния остается укороченным. В большинстве случаев имматурное растение выглядит как система соподчиненных укороченных побегов – главного и боковых (в числе от 1 до 4). В таком состоянии растения весеннего посева пребывают 7-20 дней.

Особи, выросшие из семян в конце лета – начале осени, переживают неблагоприятный зимний период в фазе имматурных растений (Рис.5).

Виргинильные растения (v). Переход растений *M. lupulina* в данное возрастное состояние связан с

удлинением междоузлий главного и боковых побегов (Рис.2, Д). В ряде случаев, в структуре побегов можно выделить зону возобновления, зону торможения и формирующуюся зону обогащения.

Зона возобновления занимает 3-5 укороченных междоузлий, в пазухах листьев которой заложившиеся ранее боковые почки не реализуются в текущий вегетационный период. У растений, выросших из семян весеннего и летнего посевов, закладываются дополнительные почки и побеги возобновления в верхней части гипокотыля и в базальной части главного и боковых побегов.

В зону торможения входит от 1 до 7 междоузлий. Здесь, в пазухах листьев, боковые почки остаются в зачаточном состоянии, или из них формируются неразвивающиеся розеточные побеги с 2-3 листьями.

Зона обогащения характеризуется развитием паракладиев и заложением сериальных почек в пазухах листьев.

В дальнейшем, растения, имеющие подобную структуру побегов, развиваются как двулетники.

Нередко растения люцерны хмелевидной имеют побеги, лишенные зоны возобновления, в пазухах 2-4 нижних листьев формируются боковые побеги. Зона торможения занимает от 1 до 3 междоузлий. В зоне обогащения интенсивно формируются паракладии. В пазухах листьев закладываются сериальные почки. Растения с данной структурой побега проходят полный жизненный цикл в течение одного года.

Побеги всех растений прямостоячие или восходящие. Листья тройчатосложные, пластинки листочков обратноширокояйцевидные или обратнояйцевидные с округлым или клиновидным основанием, зубчатым краем в верхней части листовой пластинки, выемчатой верхушкой и зубцом. Длина черешка листа 3-4 см. Длина листовой пластинки терминального листочка 10-13 мм, ширина – 8-11 мм, латеральных соответственно – 7-9 и 5-10 мм. Прилистники боковые, на 1/3 приросшие к черешку, яйцевидно-ланцетные, широколанцетные или ланцетные, оттянуто-заостренные, с немногими зубцами или выемчато-зубчатые. В пазухах всех листьев зоны обогащения закладываются сериальные почки. Растение опушено простыми кроющими волосками или с примесью железистых.

В данном возрастном состоянии растения весеннего посева пребывают от 10 до 17 дней, растения летнего посева – переживают неблагоприятный зимний период.

### Генеративный период

Генеративные растения (g). К началу-середине июня растения вступают в фазу бутонизации, а за-



тем цветения (Рис. 3, А).

При летнем и осеннем посеве цветение наступает на следующий год в середине – конце мая. Из почек возобновления, заложившихся в базальной части побегов, и на гипокотиле таких растений формируются генеративные побеги, зацветающие в июне. Жизненный цикл охватывает период осенней вегетации, зимнего покоя и весенне-летне-осенней вегетации. С наступлением неблагоприятных условий растения люцерны хмелевидной завершают свое развитие. В данном случае можно говорить об однолетних озимых монокарпиках.

Растения весеннего посева, имеющие побеги без явно выраженной зоны возобновления, пройдя полный цикл развития, погибают с наступлением неблагоприятных условий среды. Такие формы можно характеризовать как яровые однолетние монокарпики.



Рис. 3. Генеративные растения *M. lupulina*:

А – однолетний монокарпик;

Б – двулетний бикарпик.

бп – боковые побеги, гп – главный побег, огп – отмерший главный побег, пв – почка возобновления, прк – параклади, рп – розеточные боковые побеги

Среди растений *M. lupulina* нами были отмечены и двулетние бикарпики (Рис. 3, Б), у которых осенью, после плодоношения, часть побегов отмирает полностью до основания. На оставшихся осях

формируются укороченные побеги, реализующиеся на следующий год. В базальной части главного и боковых побегов, а также на гипокотиле закладываются почки возобновления (Рис. 8). Основания стеблей полегают. Листья отмирают, их черешки отламываются на уровне отделительного слоя, расположенного близ срастания осевой части листа и прилистников, выполняющих функцию защиты пазушных почек и формирующихся розеточных побегов. Весной второго года вегетации люцерны хмелевидной зацветает в середине мая и, пройдя полный жизненный цикл, заканчивает развитие в сентябре-ноябре.

Длина генеративных побегов колеблется от 6 до 40 см. В зоне обогащения от 1 до 10 паракладиев, насчитывающих от 2 до 10 междоузлий. Листья тройчатосложные, по структуре идентичны листьям виргинильных растений. Из сериальных почек у двулетних бикарпиков к концу вегетационного периода формируются укороченные побеги, развивающиеся как генеративные в следующем вегетационном периоде. У однолетних монокарпиков большая их часть остается нереализованной. Однако, при стравливании на пастбищах, пазушные почки реализуются в генеративные побеги.

На главном и боковых побегах, а также на паракладиях формируются терминальные соцветия, представленные открытой кистью с парциальными головками. Цветки мелкие, желтые. Чашечка опушена в большинстве случаев кроющими волосками, иногда в опушении присутствуют железистые трихомы. Прицветнички шиловидные. Цветоносы вдвое превышают длину кроющих листьев. В опушении главной оси основного соцветия, цветоносов и прицветников наблюдается несколько вариаций (диаграмма 1). Всегда присутствуют кроющие волоски, но в отдельных случаях добавляются и железистые.

Апекс генеративного побега способен долгое время сохранять свою активность и обеспечивать нарастание терминального соцветия при благоприятных условиях неограниченно долго. Так, в декабре – начале января (бесснежная и безморозная зима 2011-2012г) нами были отмечены растения люцерны хмелевидной с созревшими плодами в нижних головках и бутонами в верхних.

Гипокотиль утолщается в диаметре. Корневая система стержневого или смешанного типа, проникает на глубину до 15 – 20 см. Благодаря контрактильной деятельности главного корня и гипокотыля базальная часть побегов слегка погружается в почву, в связи с чем почки возобновления получают дополнительную защиту в зимний период.

В опушении растений нами отмечено несколько

вариаций (Таблица 1). Растения, покрытые только кроющими трихомами (исключение составляют плоды) и кроющими в сочетании с железистыми, занимают крайние позиции (№1 и №8). В вариации №7 железистые волоски отсутствуют только на чашечке. В остальных случаях смешанное опушение отмечено только в зоне основного соцветия.

Расхождение признаков в характере опушения различных органов можно было наблюдать у растений *M. lupulina* и в случаях их произрастания в одной популяции, и на опытном участке при посеве семян, полученных от одного материнского растения. Вероятно, подобный внутривидовой полиморфизм обеспечивается множественным аллелизмом.

Если придерживаться признака наличия или отсутствия волосков на плодах, можно предположить, что на территории Орловской области произрастает var. *willdenowii* Bonn. (Урбан, 1873; Гроссгейм, 1945, 1952; Энден, 1950). Но, принимая во внима-

ние характер опушения в соцветии, согласно разделению Н.Н. Цвелева (2000), можно выделить:

– var. *willdenowii* Bonn. – все растение опушено только кроющими трихомами, кроме плодов, где присутствуют и железистые волоски;

– var. *glanduligera* Ahlfv. – растение опушено кроющими волосками с различными вариациями железистого опушения как в основном соцветии, так и всего растения.

Корреляция между продолжительностью жизни люцерны хмелевидной и характером опушения не установлена, т.к. его различные вариации присущи как однолетникам, так и двулетникам.

Полученные данные позволяют характеризовать *M. lupulina* как стержнекорневой однолетний монокарпик (яровые и озимые формы) или двулетний бикарпик с восходящими, приподнимающимися или прямостоячими моноциклическими, полурозеточными побегами и мономорфными корнями.

Таблица 1.

Различные вариации в опушении органов *M. lupulina*

Органы растения Нумерация вариаций	Стебель вегетативных побегов	Листья вегетативных побегов	Общее соцветие					% соотношение вариаций опушения у изученных растений
			Ось	Прицветники	Цветонос	Чашечка	Плод	
№ 1	к	к	к	к	к	к	кж	24,1
№ 2	к	к	к	к	кж	к	кж	33,3
№ 3	к	к	кж	к	кж	к	кж	3,7
№ 4	к	к	к	кж	кж	к	кж	7,4
№ 5	к	к	кж	кж	кж	к	кж	24,1
№ 6	к	к	кж	кж	кж	кж	кж	3,7
№ 7	кж	кж	кж	кж	жк	к	кж	3,7
№ 8	кж	кж	кж	кж	кж	кж	кж	3,7

к – кроющие трихомы  
ж – железистые волоски  
кж – смешанное опушение

#### Библиографический список

1. Абдуллажанов Э. Однолетние люцерны Средней Азии и их хозяйственное значение. Биология и экология растений аридной зоны. Ташкент: Изд-во ФАН, 1969. С. 164-181.
2. Васильченко И. Т. *Medicago* L. Флора европейской части СССР. Л.: Наука, 1987. Т. 6. С. 187-195.
3. Васильченко И. Т. *Medicago* L. Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР. М. - Л.: Гос. изд-во с/х литературы, 1951. С. 560-611.
4. Гроссгейм А. А. Флора Кавказа. М. Л.: Наука, 1952. Т. 5. С. 134-136.
5. Гроссгейм А. А. Флора СССР. М. Л.: Наука, 1945. Т. 11. С. 180.
6. Грубов В. И. Определитель сосудистых растений Монголии. Л.: Наука, 1982. С.153.
7. Иллюстрированный определитель растений Средней России. И. А. Губанов [и др.]. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2003. Т. 2. С. 453.
8. Культясов И. М. Род Люцерна - *Medicago* L. Биологическая флора Московской области. Под ред. Т.А. Работнова. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978. Вып. 4. С. 96-113.

9. Курбатский В. И. Флора Сибири. Новосибирск, 1994. Т. 9. С. 197.
10. Маевский П. Ф. Флора средней полосы европейской части России. 10-е изд. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2006. С. 340.
11. Медведев П.Ф. К вопросу о жизненной форме *Medicago lupulina*. Ботан. журн. 1959. Т. 44, № 10. С. 1496-1498.
12. Новоселова Л. В. Жизненная форма *Medicago lupulina* L. в Прикамье. Растительный покров Пермской области и его охрана. Пермь. 2003. С. 62-70.
13. Определитель растений Средней Азии. Критический конспект флоры. Под ред. Р. В. Камелина, С.С. Ковалевской, М. М. Набиева. Ташкент: Изд-во ФАН. 1981. Т. 6. С. 37.
14. Писковацкий Ю. М. Введение в культуру люцерны однолетней (*Medicago lupulina* L.). Эколого-популяционный анализ кормовых растений естественной флоры, интродукция и использование. Сыктывкар, 1999. С. 147-148.
15. Расулова М. Р. Однолетние бобовые, растущие дико в Таджикистане. Тр. ботан. ин-та АН ТатжССР. Т. ХСVII. Сталинбад: Изд-во АН ТССР, 1958. С. 392.
16. Синская Е. Н. Люцерна (*Medicago* L.). Культурная флора СССР. 1950. Т. 13. Вып. 1. С. 173-175.
17. Растительные ресурсы СССР. Семейства *Hydrangeaceae-Haloragaceae*. Под ред. П. Д. Соколова. Л.: Наука, 1987. Т. 4. 326 с.
18. Цвелев Н. Н. Определитель сосудистых растений Северо-Запада России (Ленинградская, Псковская и Новгородская области). СПб.: Изд-во СПХФА, 2000. С. 484-485.
19. Цуцупа Т. А. Оценка кормовых растений по анатомической структуре органов. Актуальные проблемы сельского хозяйства: Сборник научных трудов. Калининград: Изд. КГТУ, 2001. С. 181-186.
20. Шишкин А. И. Хмелевидная люцерна – ценный компонент для культурных пастбищ. Животноводство. 1964. №3. С. 51-52.
21. Britton N. An Illustrated Flora of Northern United States, Canadians the British possessions/ N. Britton, H. A. Brown. New York: The New York botanical garden, 1936. Vol. II. P. 351.
22. Davis P. H. *Medicago* L./ P. H. Davis// Flora of Turkey. Edinberg: Univ. Press, 1970. Vol.3. P. 487.
23. Flora Europaea. Rosaceae to Umbelliferae/ ed. by T.G. Tutin, V.N. Heywood etc. Cambridge: At the University Press, 1968. Vol.2. P. 153-157.
24. Lesins K. A. Genus *Medicago* (Leguminosae)/ K. A. Lesins, I. Lesins// A taxogenetic study. – The Hadue-Boston-London: Dr. W. Junk by Publishers, 1979. P. 66-70.
25. Lock J. *Medicago*/ J. Lock// Legumes of West Asia: chek-list/ ed. by K. Simpson. Kew: Royal Botanical Gardens, 1991. P. 190.
26. Yakovlev G. P. Legumes of Northern Eurasia: a checklist/ G. P. Yakovlev, A. K. Sytin, Yu.R. Poskov. Kew: Royal Botanical Gardens, 1996. P. 488-489.
27. Zohary M. *Medicago* L./ M. Zohary // Flora Palestine: Platanaceae to Umbelliferae. Jerusalem: The Israel Academy of scenes and humanities, 1972. part 2. P. 137-153.

**N.S. STUPAKOVA, T.A. TSUTSUPA**

**BIOMORPHS OF *MEDICAGO LUPULINA* L. FORMATION  
IN THE PROCESS OF THE ONTOGENY**

*The analysis of the great life-form of *Medicago lupulina* L. allow distinguish three periods of the ontogeny and six age status. In finding of our investigation *Medicago lupulina* are annual monocarp or biennial bicarp whith main root, ascending or erect stems, monocyclic short and extending shoots, monomorphic roots. In virtue of our investigation among annual plants we found winter-annual and spring-annual forms.*

Key words: *biomorphogenetic analysis, biormorphs, period of the ontogeny, age status, polymorphism.*

А. В. ШАПУРКО

аспирант кафедры ботаники Брянского государственного университета  
E-mail: kafbot2002@mail.ru  
Тел. (4832) 66 68 34

## СООБЩЕСТВА С УЧАСТИЕМ *NEOTTIANTHE CUCULLATA* (L.) SCHLECH. (ORCHIDACEAE) И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЕЕ ЦЕНОПОПУЛЯЦИИ В БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ\*

В статье представлено флористико-геоботаническое обследование лесных сообществ с участием *Neottianthe cucullata* (L.) Schlech. (Orchidaceae) на территории Ветминско-Болвинского междуречья (в пределах Брянской области) и дана оценка состояния ее ценопопуляции.

**Ключевые слова:** *Neottianthe cucullata*, синтаксономия, ценопопуляция, потенциальная экологическая валентность, реализованная экологическая валентность, Брянская область.

### Введение

Неоттианта клобучковая – *Neottianthe cucullata* (L.) Schlech. (*Orchis cucullata* L., *Gymnadenia cucullata* (L.) L. C. M. Rich., (Orchidaceae)) – евроазиатский вид, ареал которого в России охватывает лесную зону от Южных Курил до Калининградской области [7].

В Брянской области находится под угрозой исчезновения [1, 5]. В соседних областях считается редким [6].

В ходе флористико-геоботанического обследования территории Ветминско-Болвинского междуречья в Брянской области в 2011 г. обнаружено новое местонахождение *Neottianthe cucullata*. Несмотря на то, что в литературе описаны отдельные местонахождения вида в области, фитоценотическая приуроченность этого вида в нашем регионе ранее не обсуждалась.

### Материалы и методы

Описание лесных сообществ проведено на площадках в 400 м<sup>2</sup>. Оценка количественного участия видов дана по комбинированной шкале Ж. Браун-Бланке [18]: «г» – очень редки, 1-4 особи; «+» – разреженно и покрывают менее 1 % площадки; «1» – особи многочисленны, но покрывают не более 5 % площадки или довольно разрежены, но с такой же величиной покрытия; «2» – от 6 % до 25 %; «3» – покрыто от 26 % до 50 %; «4» – покрыто от 50 % до 75 %; «5» – более 75 %. Название сосудистых растений даны по С. К. Черепанову [9]; моховидных по М. С. Игнатову и др. [12]. Гербарные сборы, подтверждающие находки, хранятся в Гербарии кафедры ботаники БГУ.

### Результаты и их обсуждение

В Брянской области *Neottianthe cucullata* приводится для сообществ лиственных, хвойных и смешанных лесов различного состава [5]. Экологическая формула неоттианты клобучковой по шкалам Г. Эленберга [11]: K<sub>7</sub>L<sub>5</sub>T<sub>5</sub>F<sub>6</sub>R<sub>6</sub>N<sub>3</sub>. Формула показывает, что это субконтинентальный полутеневого вида, растущий на свежих слабокислых, часто бедных минеральным азотом почвах.

Новое местонахождение неоттианты отмечено в Троснянском уч. лесн-ве Жуковского лесничества, кв. 81. (Жуковский р-н), 13.08.2011. Эта территория расположена в пределах левобережной террасы р. Десны, которая характеризуется бедными песчаными кислыми почвами.

Сообщества с участием неоттианты согласно эколого-флористической классификации отнесены к асс. *Dicrano-Pinetum sylvestris* Preising et Knapp ex Oberd. 1957 (табл. 3). Типологически – это зеленомошные, черничные и ландышевые ацидофитные разреженные старовозрастные сосняки. Описание указанных типов дается отдельно.

1. Сосняк зеленомошный (табл. 3, оп. 1-2). Основу первого подъяруса древостоя формирует сосна, достигающая в высоту 26 м при диаметре стволов на уровне груди в среднем 82 см. Присутствует *Betula pendula* высотой 20-25 м. Общая формула древостоя 8-9 С 1-2 Б. Второй подъярус не выражен. Древостой разреженный – общая сомкнутость крон – 60 %.

Подлесок редкий. Проективное покрытие – 10 %. В нем представлены *Frangula alnus*, *Sorbus aucuparia*, в подросте с невысоким обилием встречаются *Quercus robur*, *Picea abies*, *Betula pendula*, *Populus tremula*.

\* Работа выполнена при финансовой поддержке внутривузовского гранта № 15-И-ст «Флора и растительность Ветминско-Болвинского междуречья».



Травяно-кустарничковый ярус разрежен, общее проективное покрытие составляет 40-45 %. В составе травостоя представлены в основном виды бореального и суббореального геоэлементов. *Neottianthe cucullata* распределена по площадке как отдельными особями (всех возрастных состояний), так и группами по 5-10 особей. Редки ювенильные и имматурные растения осины и березы.

Моховой ярус – мозаичный. Пятна диаметром до 2 м<sup>2</sup> сосредоточены в относительно неглубоких понижениях рельефа, покрытие яруса – 30-40 %. Его основу составляют зеленые мхи: *Pleurozium schreberi*, *Dicranum polysetum*, *D. scoparium*. Куртинки кукушкиного льна сосредоточены на микровозвышениях высотой 15-20 см и диаметром до 20 см.

Отмечены виды макромицетов: *Russula decolorans*, *Clavariadelphus lingula*, *Cantharellus cibarius*.

2. Сосняк черничный (табл. 3, оп. 3). Заметно отличается от других описанных сообществ. Древостой образует сосна высотой 25 м и сомкнутостью – 45 % при полном отсутствии березы. На стволах присутствуют следы подсочки. Общая формула древостоя 10 С.

Подлесок хорошо развит, сформирован *Sorbus aucuparia* с участием *Corylus avellana* и *Rubus idaeus*. Сомкнутость подлеска – 45 %.

Травяно-кустарничковый ярус разреженный. Сосредоточен у основания стволов пятнами диаметром 2-3 м. В нем обильна черника, константна земляника, а остальные виды представлены слабо. Проективное покрытие – 60 %. В разреженном покрове хорошо представлены ювенильные, имматурные, виргинильные и генеративные особи неоттианты клубочковой.

Моховой покров выражен слабо.

3. Сосняк ландышевый (табл. 3, оп. 4-6). По составу древостоя сообщества напоминают сосняк зеленомошный. Основу первого подъяруса формирует *Pinus sylvestris* с участием *Betula pendula*. Во

втором подъярусе усиливается позиция березы. Сомкнутость крон – 55 %.

Подлесок выражен хорошо, его формируют *Euonymus verrucosa*, *Frangula alnus*, *Sorbus aucuparia*; имеется редкий подрост осины и дуба. Сомкнутость составляет 20-40 %.

Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса составляет 50-85 %. Характерной особенностью сообществ является доминирование *Convallaria majalis* на фоне преимущественно бореальных и суббореальных видов, что коррелирует с уменьшением увлажнения почвы. Скопления неоттианты всех возрастных состояний преимущественно отмечены у основания стволов сосны и по краю небольших понижений рельефа.

Моховой покров сильно разреженный, он представлен небольшими пятнами *Pleurozium schreberi*, *Plagiothecium denticulatum*. Проективное покрытие – 2-15 %.

Присутствуют макромицеты: *Russula decolorans*, *Otidea concinna*, *Amanita muscaria*.

#### Оценка состояния ценопопуляции *N. cucullata* в Брянской области

В исследованных растительных сообществах отмечена 431 особь неоттианты различных онтогенетических состояний. Оценка состояния ценопопуляции проведена на площадке 1 м<sup>2</sup> в сосняке ландышевом (табл. 3, оп. 6). Установление онтогенетических состояний проведено по опубликованному ключу [3].

В ценопопуляции представлены особи четырех возрастных состояний (табл. 1). Состав онтогенетического спектра демонстрирует преобладание средневозрастных особей.

Наибольшее количество особей (15) можно отнести к генеративному состоянию. В состав группы генеративных растений включены и временно не цветущие особи. Эффективная численность составляет 60,0 %.

Таблица 1.

Морфометрические характеристики онтогенетических состояний *N. cucullata*

Показатель	Возрастное состояние			
	j	im	v	g
Количество особей на 1 м <sup>2</sup>	1	3	6	15
Количество листьев	1	1-(2)	2	2
Длина листа, см	2,5	3,45±0,33	3,66±0,25	4,8±0,20
Ширина листа в наиболее широкой части, см	0,4	0,45±0,02	1,05±0,12	2,5±0,14
Длина цветоносного побега, см	–	–	–	20,03±1,51
Количество цветков	–	–	–	12,55±1,47



По характеру спектра ценопопуляцию можно оценить как процветающую, так как в ней присутствуют особи разных онтогенетических состояний и активно идет семенное размножение. Однако семенное возобновление в ценопопуляции нельзя оценить как хорошее, так как в ней отмечено очень небольшое количество ювенильных растений, а проростки не зафиксированы.

Сравнение некоторых морфометрических показателей растений неоттианты в описанном местонахождении с ценопопуляциями из Московской области и Республики Башкортостан [3] не выявило существенных отличий (рис. 1, 2).

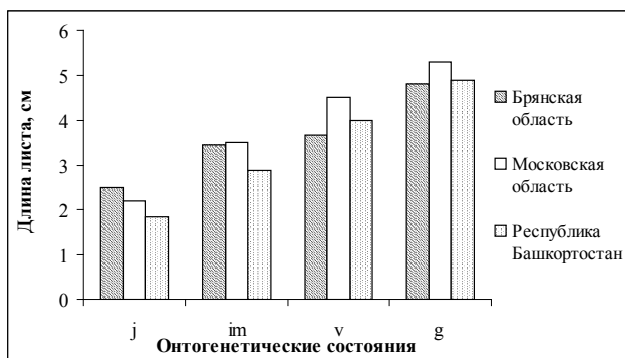


Рис. 1. Длина листа у растений различных онтогенетических состояний в Брянской, Московской областях и Республике Башкортостан.

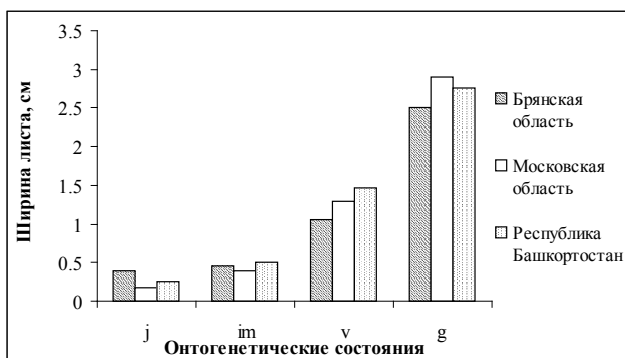


Рис. 2. Ширина листа у растений различных онтогенетических состояний в Брянской, Московской областях и Республике Башкортостан.

Локальное незначительное варьирование значений показателей длины и ширины листа можно отнести к небольшим различиям в экологических условиях местообитаний [3].

В качестве меры приспособленности изучаемого вида к условиям местообитаний использована мера экологической валентности по Л. А. Жуковой с выделением ее фракций: *потенциальная* (PEV) и *реализованная* (REV) экологические валентности [4]. Потенциальная экологическая валентность (PEV) определяется как отношение разницы

максимального и минимального значений баллов по амплитудной экологической шкале для вида к общему количеству баллов в шкале. Реализованная экологическая валентность (REV) определяется для конкретного фитоценоза, в котором произрастает вид.

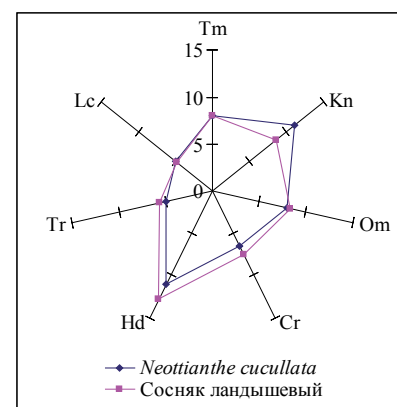
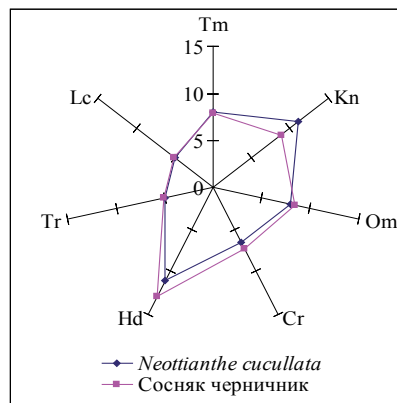
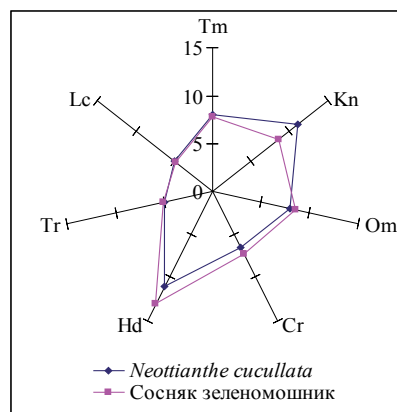


Рис. 3. Потенциальная (PEV) и реализованная (REV) экологические валентности ценопопуляций *Neottianthe cucullata* в изученных сообществах.

Таким образом, PEV соответствует фундаментальной, а REV – реализованной экологической нише.

Значение валентностей установлены на основе амплитудных шкал Д. Н. Цыганова [8]: *Tm* – термо-

климатической, *Kn* – континентальности климата, *Om* – омброклиматической аридности-гумидности, *Cr* – криоклиматической, *Hd* – увлажнения почвы, *Tr* – солевого режима почв, *Lc* – освещенности-затенения. По остальным шкалам неоттианта не имеет индикаторного значения (рис. 3).

По результатам оценки PEV неоттианту можно считать *гемизэвивалентным* видом по континентальности климата и освещенности/затененности местообитаний (PEV = 0,60); *гемистеновалентным* по криоклиматической шкале (PEV = 0,40) и *стеновалентным* по остальным шкалам (PEV = 0,20-0,33).

Эффективность освоения экологического пространства ценопопуляциями неоттианты оценена с использованием коэффициента экологической эффективности ( $K_{эфф}$ ), определяемого как соотношение PEV и REV [4]. Его значение составило 0,78, что позволяет оценить диапазон толерантности в описываемых сообществах как высокий.

Таблица 2.

Значения потенциальной и реализованной валентностей *N. cucullata* в изучаемых сообществах

Экологические шкалы	Tm	Kn	Om	Cr	Hd	Tr	Lc
REV 1 – Сосняк зеленомошник	0,47	0,67	0,37	0,48	0,33	0,34	0,67
REV 2 – Сосняк черничник	0,48	0,71	0,39	0,51	0,34	0,32	0,67
REV 3 – Сосняк ландышевый	0,47	0,69	0,40	0,50	0,33	0,35	0,64
PEV	0,29	0,60	0,33	0,40	0,20	0,30	0,60
Кэфф	0,61	0,88	0,88	0,80	0,70	0,80	0,80

Анализ полученных значений показателей REV по разным типам сообществ и сравнение их с PEV показывает, что по факторам, определяемым шкалами *Kn*, *Om*, *Cr*, *Hd*, наиболее благоприятными для произрастания неоттианты являются сосняки зеленомошные. По шкале термоклиматичности (*Tr*) наиболее близкий показатель к оптимуму вида имеет сосняк черничный, а по шкале освещенности – ландышевый сосняк. В целом значения REV в отдельных типах сообществ варьируют в небольших пределах, что позволяет считать выявленные местообитания неоттианты почти в равной степени благоприятными для ее произрастания.

В целом фитоценологические позиции и возможности сохранения вида в описанных сообществах можно оценить как высокие. Лимитирующими факторами в описанных местообитаниях могут стать лесные пожары и возрастание сомкнутости крон, приводящее к прогрессирующему затенению.

Поиск новых местонахождений *Neottianthe cu-*

*cullata* будет продолжен. Материалы исследования будут использованы для ведения Красной книги Брянской области.

Таблица 3.

Характеризующая таблица описаний сообществ с участием *Neottianthe cucullata*

Номер описания табличный	Ярус	1	2	3	4	5	6
Древесный ярус: высота, м		26	26	25	25	22	25
сомкнутость крон, %		75	60	45	55	55	55
Кустарниковый ярус: сомкнутость подлеска, %		10	10	45	20	30	35
Травяно-кустарниковый ярус: общее покрытие, %		45	40	60	50	55	85
Моховой ярус: общее покрытие, %		40	30	5	15	5	2
Количество видов		47	40	28	35	46	42
<i>Pinus sylvestris</i>	A	4	4	3	4	4	4
<i>P. sylvestris</i>	B	1	.	.	1	.	.
<i>P. sylvestris</i>	C	.	.	.	.	+	+
<i>Betula pendula</i>	A	2	1	.	1	+	+
<i>B. pendula</i>	B	r	+	.	+	1	1
<i>B. pendula</i>	C	r	+	.	+	+	+
<i>B. pendula</i>	juv.	.	.	.	.	+	+
<i>Picea abies</i>	C	r	+	.	r	r	r
<i>Quercus robur</i>	C	r	r	.	.	+	+
<i>Populus tremula</i>	C	r	+	.	r	+	+
<i>Sorbus aucuparia</i>	C	1	+	3	2	1	2
<i>S. aucuparia</i>	juv.	.	.	.	.	r	r
<i>Frangula alnus</i>	C	+	+	+	+	2	1
<i>F. alnus</i>	juv.	.	.	.	.	r	r
<i>Rubus idaeus</i>	C	+	+	1	+	r	r
<i>Corylus avellana</i>	C	+	.	1	+	r	r
<i>Euonymus verrucosa</i>	C	r	.	+	.	1	1
<i>Ribes nigrum</i>	C	r	r	r	.	.	.
<i>Malus sylvestris</i>	C	r	.	.	.	r	r
<i>Rubus nessensis</i>	C	.	.	.	.	+	+
<i>Neottianthe cucullata</i>	D	2	2	2	1	1	2
<i>Convallaria majalis</i>	D	.	.	r	2	2	3
<i>Vaccinium myrtillus</i>	D	+	1	3	+	+	+
<i>Fragaria vesca</i>	D	+	+	1	+	+	+
<i>Orthilia secunda</i>	D	+	+	+	+	+	+
<i>Luzula pilosa</i>	D	+	+	+	+	r	r
<i>Stellaria media</i>	D	+	.	+	+	+	+
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	D	+	+	.	+	+	+
<i>Veronica chamaedrys</i>	D	+	+	.	+	+	+
<i>Galeopsis bifida</i>	D	+	r	.	+	+	+
<i>Geum urbanum</i>	D	+	+	.	+	r	r
<i>Veronica officinalis</i>	D	.	+	+	+	+	+
<i>Agrimonia eupatoria</i>	D	+	.	.	+	+	+

Номер описания табличный	Ярус	1	2	3	4	5	6
Melica nutans	D	1	.	.	1	+	1
Trientalis europaea	D	+	+	+	+	.	.
Rubus saxatilis	D	.	+	+	.	+	+
Calamagrostis arundinacea	D	+	.	.	+	r	r
Athyrium filix-femina	D	+	+	.	+	.	.
Galium mollugo	D	+	.	.	.	+	+
Maianthemum bifolium	D	.	.	+	.	+	+
Milium effusum	D	+	.	.	.	+	+
Polygonatum multiflorum	D	.	.	.	+	+	+
Oxalis acetosella	D	.	.	r	.	+	+
Lilium martagon	D	+	r	.	.	+	.
Platanthera bifolia	D	.	.	r	.	+	r
Lamium maculatum	D	+	.	.	.	r	r
Pyrola rotundifolia	D	+	+	.	.	.	.
Succisa pratensis	D	+	+	.	.	.	.
Peucedanum oreoselinum	D	+	+	.	.	.	.
Carex sylvatica	D	.	+	.	+	.	.
Viola riviniana	D	.	+	.	+	.	.
Potentilla erecta	D	.	+	.	+	.	.
Pteridium aquilinum	D	.	.	.	.	+	+
Lysimachia vulgaris	D	.	.	.	.	+	+
Pulmonaria obscura	D	r	.	.	+	.	.
Serratula tinctoria	D	r	.	.	.	+	.
Vicia sylvatica	D	+	r	.	.	.	.
Melampyrum nemorosum	D	.	.	.	.	r	r
Epilobium sp.	D	.	.	.	.	r	r
Campanula persicifolia	D	.	r	r	.	.	.
Pleurozium schreberi	E	1	2	1	1	1	+
Dicranum scoparium	E	2	1	.	.	+	r
Plagiomnium undulatum	E	1	+	.	1	.	.
Polytrichum commune	E	+	+	.	.	.	.
Dicranum polysetum	E	+	.	.	.	r	.
Russula decolorans		r	r	.	.	r	r
Clavariadelphus lingula		r	r	.	.	.	.
Cantharellus cibarius		.	r	.	.	.	.
Amanita muscaria		.	.	.	.	r	.
Otidea concinna		.	.	.	.	r	.

Единично встречены: *Acinos arvensis* D (3, +), *Chamaecytisus ruthenicus* C (2, r), *Deschampsia cespitosa* D (3, 1), *Festuca gigantea* D (3, +), *Geranium robertianum* D (4, +), *Glechoma hederacea* D (4, +), *Hieracium umbellatum* D (1, +), *Lathyrus niger* D (1, +), *L. vernus* D (2, r), *Melampyrum pratense* D (2, r), *Molinia caerulea* D (5, r), *Myosoton aquaticum* D (1, r), *Populus tremula* juv. (1, r), *Prunella vulgaris* D (2, r), *Quercus robur* juv. (3, +), *Sambucus racemosa* C (2, r), *Trifolium alpestre* D (6, r), *Viburnum opulus* C (3, +), *Viola canina* D (3, +), *Bryum pseudotriquetrum* E (5, +), *Plagiothecium denticulatum* E (4, 1), *Rhodobryum roseum* E (1, 1), *Rhizomnium punctatum* E (1, +).

Пункт описания: Брянская обл., Жуковский р-н, Троснянское уч. лесн-во, кв. 81; 13.08.2011. Автор А. В. Шапурко.

Приняты следующие обозначения ярусов в сообществах: А – первый ярус, В – второй ярус, С – подлесок, кустарниковый ярус, D – травяно-кустарничковый, E – мохово-лишайниковый, juv. – ювенильные растения; без указания яруса указаны виды макромицетов.

#### Библиографический список

1. Булохов А. Д. Определитель растений Юго-Западного Нечерноземья России. Изд-е 2-е, доп. Брянск: БГУ, 1998. 380 с.
2. Булохов А. Д. Эколого-флористическая классификация лесов Южного Нечерноземья России. Брянск: БГУ, 2003. 359 с.
3. Вахрамеева М. Г. Неоттианте клубучковая // Биологическая флора Московской области. Вып. 15. М.: «Гриф и К», 2003. С. 50-61.
4. Жукова Л. А. Оценка экологической валентности основных эколого-ценотических групп: подходы и методы // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. Кн. 1. М.: Наука, 2004. С. 256-259.

5. Красная книга Брянской области. Растения. Грибы. Брянск, 2004. 272 с.
6. *Маевский П. Ф.* Флора средней полосы европейской части России. 10-е изд. М.: Товарищество научных изданий КМК., 2006. С. 170.
7. *Смолянинова В. А.* Сем. *Orchidaceae* Juss. – Орхидные. Флора европейской части СССР. Л., Наука, 1976. С. 10-59.
8. *Цыганов Д. Н.* Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. – 198 с.
9. *Черепанов С. К.* Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб.: Мир и семья, 1995. 992 с.
10. *Braun-Blanquet J.* Pflanzensoziologie / J. Braun-Blanquet. Wien; Т.-У., 1964. 865 S.
11. *Ellenberg H.* Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa / H. Ellenberg, H. E. Weber, R. Dull, V. Wirth, W. Werner, D. Paulsen. 2 Aufl. Göttingen: Verlag Erich Goltze GmbH & Co KG, 1992. 258 S.
12. *Ignatov M. S. et. al.* Check-list of mosses of East Europe and Nord Asia / M. S. Ignatov // *Arctoa*. 2006. Vol. 15. P. 1-130.

A. V. SHAPURKO

COMMUNITIES WITH *NEOTTIANTHE CUCULLATA* (L.) SCHLECH. (*ORCHIDACEAE*)  
AND ASSESSMENT OF ITS COENOPOPULATION IN THE BRYANSK REGION

*The paper presents a floristic-geobotanical survey of forest communities with *Neottianthe cucullata* (L.) Schlech. (*Orchidaceae*) in Vetma-Bolva watershed area (within the Bryansk region) and the state of its coenopopulation is assessed.*

*Key words: *Neottianthe cucullata*, syntaxonomy, coenopopulation, potential ecological valence, realized ecological valence, Bryansk region.*



**С.А. АРХИПИНА**

кандидат медицинских наук, доцент кафедры внутренних болезней Орловского государственного университета  
E-mail: Arkhipinas@mail.ru

**Е.Ф. МЕЛЬНИКОВА**

кандидат медицинских наук, доцент кафедры иммунологии и специализированных клинических дисциплин Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 43 21 86

## КЛИНИКО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕЧЕНИЯ КИШЕЧНОГО ИЕРСИНИОЗА В ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*В статье представлены результаты собственного исследования этиологии, эпидемиологии, клиники, диагностики и лечения кишечного иерсиниоза у взрослых в Орловской области. Проведено наблюдение за возрастной структурой и тяжестью течения инфекции. На основании исследований определены алгоритмы диагностического поиска, принципы и конкретные схемы терапии.*

*Ключевые слова:* кишечный иерсиниоз, диагностический поиск, принципы лечения.

**Цель:** изучение клинико-эпидемиологических особенностей кишечного иерсиниоза в Орловской области.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- Оценить возрастную и половую структуры больных кишечным иерсиниозом.
- Проанализировать заболеваемость среди городских и сельских жителей.
- Изучить сезонность заболеваний.
- Оценить диагностические ошибки, допущенные на догоспитальном этапе.
- Изучить тяжесть течения иерсиниоза.
- Проанализировать клинические данные у больных кишечным иерсиниозом.
- Оценить лабораторные показатели.
- Оценить эффективность лечения.

### Методы исследования

Проведен ретроспективный анализ 36 историй болезни взрослых пациентов с кишечным иерсиниозом, находившихся на стационарном лечении во 2-ом инфекционном отделении БУЗ Орловской области «Городская больница им. С.П. Боткина» за период с 2007 по 2011 год.

В работе были использованы следующие методы исследования:

- Анамнестические данные: анамнез заболевания и жизни больного.
- Общеклинические методы: клиническая картина заболевания на момент госпитализации.
- Лабораторные данные: общий анализ крови, общий анализ мочи, биохимическое исследование

крови, исследование свертывающей системы крови.

- Микробиологические методы: бактериологическое исследование фекалий на возбудителей кишечных инфекций.
- Серологическая диагностика.

### Результаты

Анализ многолетней динамики заболеваемости показал, что из 36 случаев кишечного иерсиниоза в 2007 году зарегистрировано 4 случая (11 %), в 2008г. – 7 случаев (19,5 %), в 2009г. – 4 случая (11 %), в 2010г. – 7 случаев (19,5 %), в 2011г. – 14 случаев (39 %) (рис.1).

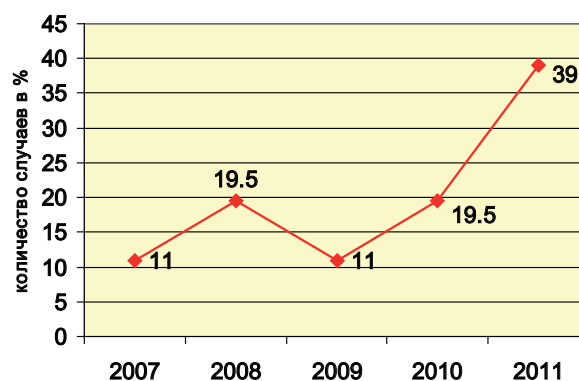


Рис.1. Частота встречаемости кишечного иерсиниоза по годам.

Среди заболевших преобладали мужчины – 62,5%, женщины составили 37,5 % (рис.2).



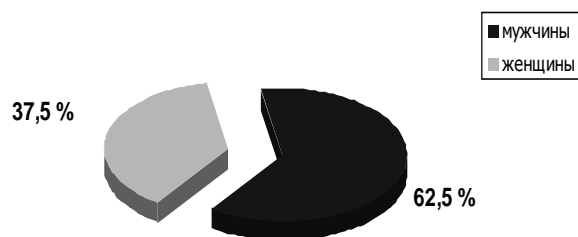


Рис.2. Половая структура больных кишечным иерсиниозом.

За анализируемый период кишечный иерсиниоз регистрировался у лиц в возрасте от 15 до 79 лет. Однако среди госпитализированных пациентов преобладали преимущественно лица молодого возраста – 20-29 лет, что составило 42,5 % в структуре общей заболеваемости (рис.3).

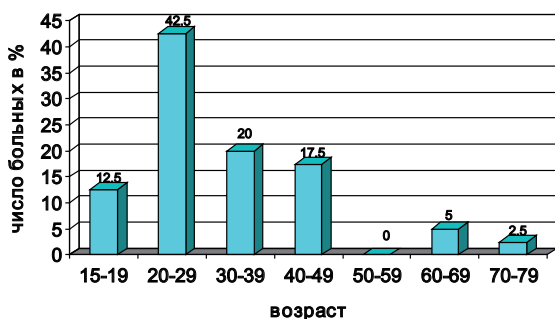


Рис.3. Возрастная структура больных кишечным иерсиниозом.

При исследовании было выявлено, что иерсиниоз отмечался преимущественно у городских жителей, что составило 62,5%.

При анализе внутригодовой динамики заболеваемости кишечным иерсиниозом установлено, что прослеживается выраженный сезонный характер с подъемом в летние месяцы – 14 случаев (38,9%). Пик заболеваемости при этом приходился на август, когда заболели 9 человек (рис.4).

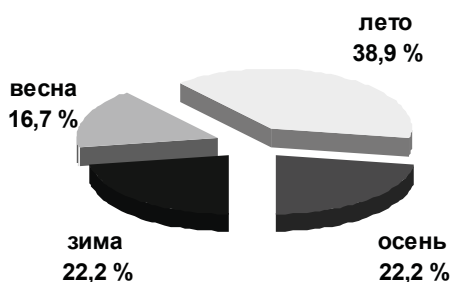


Рис.4. Сезонность заболевания кишечным иерсиниозом.

При направлении в стационар диагноз кишечного иерсиниоза был выставлен 12 больным, что составило 33,3%. Остальным пациентам на догоспитальном этапе были поставлены следующие

диагнозы:

- ОРВИ – 6 человек (16,7 %);
- лихорадка неясной этиологии – 8 человек (22,1 %);
- ОКИ (острый гастроэнтерит, энтероколит) – 6 человек (16,7%);
- пневмония – 1 человек (2,8 %);
- вирусный гепатит, желтушная форма – 1 человек (2,8 %);
- лептоспироз – 1 человек (2,8 %);
- геморрагический васкулит – 1 человек (2,8 %).

Заболевание протекало преимущественно в форме средней тяжести, которая отмечена у 30 больных (83,4%). Легкое течение выявлено у 3 больных (8,3%), и тяжелое течение также выявлено у 3 больных (8,3%) (рис.5).

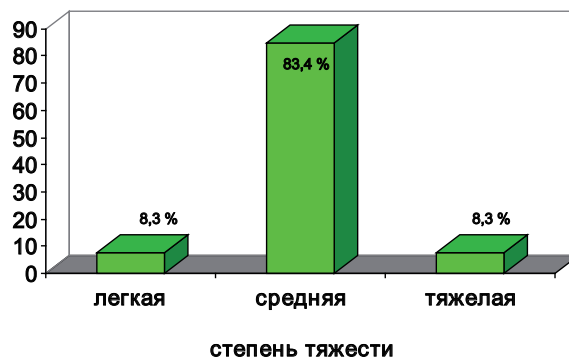


Рис.5. Тяжесть течения кишечного иерсиниоза.

При анализе клинических проявлений заболевания отмечено, что среди госпитализированных больных наиболее часто встречалась гастроинтестинальная форма – 24 случая (66,7%). Генерализованная форма отмечалась у 12 больных (33,3 %).

В клинике кишечного иерсиниоза среди заболевших выявлялись характерные синдромы, частота встречаемости которых составила: общетоксический – 86,1 % случаев, диспептический – 41,7 %, экзантематозный – 30,6 %, катаральный – 11,1 %, артралгический – 11,1 %. В 75% случаев отмечалось сочетание нескольких синдромов.

Клинический диагноз кишечный иерсиниоз был подтвержден микробиологическими методами исследования: бактериологическим методом в 30,6% случаев, серологическими методами (реакция непрямой гемагглютинации с эритроцитарными диагностикумами *Yersinia enterocolitica* O3, O9 в диагностическом титре 1:160 и выше) в 100% случаев.

С целью этиотропной терапии больным назначались антибактериальные препараты: ципрофлоксацин, цефотаксим, цефтриаксон, левомицетин

в среднетерапевтических дозировках курсом лечения 7-10 дней в зависимости от тяжести течения заболевания. Также больным было назначено патогенетическое лечение: инфузионная терапия, ферментные препараты, десенсибилизирующая терапия, поливитамины.

На фоне проводимого лечения исчезновение основных клинических проявлений болезни отмечалось на 6-10 сутки у 12 больных (30%), на 11-15 сутки – у 19 больных (47,5%), на 16-20 сутки – у 9 больных (22,5%) (рис.6)

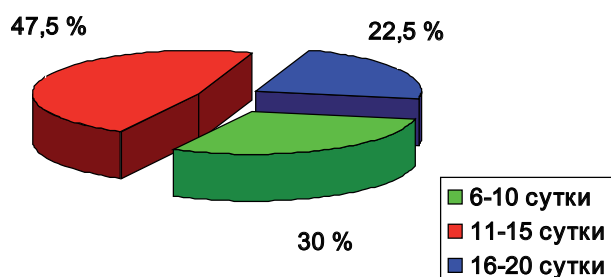


Рис.6. Сроки выздоровления больных кишечным иерсиниозом.

#### Выводы

В настоящее время отмечается рост заболеваемости кишечным иерсиниозом в Орловской области. Среди пациентов преобладают мужчины до 30 лет, проживающие преимущественно в городе. В заболеваемости кишечным иерсиниозом прослеживается выраженная летняя сезонность, с максимальным числом случаев в августе. Расхождение направительного и заключительного клиниче-

ского диагноза отмечено более чем у половины больных кишечным иерсиниозом. Заболевание в большинстве случаев протекало в средней степени тяжести. Преобладала гастроинтестинальная форма иерсиниозной инфекции. Во всех случаях диагноз был подтвержден лабораторными методами. Назначенные антибактериальные препараты приводили к купированию основных симптомов заболевания и выздоровлению.

#### Заключение

На протяжении последних лет заболеваемость иерсиниозной инфекцией в Орловской области ежегодно возрастает, что свидетельствует об актуальности данного заболевания в нашем регионе. Наиболее часто заболевание встречалось у лиц молодого возраста мужского пола. Кишечный иерсиниоз протекал с выраженной летней сезонностью. Преимущественно регистрировалась гастроинтестинальная форма заболевания, вызванная *Yersinia enterocolitica* серогруппы O3. Тяжелые формы инфекции регистрировались редко, преимущественно заболевание протекало в средней степени тяжести. В связи со значительным сходством начальных симптомов иерсиниозной инфекции с ОРВИ и ОКИ, больным устанавливался ошибочный направительный диагноз. Поэтому требуется максимальная настороженность медицинских работников в отношении кишечного иерсиниоза. Проведённое исследование подтверждает литературные данные об эффективности применения антибактериальных препаратов в сочетании с патогенетической терапией для лечения иерсиниозной инфекции.

S.A. ARKHIPINA, E.F. MELNIKOVA

#### CLINICAL-EPIDEMIOLOGY ANALYSIS OF INTESTINAL YERSINIOSIS IN ADULS

*The present study contains the results of the researchs etiology, epidemiology, clinical, diagnosis and treatment meningococcosis. The work presents the results of observation of 36 patients aged from 15 to 79 years. Established were the algorithms of diagnostic search, principles and concrete schemes of therapy.*

*Key words: intestinal yersiniosis, diagnostic search, principles of therapy.*

**В.С. БАРСУКОВ**

доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой общей патологии и физиологии Орловского государственного университета  
E-mail: barsukov\_vs@mail.ru  
Тел. 8 953 617 54 15

**А.М. ЛОБАНОВ**

кандидат медицинских наук, доцент кафедры общей патологии и физиологии Орловского государственного университета, начальник Орловского бюро судебно-медицинской экспертизы  
Тел. 8 953 621 27 87

**В.А. ПОПОВ**

старший преподаватель кафедры общей патологии и физиологии Орловского государственного университета, зав. отделением медицинской криминалистики Орловского бюро судебно-медицинской экспертизы  
Тел. 8 910 200 68 25

**МОРФОМЕТРИЯ АОРТЫ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ВОЗРАСТА НЕОПОЗНАННОГО УМЕРШЕГО**

*Определение возраста неопознанного умершего имеет большое значение в судебно-медицинской практике для идентификации личности умершего. Изучена возможность определения возраста неопознанного умершего по периметру нисходящего отдела грудной аорты. Получены соответствующие уравнения регрессии. Установлено, что вычисление возраста умершего по периметру аорты дает приемлемые результаты с отклонением расчетного возраста от фактического не более, чем на  $\pm 15\%$ , примерно у 80% умерших старше 40 лет. Это позволяет рекомендовать данный метод как дополнительный в комплексной оценке возраста неопознанного умершего.*

*Ключевые слова:* неопознанный труп, определение возраста, периметр грудной аорты.

В судебно-медицинской практике нередко возникает необходимость определения возраста неопознанного умершего. Для этого существует множество методов: общая визуальная оценка внешнего вида трупа, исследование фрагментов костной ткани, по состоянию зубного аппарата, по морфологическим изменениям семенников, щитовидной железы [5-7], однако приемлемая точность определения возраста может быть достигнута лишь при комплексном их использовании [4]. В литературе имеются указания на связь возраста с периметром аорты (ПА) [2,3], однако детально этот вопрос не разработан.

Цель исследования состояла в изучении возможности определения возраста умершего через величину периметра аорты. Для этого проведено морфометрическое и гистологическое изучение аорты от 196 умерших мужчин (18-95 лет) и 155 женщин (22-93 года). Аорту вскрывали по задней поверхности по всей длине, распластывали на твердой горизонтальной поверхности и инструментальной линейкой с точностью до 1 мм измеряли ПА в нисходящей части грудного отдела на

уровне 1-2 межреберных артерий. Степень атеросклеротического поражения аорты (АПА) оценивали полуколичественно по трехбалльной шкале: 1 балл – наличие единичных фиброзных бляшек без атероматоза, изъязвлений и кальциноза (общая площадь поражения не более 10%); 2 балла – множественные фиброзные и атероматозные бляшки без изъязвлений и кальциноза; 3 балла – деструктивные формы атеросклероза в виде наличия изъязвленных атероматозных бляшек с кальцинозом или без него. Уровень базового артериального давления оценивали по степени гипертензионных изменений артерий (ГИА) внутренних органов (головной мозг, миокард левого желудочка, поджелудочная железа, надпочечники, почки): 1 балл – отсутствие или незначительные гипертензионные изменения стенок артериол и мелких артерий в виде миоэластоза; 2 балла – выраженные эластофиброз и гиалиноз со значительным сужением просвета артерий. Массу тела (МТ) определяли по росту, охватам груди, плеча, таза, бедра и голени (в см) по полученным ранее уравнениям регрессии [1]:

МТ (муж) = 0,480\*грудь + 0,978\*плечо + 0,299\*таз + 0,507\*бедро + 0,663\*голень – 80,459;

МТ (жен) = 0,269\*рост + 0,309\*грудь + 1,410\*плечо + 0,364\*таз + 0,781\*голень – 113,839.

Кусочки из грудного отдела аорты фиксировали в 10% нейтральном формалине и заливали в парафин. Срезы окрашивали гематоксилином и эозином, эластические волокна выявляли окраской фукселином по Вейгерту, коллагеновые волокна по Ван-Гизону, аргирофильные волокна серебрением по Футу. Цифровые данные обрабатывали статистически с применением непараметрических методов. Установлено, что с возрастом происходит прогрессирующее увеличение периметра аорты (ПА), более выраженное у мужчин (табл. 1). При этом у мужчин минимальный ПА был равен 4,0 см (18 лет), макси-

мальный 8,7 см (88 лет), у женщин – 4,1 см (32 года) и 8,0 см (93 года) соответственно.

Возрастная дилатация аорты обусловлена несколькими факторами. Прежде всего это результат нарастающей возрастной атрофии эластического каркаса стенки аорты с параллельной ее коллагенизацией и нарастающей аргирофилией, что обнаруживается при гистологическом исследовании. Это приводит к снижению эластических свойств стенки аорты и способствует ее пассивному расширению при возрастном повышении артериального давления. Большое значение имеет также развитие атеросклеротических изменений аорты, также приводящих к снижению механической резистентности ее стенки. Связь этих факторов с периметром аорты приведена в таблице 2.

Таблица 1.

Возрастная динамика периметра аорты (см) у мужчин и женщин (M±m)

	До 30 лет	31-40 лет	41-50 лет	51-60 лет	61-70 лет	71-80 лет	81 и старше
<b>Муж</b>	4,7±0,1 Me=4,7 n=12	5,1±0,1 Me=5,2 n=19	5,6±0,2 Me=5,45 n=17	6,0±0,1 Me=6,0 n=61	6,6±0,1 Me=6,5 n=32	7,1±0,1 Me=7,1 n=37	7,5±0,1 Me=7,3 n=18
<b>Жен</b>	4,5±0,1 Me=4,5 n=3	4,6±0,2 Me=4,6 n=4	5,0±0,1 Me=5,0 n=11	5,5±0,1 Me=5,5 n=24	6,1±0,1 Me=6,0 n=31	6,5±0,1 Me=6,5 n=46	6,6±0,1 Me=6,6 n=36

Таблица 2.

Коэффициенты корреляции периметра аорты (ПА) с возрастом, степенью атеросклеротического поражения аорты (АПА) и гипертензионных изменений артерий внутренних органов (ГИА)

	Мужчины (n=197)	Женщины (n=155)
<b>ПА-возраст</b>	r=0,84	r=0,76
<b>ПА-АПА</b>	ρ=0,62	ρ=0,60
<b>ПА-ГИА</b>	ρ=0,46	ρ=0,50

*Примечание:* r – коэффициент корреляции Пирсона, ρ – коэффициент ранговой корреляции Спирмена; все коэффициенты достоверны (p<0,05)

Таблица 3.

Расчетный возраст умерших при фактическом периметре аорты

ПА	Возраст	ПА	Возраст	ПА	Возраст	ПА	Возраст
<b>4,0</b>	13/-	<b>5,3</b>	46/57	<b>6,6</b>	66/76		
<b>4,1</b>	16/29	<b>5,4</b>	48/59	<b>6,7</b>	67/77		
<b>4,2</b>	19/32	<b>5,5</b>	50/61	<b>6,8</b>	68/78	<b>7,9</b>	79/89
<b>4,3</b>	22/35	<b>5,6</b>	51/62	<b>6,9</b>	69/79	<b>8,0</b>	80/90
<b>4,4</b>	25/37	<b>5,7</b>	53/64	<b>7,0</b>	70/80	<b>8,1</b>	81/-
<b>4,5</b>	28/40	<b>5,8</b>	55/65	<b>7,1</b>	71/81	<b>8,2</b>	82/-
<b>4,6</b>	30/42	<b>5,9</b>	56/67	<b>7,2</b>	73/82	<b>8,3</b>	82/-
<b>4,7</b>	33/45	<b>6,0</b>	58/68	<b>7,3</b>	74/83	<b>8,4</b>	83/-
<b>4,8</b>	35/47	<b>6,1</b>	59/70	<b>7,4</b>	75/84	<b>8,5</b>	84/-
<b>4,9</b>	38/49	<b>6,2</b>	61/71	<b>7,5</b>	76/85	<b>8,6</b>	85/-
<b>5,0</b>	40/51	<b>6,3</b>	62/72	<b>7,6</b>	76/86	<b>8,7</b>	85/-
<b>5,1</b>	42/53	<b>6,4</b>	63/74	<b>7,7</b>	77/87		
<b>5,2</b>	44/55	<b>6,5</b>	65/75	<b>7,8</b>	78/88		

*Примечание:* в числителе возраст мужчин, в знаменателе возраст женщин; расчетный возраст округлен до целых значений.

Высокая степень тесноты связи ПА с возрастом позволила получить уравнения регрессии, с помощью которых по известному ПА можно вычислять ориентировочный возраст умерших. Эти уравнения имеют вид обратного полинома первого порядка:  $y=a+b/x$

Возраст (муж) = 146,919-535,586/ПА;

Возраст (жен) = 153,449-511,346/ПА. К расчетам можно не прибегать, если использовать данные таблицы 3.

Сравнение расчетных возрастов с фактическими показало, что наибольшее их соответствие (отклонение не более  $\pm 15\%$ ; нормогеронты) отмечалось в возрастной группе 41 год и старше и составляло в среднем 80% всех наблюдений (табл. 4).

Таблица 4.

Частота отклонений расчетного возраста от фактического у мужчин и женщин разных возрастных групп

Возрастные интервалы	Мужчины			Женщины		
	Гипергеронты	Нормогеронты	Гипогеронты	Гипергеронты	Нормогеронты	Гипогеронты
До 40 лет	17/31 (54,8%)	11/31 (35,5%)	3/31 (9,7%)	4/7 (57,1%)	2/7 (28,6%)	1/7 (14,3%)
41-70 лет	1/110 (1,5%)	87/110 (79,1%)	6/110 (5,4%)	14/66 (21,2%)	51/66 (77,3%)	1/66 (1,5%)
71 год и старше	0/55 (0%)	45/55 (81,8%)	10/55 (18,2%)	1/82 (1,2%)	67/82 (81,7%)	14/82 (17,1%)

Однако в группе умерших до 40 лет более, чем в половине всех случаев, наблюдались значительные (более 15%) отклонения расчетного возраста над фактическим в большую сторону (гипергеронты) – у мужчин в среднем на 47%, а у женщин на 50%. При этом в одном наблюдении у юноши 16 лет (ПА=4,8 см) расчетный возраст оказался равен 35 годам (+121%), а у женщины 22 лет (ПА=4,8 см) – 47 годам (+113%). Такие значительные погрешности обусловлены, очевидно, тем, что до 40 лет ПА зависит не только от возраста и связанных с ним атеросклероза и нарастающего АД, но еще и от изначальных антропометрических параметров

человека, в частности, массы тела. На эту возможность указывает наличие достоверных связей ПА с массой тела у мужчин и женщин молодого и среднего возраста и исчезновение этих связей у умерших более старшего возраста (табл. 5), что, по видимому, связано у них с усилением влияния на ПА нарастающего атеросклероза и формирующейся возрастной артериальной гипертензии.

Таблица 5.

Коэффициенты корреляции между ПА и массой тела у мужчин и женщин разных возрастных групп

Мужчины	до 30 лет	0,65* (n=12)
	старше 30 лет	0,01 (n=184)
Женщины	до 45 лет	0,48* (n=16)
	старше 45 лет	0,10 (n=139)

Примечание: звездочкой (\*) отмечены достоверные коэффициенты корреляции ( $p < 0,05$ )

В возрасте 71 год и старше у 18,2% мужчин и 17,1% женщин отмечались существенные (более 15%) отклонения расчетного возраста от фактического в меньшую сторону (гипогеронты; табл. 4). У мужчин они составляли в среднем 22% (максимальное отклонение 33%), у женщин – 19% (максимальное отклонение 23%). Причиной таких отклонений явились относительно слабо выраженные атеросклеротические изменения аорты и незначительные гипертензионные изменения артерий внутренних органов, что отразилось на величине периметра аорты.

Таким образом, определение возраста по ПА дает приемлемые результаты в основном у умерших старше 40 лет. В более молодом возрасте часто имеются существенные отклонения расчетного возраста от фактического в большую сторону, что ограничивает использование данного метода определения возраста умершего. Однако в комплексе с другими методами определения возраста неопознанного умершего он может быть эффективно использован.

#### Библиографический список

1. Барсуков В.С. Веденьев Ю.И., Николаев С.Б. Связь массы тела человека с некоторыми его линейными параметрами. В сб.: Актуальные проблемы медицинской науки и фармации. Курск, изд-во КГМУ, 2000. С. 32-33.
2. Величко В.М., Барков С.Ф. Определение возраста трупа (<http://www.sudmed.ru>)
3. Ефимов А.А. Судебно-медицинская оценка изменений эластических свойств крупных артерий в возрастном аспекте. Судебно-медицинская экспертиза 2008; № 6. С. 14-16.
4. Неклюдов Ю.А. Биологический возраст: судебно-медицинские аспекты. Судебно-медицинская экспертиза 1997; № 2. С. 10-13.
5. Павлов А.В. Возрастная динамика основных структурных компонентов семенников человека в оценке



биологического возраста: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. Саратов, 1997.

6. Савенкова Е.Н., Ефимов А.А. Методика судебно-медицинского определения возраста человека по микрометрическим параметрам кожи. Судбно-медицинская экспертиза 2008; № 5. С. 31-33.

7. Спиридонов А.В. Возрастные изменения щитовидной железы и их судебно-медицинская оценка: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. Саратов, 1997.

V.S. BARSUKOV, A.M. LOBANOV, V.A. POPOV

#### THE AORTA MORPHOMETRY IN EVALUATION OF THE UNKNOWN DECEASED AGE

*A possibility of the unknown deceased age evaluation based on the thoracic aorta perimeter dimension has been investigated. It has been established that the age evaluation with the aid of regression equations gives an acceptable result with  $\pm 15\%$  deflection of the calculated age from the real one in 80% of all cases after 40 years old. Before 40 an error of calculation may be more significant. Nevertheless the method can be used as the additional one in the evaluation of the unknown deceased age.*

Key words: unknown deceased, age evaluation, thoracic aorta perimeter.



**А.В. БОРСУКОВ**

доктор медицинских наук, профессор кафедры  
факультетской терапии Смоленской государственной  
медицинской академии  
E-mail: bor55@yandex.ru  
Тел. (4812) 63 22 10

**М.М. ХРАМЦОВ**

доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой  
инфекционных болезней с курсом эпидемиологии  
Смоленской государственной медицинской академии  
Тел. (4812) 27 19 21

**А.В. МАМОШИН**

кандидат медицинских наук, доцент кафедры  
общей хирургии и анестезиологии Орловского  
государственного университета  
E-mail: dr.mamoshin@mail.ru  
Тел. 8 920 287 70 07

**О.С. ПЕРЕГОНЦЕВА**

ассистент кафедры инфекционных болезней  
Смоленской государственной медицинской академии  
E-mail: o.peregontseva@mail.ru  
Тел. 8 910 766 31 99

**Ю.В. КОСТЮКОВА**

соискатель кафедры факультетской терапии  
Смоленской медицинской академии  
E-mail: julia\_kostyukova@mail.ru  
Тел. 8 910 713 53 33

**ДВУХКОМПОНЕНТНАЯ МАЛОИНВАЗИВНАЯ БИОИМПЕДАНСОМЕТРИЯ  
ПРИ ЗАБОЛЕВАНИЯХ ПАНКРЕАТОДУОДЕНАЛЬНОЙ ЗОНЫ (IN VIVO И IN VITRO):  
НОВЫЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ ВРАЧА КЛИНИЦИСТА**

*В статье рассмотрены вопросы клинического применения малоинвазивной биоимпедансометрии при хронических вирусных гепатитах, циррозах печени, деструктивном панкреатите. Получены данные импеданса при данных заболеваниях, позволяющие расширить диагностические возможности клинициста.*

*Ключевые слова:* малоинвазивная биоимпедансометрия, хронический гепатит, деструктивный панкреатит, асцит.

Внедрение новых методов диагностики при заболеваниях гепатопанкреатодуоденальной зоны является приоритетным направлением современной функциональной диагностики, позволяющим открыть новые горизонты диагностики в условиях не только многопрофильного стационара, но и в рутинной практике.

Для определения состояния метаболизма и тяжести поражения печени, желчного пузыря, поджелудочной железы в современной медицине используются такие методы, как ультразвуковое исследование с цветовым доплеровским картированием, соноэластография, спиральная компьютерная томография, магнитно-резонансная томография, а также морфологическое исследование биопсийного

материала. Оценка клинического состояния проводится благодаря биохимическим маркерам повреждения (трансаминазы, ГГТ, ЩФ, билирубин и т.д.) [1].

До настоящего времени в клинической практике нет надежного диагностического метода, способного во время малоинвазивной манипуляции в режиме реального времени определить состояние метаболизма органов гепатопанкреатодуоденальной зоны [2, 3].

Биоимпедансные измерения используются в различных сферах медицины для оценки состояния клеточного гомеостаза и содержания внеклеточной воды [4, 5]. В литературе имеются сообщения о возможности применения биоимпедансного измерения органов и тканей при их зондировании токами

различной частоты. Этот метод используется для наблюдения за состоянием биологических мембран и межклеточного пространства [4, 5, 6].

Для последовательного соединения омического сопротивления и емкости электрической импеданс (Z) равен:

$$Z = \sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}$$

где  $\omega$  – частота тока,  $C$  – электрическая емкость, омическая составляющая равна R.

Получить абсолютные значения величины сопротивления трудно, т.к. эта величина зависит от условий исследования, например, от площади электродов, от расстояния между ними, от плотности прилегания ткани к электродам, от толщины объекта и т.д. [4].

Переменный ток частотой ниже 40 кГц распространяется преимущественно по сосудам и межклеточному пространству, огибая при этом клетки, удельное сопротивление которых (за счет высокого омического сопротивления мембран) намного выше удельного сопротивления жидких сред. На частотах порядка сотен и тысяч кГц емкостное сопротивление мембран уже незначительно мешает проникновению тока в клетки и его плотность вне- и внутри клеток становится сравнимой. На таких частотах ток легко проходит как через внеклеточную, так и внутриклеточную среду. В отличие от низкочастотного измерения, проводимость тока повышается, соответственно сопротивление ткани (биоимпеданс) снижается [5].

Немаловажную роль в точность измерений импеданса и его составных частей вносят антропометрические показатели пациентов, что предполагает повышение информативности исследования благодаря использованию методики *in vitro*.

Целью исследования явилось определение информативности двухкомпонентной малоинвазивной электрической биоимпедансметрии как метода оценки функционального состояния и прогноза клинического течения при разных заболеваниях гепатопанкреатодуоденальной зоны.

В исследование включено 97 пациентов, обследованных в инфекционном и хирургическом отделениях «Клинической больницы №1» г. Смоленска и хирургическом отделении Орловской областной клинической больницы с марта 2011 г. по июль 2012 г. по поводу хронических вирусных гепатитов, цирроза печени, жидкостных образований, осложняющих течение острого деструктивного панкреатита (острое скопление жидкости, панкреатический абсцесс, острая ложная киста).

В зависимости от диагноза и методики исследова-

вания больные разделены на 3 группы (табл. 1):

группу №1 составили пациенты с хроническими вирусными гепатитами В и С, у которых использовалась монополярная малоинвазивная биоимпедансометрия в реальном времени при диагностической тонкоигольной биопсии печени и стандартизированной биполярная электрическая импедансометрия полученного биоптата *in vitro* (n=31);

группу №2 – пациенты с циррозом печени, которым проводилась монополярная малоинвазивная биоимпедансометрия под ультразвуковым контролем во время диагностического/лечебного лапароцентеза (n=18);

группу №3 – пациенты с острым деструктивным панкреатитом, осложненным формированием острого скопления жидкости, панкреатического абсцесса, острой ложной кисты, подвергавшиеся не только моно-, биполярной мультизональной биоимпедансометрии очага, а и многочастотной электрической импедансометрии содержимого очага (*in vitro*) (n=41).

Таблица 1.

Общая характеристика пациентов, участвовавших в исследовании

Группы	Средний возраст	Женщины		Мужчины		Всего	
		Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
1 группа – больные с хроническим вирусным гепатитом В, С	38,1±12,7	15	39,5	23	60,5	38	37,5
2 группа – больные с циррозом печени, портальная гипертензия 2-3ст	55,7±9,4	6	33	12	67	18	27,5
3 группа – больные острым деструктивным панкреатитом	51,3±14,2	17	41,5	24	58,5	41	35

У всех пациентов определяли биоэлектрический импеданс органов гепатопанкреатодуоденальной зоны.

Все показатели импеданса во всех 3 группах рассматривались относительно полярности (моно- и биполярно) электродов и частоты переменного тока. Измерение электрического импеданса проводилось на трех частотах 1, 10 и 100 кГц. Показатели импеданса, снимаемые в режимах *in vivo* и *in vitro*, имели свои особенности.

Система измерения *in vivo* состоит из изолированных пункционных игл, электродов и регистрирующего биоимпедансные параметры устройства,

последовательно подключенных между собой.

Небольшие размеры игл (G22) с диэлектрическим наконечником благодаря ультразвуковому мониторингу предусматривали их точное позиционирование и фиксацию в интересующей зоне исследования.

При хронических вирусных гепатитах измерение параметров импеданса проводилось на стандартизированной глубине 40 мм от капсулы органа (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид биоимпедансометрии паренхимы печени во время пункционно-аспирационной биопсии печени.

У всех пациентов с очаговым поражением мы исследовали биоимпеданс капсулы очага, периферии и центральной зоны образования (рис. 2).

Во время биполярной биоимпедансометрии диэлектрические иглы фиксировались таким образом, чтобы максимально охватить исследуемый участок органа, при этом расстояние между ними составляло 10 мм.

Исследование асцитической жидкости у пациентов с циррозом печени *in vivo* во время лапароцентеза позволяет оценить характер жидкости в реальном времени, однако это зачастую дает лож-

ноположительные и ложноотрицательные результаты, при этом использование методики биполярной импедансометрии *in vivo* позволяет уменьшить количество таких ошибок (рис. 3, 4).

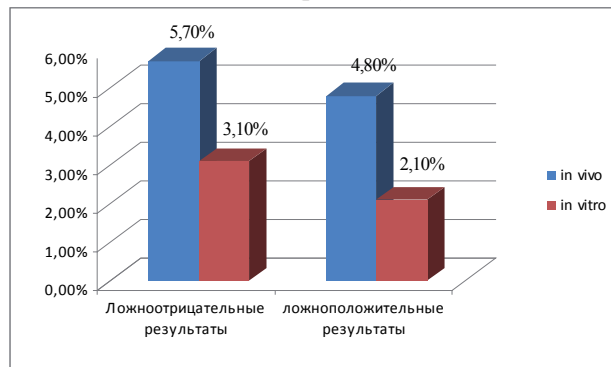


Рис. 3. Диаграмма ложноположительных и ложноотрицательных результатов импеданса асцитической жидкости *in vivo* и *in vitro*.



Рис. 4. УЗ-томограмма монополярной биоимпедансометрии асцита.

Бокс для исследования биопсийного материала *in vitro* представлен двумя диэлектрическими комбинированными составными с жесткой системой фиксации биологического материала и проводников, соединенных с регистрирующим устройством, а также защитой от внешнего воздействия (рис. 5).



Рис. 2. УЗ-томограммы монополярной мультизональной БИМ различных жидкостных образований при остром деструктивном панкреатите.



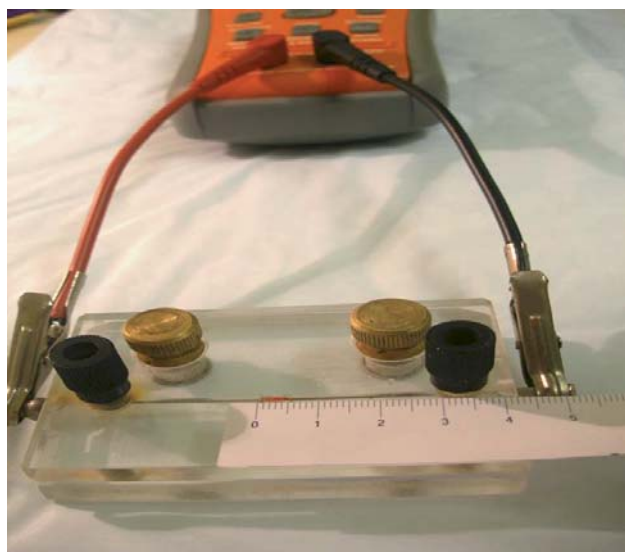


Рис. 5. Бокс для определения показателей биоимпедансометрии биоптата печени.

Пациенты с хроническими вирусными гепатитами В и С с высокой степенью активности процесса на частотах 1, 10 и 100кГц имели в 73% случаев более низкие значения импеданса (таб. 2, рис. 6).

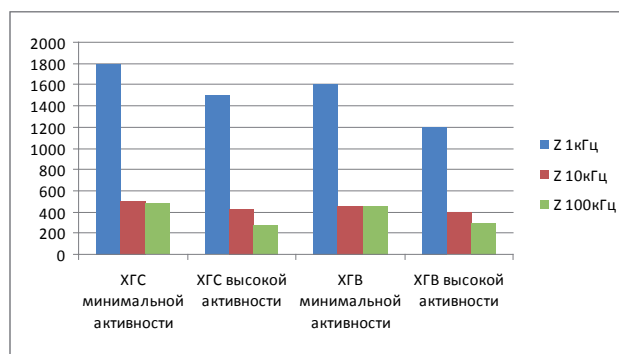


Рис. 6. Диаграмма значений импеданса у пациентов с хроническими вирусными гепатитами В и С в зависимости от активности процесса.

У всех пациентов с патологией поджелудочной железы наблюдалась зависимость величины импеданса от частоты переменного тока, глубины измерения.

Величины импеданса корректировали в зависимости от структурной организации содержимого

жидкостного образования. Показатели биоимпедансометрии позволяют предположить характер жидкостного образования.

Таблица 2.

Результаты анализа величины импеданса асцитической жидкости у пациентов с циррозом печени

Клиническая группа	In vivo		In vitro	
	1.0 кГц	10.0 кГц	1.0 кГц	10.0 кГц
Цирроз печени, портальная гипертензия 2-3 ст.	4896 Ом ±213.4	3126 Ом ±189.5	3906 Ом ±146.7	3004 Ом ±159.9

Таблица 3.

Измерение импеданса жидкостных образований панкреатогенного генеза in vivo

Частота	Характер жидкостного скопления		
	Острое скопление жидкости	Панкреатический абсцесс	Острая ложная киста
1 кГц, (Ом)	1070 - 2223	1200 - 660	1100 - 1550
10 кГц, (Ом)	380 - 342	530 - 300	610 - 480
100 кГц, (Ом)	190 - 207	360 - 200	340 - 300

Таким образом, проведение малоинвазивной биоимпедансометрии у пациентов с различными жидкостными образованиями панкреатогенного генеза может быть использована в решении вопросов, связанных с ранней дифференциальной диагностикой и определением дальнейшей лечебной тактики. Биоимпедансная пункция печени повышает эффективность дифференциальной диагностики диффузных заболеваний печени за счет уточнения данных эхоэмиотики печеночной паренхимы как при минимальной активности процесса, так и в далеко зашедших случаях, благодаря комплексному исследованию (УЗИ, биопсия и биоимпедансометрии печени) и получению результатов в количественном выражении. Использование малоинвазивной биоимпедансометрии при заболеваниях гепатопанкреатодуоденальной зоны (in vivo и in vitro) дает новые диагностические возможности для врача-клинициста.

#### Библиографический список

1. Ю.Р.Шифф, М.Ф. Соррел, Ю.С.Меддрей. Болезни печени по Шиффу. Введение в гепатологию, ГЭОТАР-Медиа, М. 2011. С. 107-222.
2. Борсуков А.В. Малоинвазивный электрохимический лизис в гепатологии, маммологии, урологии, эндокринологии, Медпрактика-М, М. 2008. 316 с.
3. Борсуков А.В., Шолохов В.Н. Малоинвазивные технологии под ультразвуковой навигацией в современной клинической практике, Смоленск, 2009. 248 с.
4. Тарусов Б.Н., Антонов В.Ф. и др. Биофизика: Учебное пособие для биологов специальных университетов. М. 1986.



5. *Мартыросов Э.Г., Николаев Д.В., Руднев С.Г.* Технологии и методы определения состава тела человека. М.: Наука, 2006. 256 с.
6. *Howie MB, Dzwonczyk R, McSweeney TD.* An Evaluation of a New Two\_Electrode Myocardial Electrical Impedance Monitor for Detecting MyocardialI schemia. *Anesth Analg.* 2001; 92:12\_18.
7. *Wtorek J., Siebert J., Rogowski J.* Electrical impedance spectroscopy as an estimator of heart muscle ischemia: in vitro study. *Proc. of Eur. Med. & Biol.Eng. Conf, in Med. & Biol. Eng. & Comput. incorp.Cell. Eng.* 1999. vol. 37, suppl. 2, p. 90-91.

**A.V. BORSUKOV, M.M. HRAMCOV, A.V. MAMOSHIN, O.S. PEREGONCEVA, U.V. KOSTUKOVA**

**TWO-COMPONENT MINIINVASIVE BIOIMPEDANCE IN THE DISEASES  
OF PANCREATICODUODENAL AREA (IN VIVO AND IN VITRO): NEW DIAGNOSTIC  
POSSIBILITIES FOR THE PRACTICAL DOCTOR**

*The questions of clinical application of miniinvasive bioimpedance in chronic viral hepatitis, cirrhosis of the liver, destructive pancreatitis. The data-impedance of these diseases would increase the diagnostic possibilities of the practical doctor.*

*Key words: miniinvasive bioimpedance, chronic hepatitis, destructive pancreatitis, ascites.*



**С.Ю. БОРИСОВА**

аспирант кафедры внутренних болезней Орловского государственного университета  
E-mail: doc-f2011@yandex.ru  
Тел. 8 903 881 11 65

**В.И. ВИШНЕВСКИЙ**

доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой внутренних болезней Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 42 94 53

**И.А. САРАЕВ**

доктор медицинских наук, профессор кафедры внутренних болезней Курского государственного медицинского университета  
Тел. 8 919 272 41 29

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НОЛИПРЕЛА А У БОЛЬНЫХ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТОНИЕЙ ТРУДОСПОСОБНОГО ВОЗРАСТА

*У 30 больных артериальной гипертонией 1-2 степени трудоспособного возраста в амбулаторных условиях проведена антигипертензивная терапия фиксированной комбинацией периндоприла с индапамидом (Нолипрел А) в течение месяца. Выявлено благоприятное влияние препарата на параметры суточного мониторинга АД: уменьшились дневное и ночное среднее САД и ДАД, индекс времени САД и ДАД днем и ночью, вариабельность САД и ДАД днем и ночью, величина и скорость утреннего подъема САД и ДАД. Отмечено достоверное снижение уровня микроальбуминурии на 22,7%, что свидетельствует о нефропротективном действии препарата у этой категории больных.*

*Ключевые слова:* артериальная гипертония, антигипертензивная терапия, нолипрел А, суточное мониторирование АД, микроальбуминемия.

В Российской Федерации повышенное артериальное давление (АД) имеют 42,5 млн человек, что составляет до 40% населения страны (5). Распространенность артериальной гипертонии (АГ) с возрастом увеличивается, среди женщин несколько выше, чем среди мужчин (1). Наиболее часто выявляют сочетание повышенного систолического (САД) и диастолического АД (ДАД) – у 49% мужчин и 54% женщин (2).

Опасность АГ заключается в ее последствиях, выражающихся в поражении органов-мишеней (ПОМ) и высоком риске развития серьезных сердечно-сосудистых осложнений (ССО) – острых форм ИБС, мозгового инсульта, сердечной недостаточности, периферического атеросклероза, что неминуемо ведет к ухудшению качества жизни, сокращению ее продолжительности и значимому социально-экономическому ущербу (3).

В России в 2009г. антигипертензивные препараты получали 69,5% больных АГ, из них эффективно лечатся 27,3%, а контролируют АД на целевом уровне 23,2% пациентов (5). Ситуация с осведомленностью также тревожная: более 60% мужчин и 40% женщин не знают о наличии у них АГ. Это в значительной степени связано с бессимптомным

течением этого заболевания.

Часто используемая в практике стратегия монотерапии АГ требует от врача кропотливого поиска оптимального для больного антигипертензивного препарата (АГП) с частой заменой и лекарственных средств, и их дозировок (4). Это приводит к низкой приверженности пациента к лечению и его эффективности. Особенно это актуально для больных с мягкой и умеренной АГ, не испытывающих дискомфорта от повышения АД и не стремящихся к лечению (2).

Для достижения целевых значений АД большинству пациентов требуются 2 и более АГП, что снижает их приверженность к лечению (4). Так, если рекомендован прием одной таблетки препарата в день, длительно лечиться выражают готовность 83%, двух таблеток – 70%, а трех таблеток – менее 60%.

Назначение комбинированных АГП всегда имело место в клинической практике врача. Фиксированные комбинации имеют ряд преимуществ:

1. воздействуют на различные патогенетические механизмы развития АГ;
2. потенцируют и пролонгируют антигипертензивные эффекты входящих в них препаратов за счет аддитивного или синергического действия, нейтра-

лизации контррегулярных механизмов, направленных на повышение АД;

3. снижают риск развития побочных явлений из-за уменьшения дозы и возможность противодействия нежелательным эффектам одного препарата другому;

4. повышают эффективность в предупреждении ПОМ за счет потенцирования органопротективных свойств;

5. имеют оптимальный и безопасный дозовый режим;

6. увеличивают приверженность пациента к лечению.

Кроме того, фиксированные комбинации АГП уменьшают риск использования нерациональных комбинаций, снижают стоимость лечения (1, 3, 4).

Ключевая роль в развитии органных поражений при АГ отводится ангиотензину II (АТ II), особенно в развитии поражения почек и ХПН (3, 4). Увеличение продукции АТ II почками вызывает запуск каскада нейрогуморальных и структурно-функциональных изменений, приводящих к развитию протеинурии, клеточной пролиферации, аккумуляции матрикса и в конечном итоге – развитию гломерулосклероза. Ингибиторы АПФ, блокируя эффекты тканевой РААС, оказывают выраженное органопротективное действие – замедляют развитие изменений в органах-мишенях, в том числе и в почках (6, 7).

**Целью работы** явилась оценка влияния комбинированного препарата Нолипрел А на суточный профиль АД и уровень микроальбуминурии у больных артериальной гипертонией 1-2 степени трудоспособного возраста.

**Материалы и методы.** Обследованы 30 пациентов АГ 1–2 степени (10 мужчин и 20 женщин) в возрасте от 32 до 60 лет (средний возраст  $49,0 \pm 7,2$  лет). Из них 1 степень повышения АД была диагностирована у 5 человек, 2 степень – у 25 человек.

Суточное мониторирование АД (СМАД) проводилось с использованием монитора АВРМ-02 фирмы «MEDITECH» (Венгрия) в исходном состоянии и через 4 недели лечения. Функциональное состояние почек оценивалось по уровню креатинина плазмы крови, клиренсу креатинина (по формуле Кокрофта-Гаулта) и уровню микроальбуминурии (МАУ). МАУ определяли иммунохимическим методом с помощью системы NemoCue Albumin 201.

В качестве антигипертензивной терапии больные получали фиксированную комбинацию АГП – ингибитор АПФ II поколения периндоприл и тиазидоподобный диуретик индапамид (2,5 мг и 0,625 мг соответственно; Нолипрел А фирмы «Servier», Франция). Суточная доза Нолипрела А составила  $1,2 \pm 0,4$  таблетки 1 раз в сутки в течение 4 недель.

**Результаты исследования и их обсуждение.** В таблице 1 приведены показатели СМАД до лечения и после 1 месяца применения нолипрела А.

Таблица 1.

Параметры СМАД на фоне приема нолипрела А (n=30).

Показатель	До лечения		Через 1 месяц терапии	
	M±m	δ	M±m	δ
ССрДД	151,6 ± 9,9	1,8	134,0 ± 8,1*	1,5
ДСрДД	95,4 ± 10,5	1,9	84,7 ± 8,6*	1,6
ССрДН	141,8 ± 13,0	2,4	121,4 ± 11,7*	2,1
ДСрДН	85,5 ± 9,9	1,8	72,3 ± 7,8*	1,4
ИВСДД	75,8 ± 22,3	4,1	28,4 ± 30,1*	5,5
ИВДДД	65,6 ± 29,5	5,4	28,4 ± 30,9*	5,6
ИВСДН	82,2 ± 25,6	4,7	23,8 ± 22,9*	4,2
ИВДДН	70,8 ± 31,9	5,8	33,3 ± 28,4*	5,2
СИСД	9,7 ± 8,0	1,5	11,7 ± 6,2	1,1
СИДД	12,5 ± 9,0	1,6	13,0 ± 6,1	1,1
ПСрД	56,5 ± 8,1	1,5	49,4 ± 6,7*	1,2
ВСДД	12,1 ± 3,0	0,5	8,0 ± 2,0*	0,4
ВДДД	10,5 ± 2,4	0,4	7,0 ± 1,8*	0,3
ВСДН	12,2 ± 4,1	0,8	7,5 ± 2,6*	0,5
ВДДН	10,6 ± 4,1	0,7	6,5 ± 2,3*	0,4
ВУПСД	45,8 ± 13,4	2,4	27,4 ± 9,9*	1,8
ВУПДД	42,7 ± 12,7	2,3	24,6 ± 10,7*	1,9
СУПСД	28,5 ± 22,6	4,1	11,9 ± 7,6*	1,4
СУПДД	19,8 ± 15,7	2,9	7,9 ± 3,2*	0,6

**Примечание:** ССрДД – систолическое среднее давление днем; ДСрДД – диастолическое среднее давление днем; ССрДН – систолическое среднее давление ночью; ДСрДН – диастолическое среднее давление ночью; ИВСДД – индекс времени систолического давления днем; ИВДДД – индекс времени диастолического давления днем; ИВСДН – индекс времени систолического давления ночью; ИВДДН – индекс времени диастолического давления ночью; СИСД – суточный индекс систолического давления; СИДД – суточный индекс диастолического давления; ПСрД – пульсовое среднее давление; ВСДД – вариабельность систолического давления днем; ВДДД – вариабельность диастолического давления днем; ВСДН – вариабельность систолического давления ночью; ВДДН – вариабельность диастолического давления ночью; ВУПСД – величина утреннего подъема систолического давления; ВУПДД – величина утреннего подъема диастолического давления; СУПСД – скорость утреннего подъема систолического давления; СУПДД – скорость утреннего подъема диастолического давления.  
\* – p < 0,001

Как следует из табл. 1, ССрДД в исходном состоянии составило  $151,6 \pm 9,9$  мм рт.ст., на фоне лечения отмечалось его снижение до  $134,0 \pm 8,1$  мм рт.ст., или на 11,6%. ДСрДД в исходном состоянии составило  $95,4 \pm 10,5$  мм рт.ст., на фоне лечения уменьшилось до  $84,7 \pm 8,6$  мм рт.ст., или на 11,2% (рис. 1).

ССрДН до лечения было в пределах  $141,8 \pm 13,0$  мм рт.ст., через 4 недели лечения нолипрелом А отмечалось снижение ССрДН до  $121,4 \pm 11,7$  мм рт.ст.; ДСрДН до лечения –  $85,5 \pm 9,9$  мм рт.ст., после

лечения уменьшилось до  $72,3 \pm 7,8$  мм рт.ст., или на 14,4% и 15,5% соответственно (рис. 2).

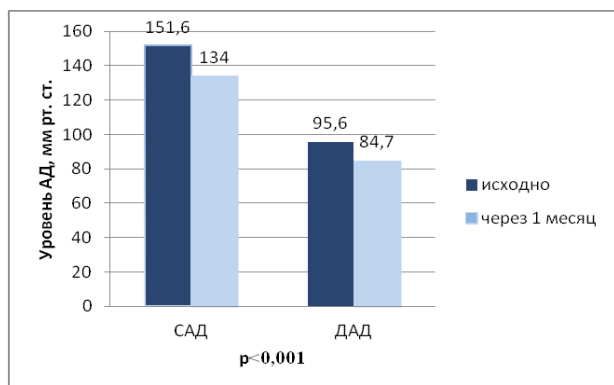


Рис. 1. Динамика уровня среднего систолического и диастолического АД днем на фоне лечения нолипрелом А.

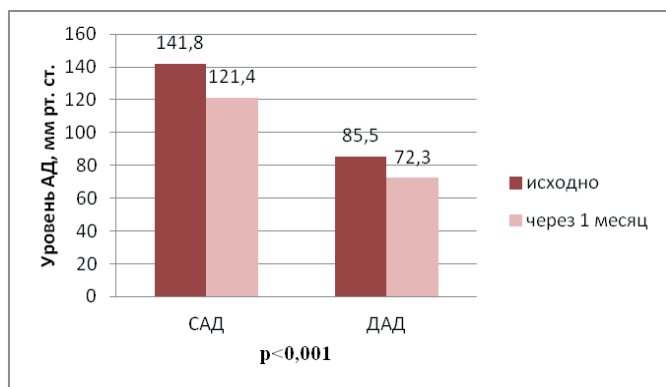


Рис. 2. Динамика среднего систолического и диастолического уровня АД ночью на фоне лечения нолипрелом А.

На фоне лекарственной терапии Нолипрелом А статистически достоверные изменения имели место в значениях индексов времени: ИВСД уменьшился от  $75,8 \pm 22,3\%$  до  $28,4 \pm 30,1\%$ , или на 62,6%; ИВДД снизился с  $65,6 \pm 29,5\%$  до  $28,4 \pm 30,9\%$ , или на 56,7%. ИВСН уменьшился от  $82,2 \pm 25,6\%$  до  $23,8 \pm 22,9\%$ , или на 70,5%. ИВНД снизился с  $70,8 \pm 31,9\%$  до  $33,3 \pm 28,4\%$ , или на 52,9% (рис. 3).

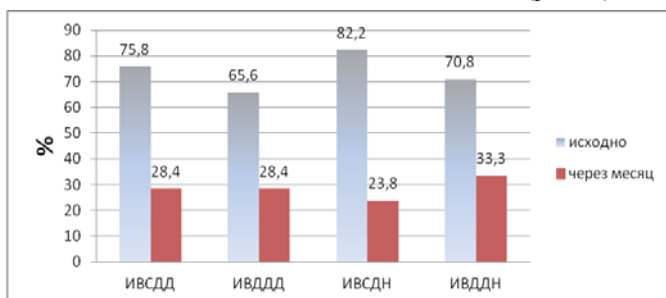


Рис. 3. Динамика показателей индексов времени САД и ДАД на фоне лечения нолипрелом А.

Среднее пульсовое давление достоверно снизилось с  $56,5 \pm 8,1$  мм рт.ст. до  $49,4 \pm 6,7$  мм рт.ст., или на 9,6%.

Вариабельность АД также имела положитель-

ную динамику. Так, ВДСД и ВДДД уменьшилась на 33,4% и 33,0% соответственно; ВНСД и ВНДД снизилась на 38,6% и 38,7% соответственно.

Величина утреннего подъема САД и ДАД уменьшились на 40,2% и 42,5% соответственно. Скорость утреннего подъема САД и ДАД снизилась на 58,1% и 59,9%, соответственно (рис. 4).

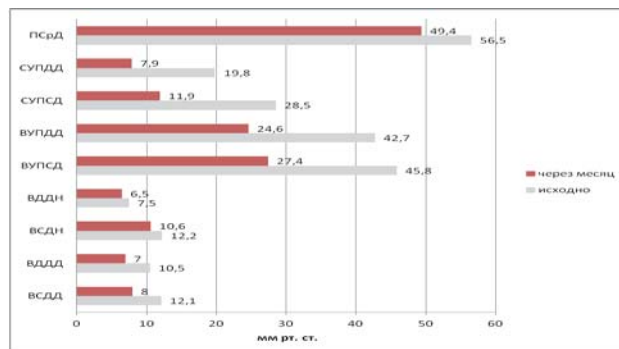


Рис. 4. Динамика среднего пульсового давления, вариабельности, величины и скорости утреннего подъема САД и ДАД на фоне лечения нолипрелом А.

Статистически значимой динамики суточного индекса САД и ДАД выявлено не было.

Исходный уровень альбумина в моче в целом по группе больных АГ составил  $23,4 \pm 31,0$  мг/л. У каждого пятого пациента отмечалась МАУ (> 30 мг/л), которая составила до лечения  $78,5 \pm 29,3$  мг/л. На фоне месячной терапии Нолипрелом А ее значение уменьшилось до  $17,8 \pm 5,6$  мг/л ( $p = 0,0006$ ), что составило 22,7% (рис. 5).

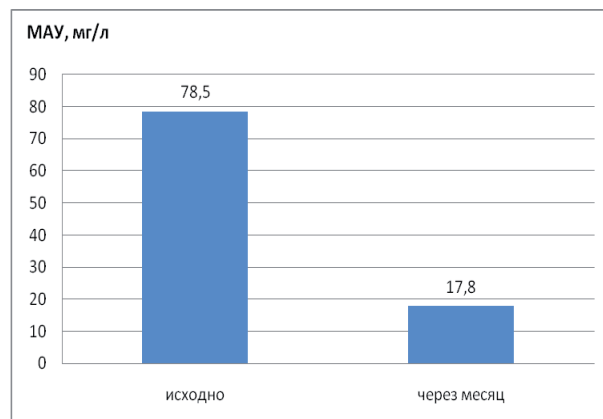


Рис. 5. Динамика МАУ на фоне антигипертензивной терапии нолипрелом А.

Статистически значимой динамики уровня креатинина плазмы крови, клиренса креатинина на фоне АГТ Нолипрелом А выявлено не было.

**Заключение:** Комбинированный препарат Нолипрел А у больных артериальной гипертензией 1-2 степени трудоспособного возраста является эффективным антигипертензивным препаратом: при однократном приеме в течение суток обеспечивает

стабильное снижение САД и ДАД. У всех пациентов были достигнуты целевые уровни АД – менее 140 и 90 мм рт.ст. Выявлено благоприятное влияние препарата на параметры суточного мониторинга АД: уменьшились дневное и ночное среднее САД и ДАД, индекс времени САД и ДАД днем и

ночью, вариабельность САД и ДАД днем и ночью, величина и скорость утреннего подъема САД и ДАД. Нолипрел А достоверно снижает уровень микроальбуминурии на 22,7%, что свидетельствует о нефропротективном действии препарата у этой категории больных.

#### Библиографический список

1. Рациональная фармакотерапия сердечно-сосудистых заболеваний. Руководство для практикующих врачей. Под ред. Е.И. Чазова, Ю.Н. Беленкова. М.: Литтерра; 2005. 972 с.
2. Руководство по амбулаторно-поликлинической кардиологии. Под ред. Ю.Н. Беленкова, Р.Г. Оганова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. 398 с.
3. Руководство по артериальной гипертензии. Под ред. Е.И. Чазова, И.Е. Чазовой. М.: Медиа Медика, 2005. 784 с.
4. Кобалава Ж.Д., Котовская Ю.В., Моисеев В.С. Артериальная гипертензия. Ключи к диагностике и лечению. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. 864 с.
5. Рекомендации по диагностике и лечению артериальной гипертензии экспертов ВНОК, 2010 (4 пересмотр). Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2010, № 6 (Прил. 2).
6. Беленков Ю.Н., Мареев В.Ю., Агеев Ф.Т. Ингибиторы ангиотензин-превращающего фермента в лечении сердечно-сосудистых заболеваний. М.. 2001. 86 с.
7. Кириченко А.А. Ренопротективное действие ингибиторов ангиотензинпревращающего фермента. – Справочник поликлинического врача. 2011, № 8, С. 3-6.

**S.YU. BORISOVA, V.I. VISHNEVSKIY, I.A. SARAEV**

*At 30 patients with arterial hypertension of 1-2 degrees of able-bodied age in out-patient conditions antihypertensive therapy by the fixed combination Perindopril with Indapamide (Noliprel A) within a month is carried out. Beneficial effect of a preparation on parameters of daily monitoring of a BP is taped: the SBP and DBP, time index the SBP and DBP day and night, variability the SBP and DBP day and night, size and rate of morning lifting the SBP and DBP decreased a day and night average. Authentic depression of level of a microalbuminuria for 22,7 % that testifies to nephroprotective action of a preparation at this category of patients is noticed.*

*Key words: arterial hypertension, antihypertensive therapy, Noliprel A, daily monitoring of a BP, microalbuminuria.*



**В.Н. БУБЕНЧИКОВА***доктор фармацевтических наук, профессор, зав. кафедрой фармакогнозии и ботаники Курского государственного медицинского университета**E-mail: fg.ksmu@mail.ru**Тел. 8 905 042 20 32***Ю.А. КОНДРАТОВА***старший преподаватель кафедры фармакогнозии и ботаники Курского государственного медицинского университета**E-mail: salvia\_julia@mail.ru**Тел. 8 909 238 28 55***АНТИЭКССУДАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ВОДОРАСТВОРИМОГО ПОЛИСАХАРИДНОГО КОМПЛЕКСА ВЕРОНИКИ СЕДОЙ**

*В статье приведены данные по получению водорастворимого полисахаридного комплекса из травы вероники седой. Водорастворимый полисахаридный комплекс представлен глюкозой, галактозой, арабинозой, рамнозой, ксилозой и глюкуроновой кислотой. Доказано наличие антиэкссудативной активности у водорастворимого полисахаридного комплекса, выделенного из травы вероники седой.*

*Ключевые слова:* *Veronica incana L., водорастворимые полисахариды, антиэкссудативная активность.*

Поиск новых растительных препаратов, регулирующих процессы воспаления, является одной из важнейших проблем медицины, так как фитопрепараты комплексно и мягко действуют на организм человека по сравнению с синтетическими препаратами. В народной медицине в качестве противовоспалительного средства нашли свое применение растения рода вероника, в частности *Veronica incana L.*, которая в химическом и фармакологическом плане изучена недостаточно [4].

В связи с этим цель нашей работы заключалась в выделении и исследовании водорастворимого полисахаридного комплекса травы вероники седой, а также в изучении его антиэкссудативной активности.

Объектом исследования служила измельченная воздушно-сухая трава вероники седой, заготовленная в 2011 году в Курской области, в период массового цветения растения.

**Методы исследования**

Для выделения полисахаридного комплекса воздушно-сухое измельченное сырье предварительно обрабатывали 70% спиртом этиловым для удаления полифенольных соединений.

Из шрота, оставшегося после получения полифенольных соединений, выделяли водорастворимый полисахаридный комплекс (ВРПС). Для чего воздушно-сухой шрот экстрагировали водой в соотношении 1:20 к массе сырья при нагревании до 95° С в течение 1 часа при постоянном переме-

шивании. Повторное извлечение полисахаридов проводили дважды водой в соотношении 1:10. Растительный материал отделяли центрифугированием, и объединенные экстракты упаривали до 1/5 первоначального объема. Полисахариды осаждали тройным объемом 96% спирта этилового при комнатной температуре. Выпавший плотный осадок полисахаридов отделяли, промывали 70% спиртом этиловым, ацетоном. Полученные ВРПС лиофильно высушивали [1].

Для установления моносахаридного состава ВРПС проводили его гидролиз 2Н кислотой серной. Навески веществ (0,05) помещали в ампулу емкостью 5-10 мл, прибавляли 2,5 мл раствора кислоты серной, запаивали ампулы и гидролизовали при температуре 100-105° С в течение 6 часов. Гидролизат нейтрализовали бария карбонатом по универсальному индикатору до нейтральной реакции, отфильтровали и осаждали спиртом этиловым 96%. Образовавшийся осадок обрабатывали катионитом КУ – 2 до кислой реакции. Разделение и идентификацию нейтральных моносахаридов проводили методом нисходящей хроматографии на бумаге в системе растворителей н-бутанол-пиридин-вода (6:4:3) параллельно со стандартными образцами сахаров. Кислые моносахара разделяли в системе этилацетат – кислота муравьиная – вода – кислота уксусная (18:1:4:3). Проявитель – анилин-фталат, температура проявления 100° С, длительность проявления 10-15 минут [1].

Вторым этапом наших исследований было

изучение антиэкссудативной активности ВРПС, выделенных из травы вероники седой. Экспериментальная работа выполнена на беспородных белых мышах массой 18,0-20,0 г. Эксперименты проводили в соответствии с установленными документами «Об утверждении правил лабораторной практики» (МЗ РФ, приказ № 267 от 19 июня 2003 г.), Good Laboratory Practice for Nonclinical Laboratory Studies (FDA, 21 CFR Part 58, 22.12.1978), OECD Principles on Good Laboratory Practice (OECD, ENV/MC/СHEM (98) 17, 1977) [2].

Оценку противовоспалительного действия ВРПС проводили в соответствии с методическими рекомендациями по исследованию противовоспалительных препаратов [3, 5].

Антиэкссудативные свойства оценивали на модели острого воспалительного отека, вызванного субплантарным введением в заднюю лапу мыши 0,05 мл 2,5% водного раствора формалина [5].

В опыт брали две группы мышей. Одной из них в течение недели, а затем за 2 часа до введения формалина, через 5 часов и 18 часов после него вводили внутривенно ВРПС в дозе 100 мг/кг массы тела. Мышам второй группы в те же сроки применяли воду очищенную. Воспаление вызывали путем впрыскивания в толщу бедра одной из задних лапок 0,05 мл 2,5% раствора формалина. Через 24 часа после введения формалина мышей забивали и у них отрезали воспаленные и невоспаленные задние лапки на уровне тазобедренного сустава. О выраженности воспалительного отека судили по приросту веса воспаленных лапок, который определяли по разнице в весе между воспаленными и невоспаленными лапками; о противовоспалительном действии изучаемого препарата – по разнице между величиной отека лапы, вызванного формалином у контрольных животных и мышей, получавших изучаемый препарат.

### Результаты

В результате проведенных исследований впервые из травы вероники седой выделены ВРПС, выход

которых составил 5,52% от воздушно-сухого сырья.

Методом хроматографии на бумаге параллельно с достоверными образцами сахаров в исследуемом ВРПС идентифицировали глюкозу, галактозу, арабинозу, рамнозу, ксилозу и глюкуроновую кислоту, с преобладанием галактозы, арабинозы, рамнозы.

При изучении антиэкссудативной активности на модели формалинового отека установлено, что максимальная величина отека лапы в контроле составляет  $58,27 \pm 2,65$  мг (100%) (таблица 1).

Таблица 1.

Влияние ВРПС травы вероники седой на отек лапы, вызванный у мышей формалином

Препарат	Доза	Вес лапок, мг		Величина отека		Противовоспалительный эффект, %
		правой	левой	( $M \pm m$ ), мг	%	
Контроль		184,78	126,51	$58,27 \pm 2,65$	100,00	
ВРПС	100мг/кг	164,52	118,30	$46,22 \pm 3,74^*$	79,32	20,68

Примечание: \* – различия по сравнению с контролем статистически достоверны, при  $P < 0,05$ ; n = 6 – количество мышей в группе.

Под действием полисахаридного комплекса, полученного из травы вероники седой, происходило снижение величины отека ( $46,22 \pm 3,74$  мг) лапы мыши. Противовоспалительный эффект составил 20,68%.

### Выводы

- Таким образом, впервые из травы вероники седой выделен и исследован водорастворимый полисахаридный комплекс.
- Установлено, что компонентный состав ВРПС травы вероники седой представлен 6 моносахарами, с преобладанием галактозы, арабинозы, рамнозы.
- Доказано наличие противовоспалительной активности у водорастворимого полисахаридного комплекса, что позволяет использовать данный фитопрепарат в качестве самостоятельного антиэкссудативного средства, а также как перспективный составляющий компонент для препаратов, обладающих противовоспалительной активностью.

### Библиографический список

1. Бубенчиков Р.А. Изучение полисахаридного состава фиалки полевой. III Российский гомеопатический съезд: сб. научн. тр. М. 2007. С. 165 – 166.
2. Приказ № 708 н от 23 августа 2010 г. «Об утверждении правил лабораторной практики»
3. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ. М.: Изд-во ЗАО «ИИА Ремедиум», 2000. 398 с.
4. Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 4. Семейства Caprifoliaceae – Lobeliaceae. Отв. ред. А.Л. Буданцев. СПб.; М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. 630 с.
5. Сернов Л.М., Гацура В.В. Элементы экспериментальной фармакологии М., 2000. 352 с.

V. N. BUBENCHIKOVA, YU. A. KONDRATOVA

ANTIEXUDATIVE ACTIVITY OF WATER-SOLUBLE POLYSACCHARIDE  
COMPLEX ISOLATED FROM VERONICA INCANA L.

*Watersoluble polysaccharides was extracted from above-ground part of Veronica incana L. The monosaccharides composition of water-soluble polysaccharide complex is represented by glucose, galactose, arabinose, ramnose, xylose, glucuronic acid. Antiexudative activity of water-soluble polysaccharide complex, isolated from herb Veronica incana L. has been established.*

*Key words: Veronica incana L., watersoluble polysaccharides, antiexudative activity.*



**В.Н. БУБЕНЧИКОВА**

доктор фармацевтических наук, профессор,  
зав. кафедрой фармакогнозии и ботаники Кур-  
ского государственного медицинского универси-  
тета

E-mail: fg.ksmu@mail.ru

**Ю.А. СТАРЧАК**

кандидат фармацевтических наук, доцент  
кафедры общей и фармацевтической химии  
Орловского государственного университета

E-mail: yuliya-starchak @yandex.ru

Тел. 8 910 300 11 13

## АМИНОКИСЛОТНЫЙ И МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ТРАВЫ ТИМЬЯНА МАРШАЛЛА (THYMUS MARCHALLIANUS WILLD.)

*Изучен качественный и количественный аминокислотный состав травы тимьяна Маршалла с помощью нингидриновой реакции, хроматографии в тонком слое сорбента и аминокислотного анализатора. Качественный состав и количественное содержание минеральных элементов определяли методом эмиссионного спектрального анализа.*

*Ключевые слова:* тимьян Маршалла (*Thymus marchallianus Willd.*), аминокислоты, минеральные элементы.

Аминокислоты играют важную роль в жизни организма. Из них 8 являются незаменимыми, они синтезируются только растениями и не синтезируются в организме человека. Поэтому их необходимо получать извне [3,4].

Аминокислоты участвуют в биосинтезе специфических тканевых белков, ферментов, гормонов и других физиологически активных соединений.

Минеральные элементы, вступая в соединения с химическими регуляторами обмена веществ, принимают участие в различных биохимических процессах, стимулируют и нормализуют обмен веществ. Многие микроэлементы выполняют строго определенные функции, являясь своеобразными катализаторами биологических процессов в организме человека [4].

До настоящего времени аминокислотный и минеральный состав многих лекарственных растений не изучен. Хотя важно знать, какие элементы накапливает растение, т.к. многие макро- и микроэлементы способны предупредить развитие некоторых болезней, а другие, тяжелые металлы, радионуклиды, наоборот проявляют токсические и канцерогенные свойства.

Учитывая все вышеизложенное, целью нашей работы явилось исследование аминокислотного и минерального состава травы тимьяна Маршалла, произрастающей на территории центральных областей России.

### Материалы и методы

Объектом исследований служила воздушно-сухая измельченная трава тимьяна Маршалла (*Thymus marchallianus Willd.*), заготовленная в Орловской области в 2011-2012 гг. в период цветения растений.

Качественное обнаружение аминокислот проводили в водном извлечении с помощью нингидриновой реакции и хроматографией в тонком слое сорбента [1,2].

Для этого 5,0 г воздушно-сухого измельченного сырья заливали 50 мл дистиллированной воды и нагревали с обратным холодильником на кипящей водяной бане в течение 1 часа. Извлечение фильтровали, сырье заливали снова 50 мл воды и операцию повторяли. Водные извлечения, полученные после трехкратной экстракции, объединяли, упаривали под вакуумом до 25 мл и использовали для проведения качественной реакции и хроматографического анализа.

При качественном анализе смешивали равные объемы исследуемого извлечения и 0,1% свежеприготовленного раствора нингидрина и осторожно нагревали.

Хроматографический анализ проводили в тонком слое сорбента. 0,03-0,05 мл полученных извлечений наносили на подготовленные хроматографические пластинки «Силуфол» и хроматографировали в системе растворителей: 96% спирт этиловый: концентрированный аммиак в соотношении (16:4,5) параллельно с достоверными образца-

ми аминокислот. Хроматограммы высушивали на воздухе, обрабатывали их 0,2% спиртовым раствором нингидрина и нагревали в сушильном шкафу при температуре 100-105°C в течение нескольких минут.

Для более детального изучения содержания свободных аминокислот использовали аминокислотный анализатор марки LKB 4151 «Альфа плюс».

Сырье исчерпывающе экстрагировали горячей водой. Извлечение фильтровали, упаривали досуха в вакууме. Для определения свободных аминокислот сухие остатки (точные навески) растворяли в натриево-цитратном буфере (рН 2,2), объемы растворов доводили до 10 мл. Анализ аминокислот проводили на аминокислотном анализаторе в стандартных условиях, обычно используемых для разделения белковых гидролизатов [1,2].

Качественный состав и количественное содержание минеральных элементов определяли методом эмиссионного спектрального анализа. Образцы сырья измельчали, подвергали озоленю в муфельной печи при температуре 450-500°C при доступе воздуха в течение 2 часов. Полученную золу после охлаждения в эксикаторе взвешивали на аналитических весах и анализировали на спектрографе ДФС-8-1 (Россия). Фотометрирование спектрограмм проводили с помощью атласа спектральных линий и спектров-стандартов с погрешностью не более 2% в пересчете на золу [1,2].

### Результаты и обсуждение

Результаты качественного анализа аминокислот позволили установить их наличие в траве тимьяна Маршалла. При хроматографическом анализе аминокислоты проявлялись в виде красно-фиолетовых пятен.

В траве тимьяна Маршалла обнаружено 15 аминокислот, в том числе 7 незаменимых (валин, лейцин, лизин, треонин, фенилаланин, метионин, изолейцин).

Результаты анализа аминокислот с помощью аминокислотного анализатора представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Содержание и состав аминокислот травы тимьяна Маршалла, мг/100 мг

Наименование аминокислоты	Содержание, мг/100 мг в пересчете на абсолютно сухое сырье
Аспарагиновая кислота	0,05
Треонин*	0,04
Серин	0,04
Цистеин	0,23
Глицин	0,05

Аланин	0,16
Валин*	0,05
Метионин*	0,01
Изолейцин*	0,01
Лейцин*	0,08
Тирозин	0,05
Фенилаланин*	0,04
Гистидин	0,03
Лизин*	0,05
Аргинин	0,08
Сумма аминокислот	0,97
Примечание: * - незаменимые аминокислоты.	

Суммарное содержание свободных аминокислот в траве тимьяна Маршалла составляет 0,97 мг/100 мг. Преобладающими среди них являются аланин, цистеин, лейцин, аргинин.

Проведенный анализ минерального состава показал (таблица 2), что перечисленные элементы разделились на:

Таблица 2.

Содержание биоэлементов в траве тимьяна Маршалла

Химический элемент	Содержание элемента, мг/100г	Химический элемент	Содержание элемента, мг/100г
1	2	3	4
Fe	80	Cu	1,2
Si	650	Zn	16
P	140	Na	245
Al	80	K	2430
Mn	40	Sr	8,1
Mg	245	Co	<0,03
Pb	<0,03	Cd	<0,01
Ni	0,8	As	<0,01
Mo	<0,03	Hg	<0,01
Ca	1300		

• имеющие важное биологическое значение (железо, кальций, кобальт, магний, марганец, медь, молибден, цинк);

- условно важное (кремний, мышьяк);
- токсичные элементы (свинец, ртуть).

Наибольшая концентрация среди биоэлементов в траве тимьяна Маршалла наблюдается у калия, натрия, кальция, кремния, а наименьшая у свинца, молибдена, кобальта, кадмия, ртути, мышьяка.

Проведенный анализ показал, что данные биоэлементы, содержащиеся в траве тимьяна Маршалла, в порядке уменьшения их количественного содержания образуют следующий ряд:

K>Ca>Si>Na=Mg>P>Fe=Al>Mn>Zn>Sr>Cu>Ni>Pb=Mo=Co>Cd=As=Hg



Полученные данные позволяют отметить, что трава тимьяна Маршалла содержит аминокислоты (в том числе 7 незаменимых), а также значительные количества многих важнейших минеральных элементов. В комплексе с другими БАВ (полисахаридами, фенольными соединениями, органическими кислотами) это подчеркивает терапевтическую значимость и дает возможность создания новых ценных препаратов комбинированного действия на основе сырья тимьяна Маршалла.

#### **Выводы**

1. Изучен компонентный состав свободных аминокислот в траве тимьяна Маршалла. Всего обнаружено 15 аминокислот, из них 7 – незаменимых. Суммарное содержание свободных аминокислот составляет 0,97 мг/100 мг.

2. Анализ минерального состава показал наличие 19 минеральных элементов. Достаточно богатый минеральный состав травы тимьяна Маршалла позволяет рекомендовать ее в качестве сырья, богатого макро- и микроэлементами.

#### **Библиографический список**

1. Бубенчиков Р.А. Аминокислотный и минеральный состав травы фиалки удивительной. Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. Химия. Биология, Фармация. 2006. № 1. С. 186-188
2. Лукманова К.А., Рябчук В.А., Салихова Н.Х. Аминокислотный и минеральный состав фитопрепарата люцерн. Фармация. 2000. №1. С. 25-27.
3. Пилат Т.Л., Иванов А.А. Биологические активные добавки к пище (теория, пр-во, применение). М.: Аввалон, 2002. 710 с.: ил.
4. Davies J.S. Aminoacids, peptides and proteins. Cambiidge: The Royal Society of Chemistry, 2006. 472p.

**V. N. BUBENCHICOVA, YU. A. STARCHAK**

#### **AMINOACID AND MINERAL COMPOSITION OF HERBA OF THYMUS MARCHALLIANUS WILLD**

*The aim of the investigation: is the study of aminoacid and mineral composition of herba of Thymus marchallianus Willd.*

*The object of investigation was air-dried cut herb of Thymus marchallianus Willd.*

*The methods of investigation are: chemical, chromatographic, spectroscopic methods of research.*

*The results: The qualitative and quantitative amino acid and mineral composition of Thymus marchallianus Willd. herb has been investigated.*

*Key words: Thymus marchallianus Willd., aminoacid and mineral composition.*

Л.И. БУБЛИКОВА

доктор биологических наук, профессор кафедры общественного здоровья, здравоохранения и гигиены Орловского государственного университета

E-mail: L.Bublikova@mail.ru

Тел. 8 903 881 25 37

## ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ КРОВСОСУЩИХ КОМАРОВ КОМПЛЕКСА *Culex pipiens* УРБАНИЗИРОВАННЫХ ЗОН ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ\*

На территории Орловской области в период 2009 – 2011 гг. было проведено изучение кровососущих комаров комплекса *Culex pipiens*. Получены новые данные, свидетельствующие об усилении эпидемиологической значимости синантропных популяций комаров комплекса *Culex pipiens* в условиях антропогенных ландшафтов изучаемого региона.

**Ключевые слова:** кровососущие комары, синантропные популяции, автогенность, сифональный индекс, эпидемиологическая значимость.

Кровососущие комары комплекса *Culex pipiens* в последние десятилетия привлекают особое внимание учёных в связи с серьёзным эпидемиологическим значением и высокой численностью. Комплекс *Culex pipiens* представлен двумя экотипами – неавтогенным *pipiens* и автогенным *molestus* (способным откладывать первую порцию яиц без кровососания, за счёт личиночных запасов питательных веществ). Они сосуществуют симпатрически. Первые сведения о существовании автогенной формы *Cx. pipiens* в России содержатся в работах И.А. Порчинского (1904). К началу 90-х годов выплод *molestus* был зарегистрирован в более чем 300 городах и населённых пунктах бывшего СССР [5]. Распространение в условиях умеренного климата приурочено к городам, где он занимает специфическую нишу, – подвалы домов. Заселение городов комарами происходит довольно быстро.

Комары *Cx. molestus* отличаются повышенной агрессивностью по отношению к человеку. Это обусловлено биологической особенностью комаров – прежде чем напиться кровью, самка делает несколько пробных укусов. Недаром их название в переводе с латинского означает «докучливый, надоедливый, приносящий беспокойство». Действительно, присутствие даже одного комара в помещении способно нарушить сон человека на всю ночь. У ряда людей укусы *molestus* вызывают аллергическую реакцию в виде волдырей и окружающей его эритемы диаметром 0,5 – 3,5 см, которая всегда сопровождается сильным зудом и исчезает примерно через час. Излюбленными местами укусов комаров являются лицо, шея, предплечья и ки-

сти рук. Зарегистрированы случаи госпитализации людей вследствие сильных аллергических реакций на комариные укусы. Помимо беспокойства, связанного с укусами, комары комплекса *Cx. pipiens* в связи с синантропностью приобретают все большее эпидемиологическое значение в условиях городов как переносчики возбудителей ряда паразитарных и инфекционных заболеваний человека и животных – филярий, арбовирусных инфекций (в том числе западно-нильской лихорадки человека, вспышка которой отмечена в 1999 г. в Волгоградской области РФ) [1, 2, 10, 11]. В 1999 г. из комаров *Cx. pipiens* в Чехии были выделены боррелии – возбудители болезни Лайма.

Несмотря на достаточно обширную информацию об экологии и биологии комаров комплекса *Culex pipiens* на территории бывшего СССР, в литературе удалось обнаружить лишь отрывочные сведения об автогенной форме *molestus* в условиях Центра Средней полосы Европейской части России, в том числе Орловской области [3, 4]. Учитывая высокую эпидемиологическую значимость, а также участвовавшие жалобы населения на укусы назойливых кровососов, мы сочли целесообразным проанализировать некоторые экологические и биологические особенности комаров комплекса *Culex pipiens* в условиях урбанизированных территорий Орловской области.

Сбор материала (имагинальный и личиночный) осуществляли на территории крупного промышленного центра Орловской области – г. Орла и ряда населённых пунктов Урицкого, Свердловского и Орловского районов (пос. Нарышкино, Змиевка,

\* Работа выполняется при финансировании в рамках технического задания на проведение научно-исследовательской работы по теме: «Мониторинг адаптации человека при действии неблагоприятных экзогенных и эндогенных факторов в условиях Орловской области».

Знаменка, Лаврово) в период 2009 – 2011 гг. При сборе материала использовали общепринятые методы учёта численности комаров [9]. Сборы личинок комаров производили в различных естественных и искусственных водоёмах. Определение собранного материала осуществляли по руководствам «Фауна СССР. Насекомые двукрылые. Комары» [8], «Комары Москвы и Московской области» [7]. При определении собранного личиночного материала для дифференциации неавтогенной и автогенной форм комаров комплекса *Culex pipiens* устанавливали основной морфологический признак – величину сифонального индекса [6].

Анализ собранного материала свидетельствует о высокой численности популяций этого вида на всей изучаемой территории. В условиях административного центра Орловской области наибольший вред как массовый кровосос причиняет так называемый городской комар – *Cx. pipiens molestus*. В отдельные периоды сезона в парках г. Орла число нападающих на человека комаров достигает 30 самок за 20 минут учёта. При этом страдают преимущественно жители районов города, расположенных по берегам рек Ока и Орлик, в зоне высокого стояния уровня грунтовых вод. Антропогенное воздействие в условиях изучаемого региона способствовало росту численности синантропных популяций комаров данного вида. Полученные данные указывают на высокую вариабельность сифонального индекса личинок в пределах разных популяций (3,8 – 5,6).

Индивидуальная изменчивость сифонального индекса ещё больше (2,8 – 6,8). По совокупности морфологических и биологических признаков в условиях антропогенных ландшафтов Орловской области установлено наличие популяций как *Cx. pipiens*, так и *Cx. molestus*. При этом автогенные популяции зарегистрированы только в условиях урбанизированных ландшафтов. Как и в других индустриально развитых городах, основной причиной массового появления автогенной формы комаров можно считать формирование подвальных внутридомовых водоёмов. Из подвалов комары проникают в жилые помещения двумя путями – внутридомовым, через лестничные клетки, вентиляционные отверстия и т. д. или снаружи, через открытые окна и форточки, когда температура наружного воздуха поднимается до 8 – 10° С. Очаги массового выплода комаров на территории населённых пунктов возникают также в колодцах и люках. Роль водоёмов открытого типа невелика, т.к. они образуются лишь в летний период вследствие неисправности водопроводной сети. Круглогодичному размножению комаров способствует постоянство температуры воды в подвалах зданий (около 15° С). В тёплое летнее время массовое кровососание происходит в парках, садах и около домов. Всё это способствует усилению эпидемиологической значимости синантропных популяций комаров комплекса *Culex pipiens* в условиях урбанизированных зон Орловской области.

Таблица

Сифональный индекс представителей комплекса *Culex pipiens* урбанизированных территорий Орловской области

Место сбора	Неавтогенная форма				Автогенная форма			
	Число измерений	Средний индекс (X)	Коэффициент вариации (%)	Изменчивость индекса (min-max)	Число измерений	Средний индекс (X)	Коэффициент вариации (%)	Изменчивость индекса (min-max)
г. Орел	84	5,6	9,3	4,1 – 6,3	98	4,0	9,2	2,8 – 4,5
пос. Нарышкино	68	5,3	8,8	4,6 – 6,8	74	4,0	8,2	3,5 – 4,9
пос. Знаменка	56	4,9	7,6	4,8 – 5,9	87	4,2	7,5	3,6 – 4,8
пос. Змиевка	47	5,2	8,9	4,3 – 6,2	54	3,8	8,4	3,5 – 4,7
пос. Лаврово	32	5,0	7,7	4,3 – 6,2	38	4,1	6,8	3,7 – 4,5

## Библиографический список

1. Богданова Е.Н. Научные основы интегрированной медико-биологической системы регуляции численности синантропных членистоногих: автореф. ... дис. докт. биол. наук. Москва, 2007. 49 с.
2. Бубликова Л.И. Фауна, синантропизация и эпидемиологическое значение кровососущих комаров (Diptera, Culicidae) Северного Тянь-Шаня: автореф. ... дис. докт. биол. наук. Москва, 2001. 46 с.
3. Бубликова Л.И., Рогачев И.Н. Экологическая характеристика и эпидемиологическое значение кровососущих комаров комплекса *Culex pipiens* в условиях антропогенных ландшафтов Орловской области. Вклад земляков – орловцев в развитие и становление российской науки, культуры и образования. Орёл, 2003. С. 36 – 38.
4. Бубликова Л.И., Рогачев И.Н. Эпидемиологические аспекты изучения массовых видов кровососущих комаров (Diptera, Culicidae) в условиях антропогенных ландшафтов Орловской области. Ученые записки Орловского государственного университета. 2008. № 2. С. 82 – 87.
5. Виноградова Е.Б. Комары комплекса *Culex pipiens* в России. Санкт-Петербург: «ЗИН РАН», 1997. 307 с.
6. Виноградова Е.Б., Резник С.Я. Сифональный индекс личинок комаров *Culex pipiens* (Diptera, Culicidae) из России и сопредельных стран: изменчивость и использование для диагностики форм. Паразитология. 1994. Т. 28. Вып. 4. С. 309 – 317.
7. Горностаева Р.М., Данилов А.В. Комары Москвы и Московской области. Москва: «Scientific Press», 1999. 341 с.
8. Гуцевич А.В., Мончадский А.С., Штакельберг А.А. Комары (сем. Culicidae). Фауна СССР. Насекомые двукрылые. Т. 3. Вып. 4. Ленинград: «Наука», 1970. С. 57 – 63.
9. Детинова Т.С., Расницын С.П., Маркович Н.Я., Куприянова В.С. Аксёнова А.С. Унификация методов учёта численности кровососущих двукрылых насекомых. Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 1978. № 5. С. 84 – 91.
10. Дрёмова В.П. Синантропные комары *Culex pipiens*, методы борьбы, проблемы. Дезинфекционное дело. 1996. № 2. С. 24 – 27.
11. Тарасов В.В. Комары – переносчики арбовирусов. Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 1995. № 2. С. 40 – 46.

L.I. BUBLIKOVA

**EPIDEMIOLOGICAL SIGNIFICANCE OF BLOOD-SUCKING  
MOSQUITOES OF CULEX PIPIENS URBANIZED ZONES OREL**

*On the Orel region in the period 2009 - 2011 was used to study the complex mosquito *Culex pipiens*. Provided new evidence to strengthen the epidemiological significance of synanthropic populations of mosquito *Culex pipiens* complex in anthropogenic landscapes of the study region.*

*Key words: mosquito, synanthropic population, torch, siphon index, the epidemiological significance.*

**Т.Н. ВАСИНА, В.И. КРУГЛЫЙ,  
С.Н. СТАВЦЕВА, Е.А. САПРЫКИНА,  
Е.В. ГОРОХОВА, В.С. ПАНТЮХИН,  
Т.Н. САМОХИНА, Н.В. КРИВЫХ**

*статья подготовлена преподавателями кафедры детских болезней с курсом детской хирургии Орловского государственного университета и врачами Орловской детской областной клинической больницы  
Тел. (4862) 43 21 82*

## **ВРОЖДЁННЫЕ ПОРОКИ РАЗВИТИЯ ОРГАНОВ МОЧЕВОЙ СИСТЕМЫ – АКТУАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА НЕФРОЛОГИИ И ПЕДИАТРИИ\***

***Изучена структура пороков развития органов мочевой системы у новорожденных и детей первого года жизни в Орловской области. Выделена группа пороков обязательного учета. Оценены факторы риска формирования врожденных пороков развития органов мочевой системы.***

***Ключевые слова:* врожденные пороки развития, заболеваемость, мониторинг, структура, хирургическая коррекция, диспансерное наблюдение.**

В последние десятилетия в детской популяции отмечается увеличение частоты патологии органов мочевой системы (ОМС), в том числе и врождённых аномалий её развития. По данным эпидемиологических исследований в различных регионах РФ частота заболеваний ОМС составляет от 29 до 187 случаев на 1000 детского населения. В Орловской области этот показатель по данным 2010 года равен 72,9 на 1000 детского населения и за последнее десятилетие возрос в 3,7 раза (19,4 на 1000 в 2001 году).

Распространённость в основном увеличивается за счёт бессимптомных, воспалительных заболеваний, выявляемых на стадии ХПН (Мухин Н.А. 2006 г.). В детском возрасте это связано в первую очередь с врождёнными пороками развития ОМС. По имеющимся немногочисленным литературным данным и наблюдениям, именно врождённая патология ОМС является частой причиной развития хронической почечной недостаточности (ХПН).

Кроме того, врождённая патология ОМС – одна из основных причин, по которой дети приобретают уже с рождения статус ребёнка-инвалида. Высок удельный вес врождённых пороков развития и в структуре детской смертности, где аномалии развития, в т.ч. ОМС составляют 35-40%.

Врождённые обструктивные аномалии мочевыводящих путей составляют от 10 до 30% всех пороков мочевой системы и остаются важной проблемой детской нефрологии. Наиболее распространённые среди них – гидронефроз, уретерогидронефроз, мегоуретер и другие аномалии мочевых путей с об-

структивным вариантом уродинамики.

Известно, что позднее устранение обструкции приводит к формированию нефросклероза и снижению функции почки. От 20 до 36% пациентов, получающих заместительную терапию гемодиализом – это больные с обструктивными аномалиями мочевой системы. Нередко обструктивные пороки осложняются инфекцией, способствующей прогрессированию склеротических процессов в почках. Раннее хирургическое лечение этих пороков приводит к восстановлению уродинамики, сохранению почечной паренхимы и снижению частоты или полной ликвидации рецидивов пиелонефрита. Данные о частоте поражения почек у новорожденных крайне противоречивы. Это связано с трудностями проведения исследований, так как не все диагностические методы, используемые в нефрологии применимы у новорожденных.

На сегодняшний день ни в России, ни за рубежом не существует единого взгляда на длительность наблюдения категории больных с аномалиями развития мочевой системы, отсутствуют комплексные программы реабилитации, утверждённые критерии оценки состояния здоровья этих пациентов при проведении медико-социальной экспертизы.

Всё это обуславливает чрезвычайную актуальность и социальную значимость проблемы ранней диагностики и лечения врождённых аномалий развития ОМС у детей.

**Целью** нашего исследования было уточнить частоту встречаемости врождённых пороков развития

\* Работа выполнена в рамках технического задания на проведение НИР: «Мониторинг адаптации человека при действии неблагоприятных экзогенных и эндогенных факторов в условиях Орловской области».



ОМС у новорожденных и детей первого года жизни в Орловской области, оценить характер и тяжесть этой патологии с предложениями рекомендаций по оптимизации медицинской помощи детям с врождёнными пороками развития (ВПР) органов мочевой системы (ОМС).

#### *Задачи исследования*

- Определить ранговую структуру врождённых пороков ОМС у новорожденных и детей первого года жизни.
- Выделить основные факторы риска развития врождённых пороков ОМС.
- Изучить существующую в Орловской области систему организации медицинской помощи детям с врождёнными пороками развития ОМС.
- Оценить имеющиеся диагностические возможности раннего выявления и лечения врождённых пороков ОМС в Орловской области.
- Обозначить группу врождённых пороков ОМС обязательного учёта.

#### *Материал и методы*

Для выполнения поставленной цели был проведен ретроспективный анализ 41 истории болезни детей в возрасте от 6 дней до 7 месяцев жизни, получавших лечение в отделении патологии новорожденных и урологическом отделении ДОКБ в течение 2010 года.

Отбор осуществлялся методом сплошной выборки. Основным критерием отбора был клинический диагноз, отражающий изменения ОМС.

**Программа исследования** включала изучение анамнеза, особенностей течения беременности, здоровья матери, диагностику основного диагноза и сопутствующей патологии, оценку клинических лабораторных исследований крови и мочи, посева мочи. Всем пациентам выполнено УЗИ органов мочевой системы, по показаниям проводились рентгеноконтрастные исследования (внутривенная урография, ретроградная пиелография, цистография).

#### *Результаты исследования и их обсуждение*

На I этапе исследования были проанализированы экстренные извещения, которые должны подаваться ЛПУ области в региональный регистр (Регистр) мониторинга врождённых пороков развития, сформированный на базе областного перинатального центра, на каждый случай рождения ребенка с аномалиями развития. За 2010 год из ЛПУ области в региональный регистр подано 140 экстренных извещений на случаи рождения детей с аномалиями развития, 23 из них ((16%) – случаи аномалии развития ОМС.

При сравнении данных Регистра ВПР и медицинской документации специализированных отделений ДОКБ выявлены существенные различия в количестве поданных экстренных извещений и фактической численности детей с врождёнными пороками развития ОМС, получивших лечение и обследование в специализированных отделениях ДОКБ в возрасте 4 – 5 суток до 7 месяцев жизни. В частности 23 случая ВПР ОМС по данным Регистра и 41 фактический случай свидетельствуют о нарушении системы оперативного учёта ВАР ОМС при ведении регионального регистра ВПР.

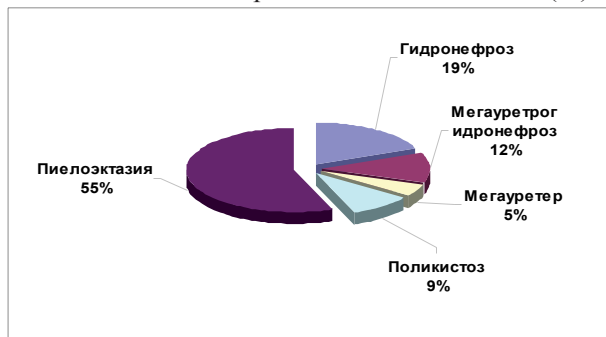
Следствием этого является позднее обращение к специалистам, в то время, как известно, что существует прямая корреляционная связь между сроками оперативного лечения обструктивных уropатий и состоянием почечной паренхимы в отдалённый период после операции. Поздняя хирургическая коррекция приводит к дефициту почечной паренхимы, а также к росту числа оргоуносящих операций.

В 23% случаев (5 детей) имела место тяжёлая структурная патология ОМС, требующая хирургической коррекции в самое ближайшее время. У 2 детей (10%), процесс был двухсторонним (мегоуретор сочетался с мультикистозом), остальные дети с выявленной пиелоктазией нуждались в специализированном обследовании. В 30% случаев сопутствующим диагнозом была инфекция ОМС, дебютировавшая в раннем неонатальном периоде. Дальнейший анализ контингента пациентов, проходивших обследование и лечение в отделении патологии новорожденных и урологическом отделении, показал, что только 26% (10 детей) были в списке экстренных извещений, что ещё раз подчёркивает существующую проблему полноты первичного учёта и достоверности мониторинга регионального регистра.

27 детей (65,8%) с выявленными пренатально или в раннем неонатальном периоде аномалиями развития ОМС, были переведены в отделение патологии новорожденных непосредственно из родильных отделений города Орла и районов области. Основанием для перевода была тяжесть состояния, обусловленная микробно-воспалительным процессом мочевой системы и необходимостью дообследования – 12 детей (31%), сопутствующей патологией – 15 детей (36,5%). 11 детей поступили в урологическое отделение в возрасте старше месяца непосредственно из дома, 3 были переведены из отделения патологии новорожденных в месячном возрасте для хирургической коррекции ВПР органов мочевой системы.

По результатам обследования в отделении патологии новорожденных и урологическом отделении нозологическая структура представлена в диаграмме 1.

Диаграмма 1.  
Нозологическая структура врождённых аномалий развития омс у новорожденных и детей первого года жизни по материалам докб за 2010 год (%).



12 детей (44%) с аномалиями ОМС имели аномалии развития других органов и систем.

Выявление аномалий развития других органов и систем, как сопутствующих состояний, свидетельствуют о том, что тератогенный терминационный период для некоторых органов и систем, в большей степени, примерно одинаков (7 – 12 недель).

По половому признаку дети распределялись следующим образом: 30 мальчиков (73%), 11 девочек (27%).

Возраст детей при поступлении в отделение патологии новорожденных ДОКБ в среднем составлял (в днях) –  $6,0 \pm 2,0$ , в урологическое отделение – (в месяцах) –  $3,6 \pm 0,8$ , в том числе: до 3 – 35,7% (5детей), от 3 до 6 – 14% (2), от 6 до 8 – 28,5% (4детей). 3детей (21%) были переведены из отделения патологии новорожденных в возрасте 1-2-х месяцев.

У 9 детей (23%) тяжёлые структурные изменения в почках выявлены пренатально.

Возраст матери на момент наступления беременности: 22 - 26 лет - 8 (57%); 27 - 29 лет – 3 (21%); 30 – 38 лет – 3 (21%).

Роды срочные, первые в 71% случаев, первые преждевременные – в 21%, в т.ч. двойней – 1, в 4% – роды третьи. Из них в 36% случаев роды проведены оперативным путем.

Практически во всех случаях, (90%), имело место неблагоприятное течение беременности.

Наиболее значимыми факторами риска формирования врождённых пороков развития ОМС являются гестозы, особенно первой половины беременности, ХМПН, синдром хронической гипоксии плода, вирусно-микробные заболевания матери во время беременности, анемии, что согласуется и с имеющимися литературными данными.

В анамнезе 37% детей родились в состоянии асфиксии среднетяжелой и тяжелой степени. Фактору гипоксии как в антенатальном, так и перинатальном периоде отводится весомая роль в формировании па-

тологии почек (Маковецкая Г.А., 2005год). При этом, имеет значение как прямое повреждающее действие, так и опосредованное – через запуск патогенетических механизмов повреждения ЦНС – расстройство микроциркуляции – повреждение почек.

В 60% случаев имело место наличие 2 и более неблагоприятных факторов риска, что сочеталось с наиболее тяжелыми аномалиями ОМС.

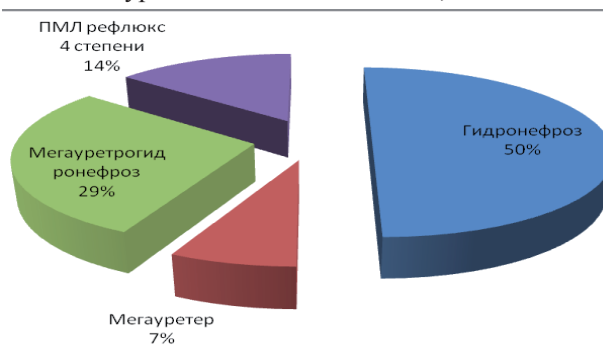
В группе детей – 12 (31%), в т.ч. и с пренатально выявленными структурными изменениями ОМС (гидронефротическая трансформация) в 8-9 дневном возрасте был выявлен дебют инфекции мочевых путей (ИМП).

При оценке антропометрических данных установлено, что дети с тяжелыми формами врождённых пороков развития ОМС как мальчики, так и девочки, были значительно ниже (средняя масса тела 3250,0) нежели дети с другими пороками развития (средняя масса тела 3550,0).

При оценке массо-ростового показателя в большей степени изменчивость наблюдалась по массе тела (12–19%), в меньшей степени по длине тела (6,4-14,6%).

Из 27 детей, проходивших лечение и первичное обследование ОМС в отделении патологии новорожденных, в 81% случаев (20 детей) были отмечены изменения в анализах мочи в виде лейкоцитурии разной степени, у 9-ти из них (33%) был диагностирован вторичный пиелонефрит, ИМП. Микробно-воспалительный процесс подтверждался и изменениями со стороны общих анализов крови (ускоренная СОЭ, лейкоцитоз).

Диаграмма 2.  
Нозологическая структура врождённой патологии ОМС детей 1- го года жизни по данным урологического отделения, 2010год.



При сравнительном анализе микробного пейзажа результатов посева мочи в группах детей отделения патологии новорожденных (27) и детей урологического отделения (14), у 2-ой группы детей отмечалось увеличение частоты высева и более широкий микробный спектр за счет появления в

анализах мочи *Proteus*, *Pseudomonas aeruginosae*, *Enterococcus*, *E. Coli* – это дети, которые ранее уже лечились в стационаре.

Представленная выше патология является наиболее тяжелой и требует хирургической коррекции. Все дети были прооперированы. У одного пациента выполнена органуносящая операция – односторонняя нефрэктомия по поводу гидронефроза с выраженными явлениями нефросклероза и афункциональной, сморщенной почкой. В данном случае врожденная патология была выявлена пренатально. Беременность у матери протекала с угрозой прерывания в ранние сроки и гестозом 2-й половины.

Для оценки влияния различных факторов риска формирования ВАР ОМС нами был избран метод сравнительного анализа группы пороков обязательного учета – это группа тяжелых пороков ОМС, отобранных по высокому уровню выявляемости и доступности диагностики такими визуализирующими методами, как УЗИ – мегоуретер, гидронефроз, их сочетание и ПМЛР высокой степени.

Именно эти нозологические формы были диагностированы в группе детей (14), получивших хирургическое лечение в урологическом отделении ДОКБ, а частота факторов риска при оценке течения беременности и здоровья матерей здесь составила от 60 до 100%.

#### **Выводы**

– Проведенный анализ установил высокую частоту врожденной аномалии органов мочевой системы у новорожденных Орловской области.

– Позволил определить структуру регистрируемых врожденных аномалий развития органов мочевой системы.

– Выделена группа аномалий развития других органов и систем.

– Определена группа ВПР ОМС обязательного учета.

– Установлены наиболее значимые факторы риска формирования ВПР ОМС.

– Отмечена высокая частота микробно-воспалительных заболеваний ОМС у детей, имеющих тяжелые структурные аномалии органов мочевой системы и ранняя их манифестация.

– Показано, что при тяжелой патологии органов мочевой системы имеет место выраженная изменчивость массо-ростовых характеристик, что указывает на нарушение внутриутробного развития этих детей.

Полученные данные диктуют необходимость динамического контроля за функциональным состоянием органов мочевой системы у детей данной категории с выделением их в группу риска по развитию инфекции мочевой системы и хронической почечной недостаточности.

#### **Рекомендации**

С целью раннего выявления и лечения врожденных патологий развития необходимо:

– Оптимизировать систему мониторинга регионального регистра ВПР областного перинатального центра.

– Улучшить преемственность в работе ЛПУ области в части своевременности и полноты регистрации случаев рождения детей с аномалиями развития, в т.ч. аномалиями развития органов мочевой системы.

Данные рекомендации могут быть использованы органами управления для принятия управленческих решений.

#### **Библиографический список**

1. Лопаткин Н. А., Пугачев А. Г., Москалев И. Н. Урология и нефрология. 1999. №1. С. 38 – 41.
2. Гельдт В. Г., Ростовская В. В. Детская хирургия. 2001. №4. С. 727.
3. Казанская И. В., Ростовская В. В., Бабанин И. Л. Материалы X Российского съезда урологов. М., 2002. С. 727.
4. Баженов И. В., Зырянов А. В., Журавлев О. В. Материалы X Российского съезда урологов. М., 2002. С. 699.
5. Пугачев А. Г. Урология. 2004. №4. С. 3-4.

**T.N. VASINA, V.I. KRUGLY, S.N. STAVTSEVA, E.A. SAPRYKINA, E.V. GOROKHOVA,  
V.S. PANTUKHIN, T.N. SAMOKHINA, N.V. KRIVYKH**

#### **INBORN ANOMALIES OF DEVELOPMENT OF THE URIC SYSTEM – THE URGENT PROBLEMS OF NEPHROLOGY AND PEDIATRICS**

*The structure of developmental anomalies of bodies of uric system at newborns and children of the first year of life in the Oryol region is studied. The group of defects of the obligatory account is allocated. Risk factors of development of bodies secretory systems are estimated.*

*Key words: inherent developmental anomalies, monitoring of congenital developmental anomalies, structure of congenital developmental anomalies of bodies secretory systems, dispensary supervision.*

**Т.Н. ВАСИНА, Т.И. ЗУБЦОВА,  
Н.А. РОВЕНСКАЯ, А.А. МАКЕЕВ,  
И.А. ТАРАСЕНКО**

*статья подготовлена преподавателями кафедры детских болезней с курсом детской хирургии Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 43 21 82*

## ОСОБЕННОСТИ ДОГОСПИТАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ВНЕБОЛЬНИЧНОЙ ПНЕВМОНИИ У ДЕТЕЙ В г. ОРЛЕ\*

*Проведен анализ течения внебольничной пневмонии у детей на догоспитальном этапе, амбулаторного лечения и обстоятельств госпитализации пациентов в инфекционный стационар. Показано, что внебольничные пневмонии имеют, как правило, типичную форму и протекают в неосложненном варианте. Подчеркнута необходимость тщательного амбулаторного контроля пациентов с респираторной патологией на ранних сроках заболевания.*

*Ключевые слова:* внебольничная пневмония, диагностика, госпитализация.

Пневмония является одной из первых по значимости причин смерти детей во всем мире, ежегодно унося жизни 1,8 миллионов детей в возрасте до 5 лет. В РФ болезни органов дыхания у детей в возрасте от 0 до 17 лет занимают 3 место в структуре причин смерти после внешних причин и пороков развития. В Орловской области заболеваемость пневмонией имеет тенденцию к росту, составляя в последние годы 13,2 на 1000 детского населения. В связи с этим очевидна важность своевременной диагностики и адекватной терапии пневмонии у детей. Наиболее часто в детском возрасте диагностируется внебольничная пневмония (ВП). Согласно современным представлениям ВП – это острое инфекционное заболевание легких различной (преимущественно бактериальной) этиологии, развившееся вне больницы или в первые 48-72 часа госпитализации, сопровождаемое лихорадкой и симптомами поражения нижних дыхательных путей (одышка, кашель и физикальные данные) при наличии инфильтративных изменений на рентгенограмме (1). Впервые с диагностикой заболевания сталкиваются педиатры в амбулаторной практике. Существующие клинические рекомендации диагностики пневмонии предусматривают четкий алгоритм действий врача. Обнаружение симптомов интоксикации и дыхательной недостаточности диктует выявление локальных симптомов пневмонии (укорочение перкуторного тона, ослабленное или бронхиальное дыхание, локальные хрипы). Затем принимается решение о проведении рентгенографии и/или лечения. Диагноз ставится у постели больного, когда очаговые и инфильтративные изменения в легких

очевидны. Однако «золотым стандартом» диагностики пневмонии является рентгенография, которая помогает избежать назначения антибактериальной терапии (АБТ) вне показаний. Для подавляющего большинства пациентов с нетяжелой ВП медицинских показаний для лечения в стационаре нет. То есть основной контингент детей с ВП – пациенты амбулаторно-поликлинического звена и могут быть госпитализированы лишь по социальным, эпидемиологическим и иным показаниям (2).

Целью нашего исследования явилось изучение особенностей догоспитального течения пневмоний у детей, их амбулаторного лечения и обстоятельств госпитализации в ДОКБ г. Орла. С использованием специально разработанной нами анкеты проведен анализ историй болезней 70 пациентов инфекционно-боксированного отделения ДОКБ г. Орла в возрасте от 3 месяцев до 11 лет, получивших лечение по поводу ВП в 2011 году в наиболее эпидемиологически значимые для заболевания месяцы (осенние, зимние, весенние). В 2011 году в отделении было пролечено всего 900 детей, из них с заболеваниями органов дыхания 632 пациента (70,2%), пневмония была диагностирована у 218 больных (24,2%). Жители города и села были представлены в равных пропорциях, гендерных различий не выявлено. Подавляющее большинство пациентов (75,6%) составляли дети раннего возраста (первых 3 лет жизни), из них около 25% – дети первого года жизни. Примечательно, что около половины пациентов поступали в стационар без направления, гораздо реже - по направлению участковых педиатров (15%), врачей ЦРБ (15%),

\* Работа выполнена в рамках технического задания на проведение НИР: «Мониторинг адаптации человека при действии неблагоприятных экзогенных и эндогенных факторов в условиях Орловской области».



педиатров детской областной консультативной поликлиники (14%). Менее 10% больных были доставлены в стационар бригадой скорой помощи. При направлении лишь в 20% случаев в качестве предварительного был указан диагноз пневмонии, у остальных была диагностирована острая респираторная вирусная инфекция (ОРВИ). После осмотра врачом в приемном покое ДОКБ подозрение на ВП возникало уже у 80% пациентов. Треть больных детей (33%) были госпитализированы на 5-7 день заболевания. Однакостораживает тот факт, что еще около 1/3 пациентов поступили в стационар на 8-14 и даже после 2 недель болезни с редким подозрением на пневмонию.

При изучении анамнеза заболевания установлено, что 30% пациентов лечились амбулаторно под контролем участковых педиатров, 13% больных получали стационарное лечение. Большая же часть детей (57%) либо не лечились, либо лечились самостоятельно. При этом в 45% случаев применялись симптоматические средства (жаропонижающие, отхаркивающие), а 25% пациентов получили антибиотики. В составе АБТ наиболее популярными были цефалоспорины I-II поколения и макролиды, в то время как обоснованные к применению клиническими рекомендациями (3) «защищенные» пенициллины использовались лишь у 5% больных.

При поступлении в стационар наиболее частыми жалобами были на кашель (82%), лихорадку (74%), затрудненное дыхание (33%), заложенность носа беспокоила половину больных. К факторам риска развития пневмонии можно отнести следующие особенности анамнеза жизни пациентов: частые респираторные заболевания отмечены у 88% детей; 36% больных имели перинатальные гипоксические осложнения; более 25% детей ранее уже болели пневмонией; пятая часть малышей находилась на раннем искусственном вскармливании.

У подавляющего большинства пациентов (82%) диагностировано среднетяжелое течение пневмонии. Рентгенологическое исследование у 78% про-

водилось уже в стационаре, причем у 1/4 – на третьей неделе заболевания. В задачу настоящего исследования не входил подробный анализ комплексной диагностики и лечения ВП на стационарном этапе. Однако следует отметить, что атипичных форм ВП не было выявлено. Между тем у 1/3 пациентов было получено лабораторное подтверждение сопутствующей вирусной RS-инфекции, что способствовало формированию у больных бронхообструктивного синдрома и осложняло течение пневмонии.

В результате наиболее частым клиническим диагнозом стала очаговая ВП (82%), у 12% пациентов процесс имел сегментарный характер повреждения, у 6% – долевой. У 25% больных диагностирована осложненная ВП (дыхательная недостаточность, плеврит, у 2 пациентов – легочная деструкция).

Таким образом, проведенное исследование показало, что постановка диагноза ВП остается, к сожалению, прерогативой стационара. Для улучшения догоспитальной диагностики заболевания целесообразно на амбулаторном этапе тщательно оценивать анамнез жизни пациентов с острой респираторной патологией, и особенно в раннем (младенческом!) возрасте. Риск развития пневмонии возрастает у детей с отягощенным аллергическим анамнезом, перенесенными перинатальными гипоксическими осложнениями и часто болеющих вирусными инфекциями. Течение пневмонии у детей раннего возраста может быть осложнено дыхательной недостаточностью в связи с развитием бронхообструктивного синдрома, что обусловлено их анатомо-физиологическими особенностями респираторного тракта, аллергическим фоном и участием в развитии воспалительного процесса RS-инфекции. Необходимо активное наблюдение больного ребенка участковым педиатром в первые три дня болезни. Проведенное амбулаторно дополнительное обследование (особенно – рентгенография) и своевременная верификация диагноза позволит избежать госпитализации пациентов с нетяжелой внебольничной пневмонией.

#### Библиографический список

1. Внебольничная пневмония у детей: распространенность, диагностика, лечение и профилактика. Москва: Оригинал-Макет, 2011. 64с.
2. Педиатрия. Под ред. А.А. Баранова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. С. 272-299.
3. Григорьева Д.Е. Современные методы профилактики и лечения внебольничной пневмонии. Практика педиатра. 2010. №10. С.27-30.



*T.N. VASINA, T.I. ZUBTSOVA, N.A. ROVENSKAYA, A.A. MAKEYEV, I.A. TARASENKO*

**THE PECULIARITIES OF THE PRE-HOSPITAL DIAGNOSTICS OF COMMUNITY-ACQUIRED PNEUMONIA IN CHILDREN IN OREL**

*An analysis of current community-acquired pneumonia in children in pre-hospital patient treatment and the circumstances of hospitalization of patients in hospital infection. It is shown that community-acquired pneumonia usually have a typical shape and occur in uncomplicated form. Stressed the need for careful monitoring of patients with ambulatory respiratory pathology in the early stages of the disease.*

*Key words: community-acquired pneumonia, diagnosis, hospitalization.*



**Т.Н. ВАСИНА, Е.А. САПРЫКИНА,  
Т.И. ЗУБЦОВА Т.И., С.Н. СТАВЦЕВА,  
Е.В. ГОРОХОВА, А.С. ГОНЧАРОВА**

*статья подготовлена преподавателями кафедры детских болезней с курсом детской хирургии Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 43 21 82*

## **МУКОПОЛИСАХАРИДОЗ II ТИПА (СИНДРОМ ХАНТЕРА). НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ТЕРАПИИ\***

*В статье представлен материал по чрезвычайно актуальной проблеме педиатрии – мукополисахаридозам, генетически детерминированным редким заболеваниями. Обозначены существующие на сегодняшний день проблемы, в числе которых несвоевременная диагностика, обуславливающая позднее начало терапии и прогрессирование болезни, медико-социальные проблемы детей, страдающих мукополисахаридозами. Приведен клинический случай успешной ферментозаместительной терапии у ребёнка с мукополисахаридозом II типа (синдромом Хантера).*

*Ключевые слова:* мукополисахаридозы, синдром Хантера, заболеваемость, генетическая диагностика, клиника, ферментозаместительная терапия.

**Мукополисахаридозы (МПС)** – группа наследственных болезней соединительной ткани, обусловленных нарушением обмена гликозаминогликанов (кислых мукополисахаридов) в результате генетической неполноценности лизосомных ферментов, участвующих в их расщеплении. Вследствие ферментативной недостаточности последние накапливаются в большом количестве в органах и тканях, что даёт основание отнести их к болезням накопления. В педиатрической практике среди всех болезней накопления мукополисахаридозы и среди них мукополисахаридоз II типа или синдром Хантера (СХ) встречаются с наибольшей частотой. Впервые описан Charles A. Hunter в 1917 году. Это тяжелое, X-сцепленное рецессивное заболевание, связанное с дефицитом или отсутствием лизосомного фермента идуронат-2-сульфатазы, осуществляющего гидролиз дерматан и гепаран сульфата в соединительной ткани. Болеют в основном мальчики, девочки являются носительницами патологического гена. Частота встречаемости в мире колеблется в пределах 1:70 000 -1:200 000.

Накопление гликозаминогликанов в лизосомах вызывает тяжелые нарушения функций клеток, органов и систем, определяя широкий диапазон клинических проявлений. Клиническая гетерогенность вызвана, в том числе, и многообразием происходящих мутаций патологического гена.

Возможны 2 варианта течения заболевания: с быстрым прогрессированием (раннее появление симптомов, задержка интеллектуального развития,

ранняя смерть в первые десять лет жизни) и – медленным, когда первые симптомы болезни появляются в 5-15 лет. При этом интеллектуальный регресс минимален и наступает во взрослом возрасте.

Обычно фенотипический «манифест» наступает в 2-4 года, до этого периода никаких признаков болезни не прослеживается. Первые признаки заболевания проявляются в виде дисморфических черт лица (утолщение губ, ноздрей, широкая переносица, увеличение лобных бугров, густые брови). Затем появляется макроглоссия, аномалии зубов, макроцефалия, скафоцефалия, изменения скелета, короткая шея, низкий рост, толстая кожа с узелками, папулами, гирсутизмом, паховые, пупочные грыжи, тугоподвижность и деформации мелких и средних суставов, увеличенный живот за счёт спленомегалии. Изменения со стороны центральной и периферической нервной систем включают задержку психоречевого развития, нарушение поведения (упрямство, агрессию, гиперактивность), нарушение сна, псевдобульбарный синдром, симптоматическую эпилепсию, спастический тетрапарез, атрофическую гидроцефалию, нейросенсорную тугоухость, поражение зрительных нервов. Со стороны сердечно-сосудистой системы отмечаются аритмии, лёгочная гипертензия, гипертрофическая или рестриктивная кардиомиопатии, поражения клапанного аппарата сердца, вторичная застойная сердечная недостаточность. С раннего возраста отмечается увеличение глоточных и небных миндалин, хроническая ринорея, обструкции верхних

\* Работа выполнена в рамках технического задания на проведение НИР: «Мониторинг адаптации человека при действии неблагоприятных экзогенных и эндогенных факторов в условиях Орловской области».

дыхательных путей, трахеобронхомаляции, происходит утолщение голосовых связок с изменением тембра голоса. Возможны жизнеугрожающие апноэ. Ребенок часто болеет респираторными инфекциями, отитами, пневмониями.

Поражения глаз представлены атипичным пигментным ретинитом, разрушением сетчатки, атрофией зрительного нерва. Прогрессирующая потеря слуха обуславливает поведенческие нарушения, трудности в обучении. С возрастом эти изменения становятся более выраженными. Молекулярной основой дефекта соединительной ткани является **нарушенный обмен гликозамингликанов.**

Диагностика СХ основана на совокупности клинических, инструментальных и лабораторных данных. Постановка диагноза СХ базируется на определении активности идуронат-2-сульфотазы в лейкоцитах крови, сыворотке крови, культуре фибробластов кожи, уровня гликозаминогликанов в моче, ДНК-тестировании. Пренатальная диагностика основана на измерении активности фермента I2S в амниотической жидкости, амниоцитах, тканях, ворсинках хориона.

Реальные возможности помощи детям с СХ в нашей стране появились с момента регистрации в РФ в 2008 году рекомбинантной человеческой идуронат-2-сульфатазы, препарата «элапраза» (Idursulfatase), Shire (США), основного патогенетического лекарственного средства в лечении такой категории пациентов. Необходимы еженедельные инфузии препарата в дозе 0,5 мг/кг.

Поскольку в прогрессирующей патологический процесс вовлекаются все органы и системы, оказание медицинской помощи пациентам с МПС должно строиться с позиций междисциплинарного, комплексного подхода.

Однако, на сегодняшний день, организацию медицинской помощи детям с МПС в целом в РФ нельзя оценивать положительно. Отсутствие опыта и знаний у врачей по данному разделу патологии, стандартов лечения данной болезни диктуют необходимость организации системы мероприятий по информированию «узкопрофильных» специалистов и педиатров общей практики об особенностях дебюта и течения МПС.

Проблемы большинства пациентов с редкими заболеваниями схожи – это поздние сроки диагностики, а следовательно – и начала лечения, трудности в получении дорогостоящих лекарственных препаратов, стоимость которых в год составляет около 400 тысяч евро для одного пациента. В РФ средний возраст начала единственно необходимой ферментозаместительной терапии среди детей с МПС – 6,8 года, когда патологические изменения

приобретают уже необратимый характер.

Требуют решения вопросы социальной, юридической, паллиативной помощи, в чём не просто нуждаются, а остро нуждаются эти пациенты и семьи, в которых они воспитываются.

Прогноз: при быстром прогрессировании болезни с вовлечением ЦНС больные обычно погибают в возрасте 10-15 лет, при «мягких» формах МПС 11 типа – продолжительность жизни может составить 50 лет и более при соответствующем лечении [3].

#### *Случай из клинической практики*



Под нашим наблюдением находился мальчик П., 2003г.р., с синдромом Хантера.

Ребенок родился у молодых здоровых родителей, от 1-ой беременности, протекавшей на фоне анемии легкой степени, гестоза отечной формы. Роды первые, срочные. Масса тела при рождении 3430,0, длина 52 см, окружность груди 34 см. Оценка по шкале Апгар 8/9 баллов, ранняя неонатальная желтуха. Темпы физического и психомоторного развития на первом году жизни соответствовали эпикризным срокам. Профилактические прививки осуществлялись в соответствии с национальным календарём прививок, осложнений не отмечалось. В раннем возрасте переносил частые респираторные инфекции, бронхиты, пневмонию. В 3-х летнем возрасте диагностированы аденоиды III степени. С 3,5 лет появилась тугоподвижность и ограничение объёма движений в суставах, тугоухость, задержка роста, с 5 лет – лицевые дисморфии и другие фенотипические особенности: широкая переносица, толстые губы, редкие зубы, короткие и толстые пальцы, короткая шея, шумное дыхание, увеличение живота за счет гепатоспленомегалии.

В 5 лет выполнена аденотомия, в 5,5 лет – оперативное вмешательство по поводу паховой и пупочной грыжи. При ультразвуковом исследовании выявлена единственная, правая почка.

В 6 лет 4 месяца госпитализирован в кардиоревматологическое отделение ДОКБ г. Орла с жалобами на боли и скованность в лучезапястных, коленных, голеностопных, межфаланговых суставах. По результатам клинико-лабораторно-инструментальных исследований, консультаций специалистов выставлен диагноз: Вторичная ар-

тропатия. Двухстворчатый аортальный клапан с недостаточностью 2-3 степени. Нейросенсорная тугоухость. гиперметропический астигматизм. Мукополисахаридоз VI тип?

При дообследовании в медико-генетическом центре г. Москвы выявлена повышенная экскреция дерматансульфата и гепарансульфата с мочой, значительное снижение идуранатсульфатазы в плазме, до 3,18 nmol/4h/ml (норма 297-705), что позволило уточнить тип мукополисахаридоза – II тип (синдром Хантера).

В 6 лет 11 месяцев – лечение в психоневротическом отделении НЦЗД г. Москвы с клиническим диагнозом: Мукополисахаридоз II типа (синдром Хантера). Вторичная кардиомиопатия. Темповая задержка психо-речевого развития. Рецидивирующий бронхит. Контрактуры крупных и мелких суставов конечностей 1-2 степени. Гиперметропический астигматизм. Единственная правая почка. Нейросенсорная тугоухость 2 степени.

С сентября 2011 года в возрасте 7 лет 11 месяцев в условиях педиатрического отделения ДОКБ г. Орла ребёнку проводится ферментозаместительная терапия – еженедельные инфузии препа-

ратом «Элапраза» “ (Idursulfatase), Shire (США). Пропусков введений не было. Осложнений не отмечалось. На 01.06.2012 года мальчик вырос на 4см (рост 125см), 1,5 кг прибавил в весе (масса 28,5кг), улучшилась переносимость физических нагрузок, сократились размеры печени, селезёнки, увеличился объем движений в суставах.

Таким образом, представленный клинический случай имеет большой практический интерес для врачей-педиатров, генетиков и других специалистов в связи с редкостью данного наследственного заболевания. Заслуживает внимания появление новых возможностей в терапии таких пациентов, а именно, внедрение единственно эффективного патогенетического средства идуранат-2-сульфатазы (элапраза), открывающего новые реалии в прогнозе данного заболевания.

Своевременная диагностика мукополисахаридозов, правильное ведение данного контингента больных, раннее назначение ферментозаместительной терапии будут способствовать уменьшению тяжести заболевания, снижению инвалидизации детей, более адекватной интеграции их в общество.

#### Библиографический список

1. Новиков П.В. Проблема редких (орфанных) наследственных болезней у детей в России и пути ее решения. Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2012. №2. С. 4-8.
2. Баранов А.А.<sup>1,2</sup>, Л.С. Намазова-Баранова<sup>1,2</sup>, А.К.Говоркян<sup>1</sup>, В.М. Краснов<sup>1</sup>, Л.М. Кузенкова<sup>1,2</sup>, Г.А. Каркашадзе<sup>1</sup>, Н.Д. Вашикмадзе<sup>1</sup>, Т.В. Подклетнова<sup>1</sup>. Педиатрическая фармакология. 2011. Т.8, № 5, С.
3. Воскобоева Е.Ю. ДНК-диагностика наследственных мукополисахаридов. Мед. генетика. 2006. Т. 5, № 10. С. 33 – 37.
4. Семячкина А.Н. и др. Мукополисахаридозы у детей. Рос. Вест. Перинат. И педиатрии. 2007. № 4. С. 22-29.
5. Clarke. L.A. Idursulfase for the treatment of mucopolysaccharidoses. Expert Opin Pharmacother . 2008. Vol. 9, № 2 P. 311- 317.
6. Muenzer J., Beck M., Eng C. et al. Multidisciplinary management of hunter syndrome // Pediatrics. 2009; 124 (6): 1228 - 1239.

**T.N. VASINA, E.A. SAPRYKINA, T.I. ZUBTSOVA, S.N. STAVTSEVA,  
E.V. GOROKHOVA, A.S. GONCHAROVA**

#### MUCOPOLYSACCHARIDOSIS OF THE 2-ND TYPE (HUNTER'S SYNDROME). NEW TREATMENT POSSIBILITIES

*In article the material on extremely actual problem of pediatrics – mucopolysaccharidosis, to genetically determined rare diseases is presented. Problems existing today, among which the untimely diagnostics causing the late beginning of therapy and progressing of an illness, medico-social problems of children suffering mucopolysaccharidosis are designated. The clinical case of successful enzyme replacement therapy at the child about mucopolysaccharidosis the 2nd type (Hunter's syndrome) is given.*

Key words: *mucopolysaccharidosis, Hunter's syndrome, genetic diagnostics, clinical picture, enzyme replacement therapy.*

**В.И. ВИШНЕВСКИЙ**

доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой внутренних болезней Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 42 94 53

**Е.Д. КОНОВАЛОВА**

клинический интерн кафедры внутренних болезней Орловского государственного университета  
E-mail: w123www72@rambler.ru  
Тел. 8 953 612 88 28

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭРАДИКАЦИОННОЙ ТЕРАПИИ ЯЗВЕННОЙ БОЛЕЗНИ В ОРЛОВСКОМ РЕГИОНЕ (ПО ДАННЫМ ОТДЕЛЕНИЯ ГАСТРОЭНТЕРОЛОГИИ БУЗ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ «ОРЛОВСКАЯ ОБЛАСТНАЯ КЛИНИЧЕСКАЯ БОЛЬНИЦА»)

*Целью исследования явилась оценка эффективности эрадикационной терапии у пациентов с язвенной болезнью желудка и двенадцатиперстной кишки, госпитализированных в гастроэнтерологическое отделение Орловской областной клинической больницы в 2009-2011гг. За этот период было проанализировано 336 историй болезней. В работе представлены результаты эффективности использования трехкомпонентной схемы эрадикации *H. pylori* при язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки. Установлено, что процент заживления язв у женщин выше по сравнению с мужчинами, а процент уменьшения диаметра язвы меньше.*

*Ключевые слова:* язвенная болезнь, 3-компонентная эрадикационная терапия, эффективность лечения.

Язвенная болезнь (ЯБ) – хроническое рецидивирующее язвообразующее заболевание гастродуоденальной области (4). Актуальность проблемы ЯБ в настоящее время обусловлена тем, что, во-первых, нередко данной патологией страдают люди трудоспособного возраста, во-вторых, снижается уровень качества жизни таких пациентов, в-третьих, государство несет большие экономические потери (3).

Основную роль в этиологии и патогенезе ЯБ играет *Helicobacter pylori* - *H. pylori* (9, 7). Факторами риска являются нарушение режима и характера питания, нервно-психический фактор (стрессы), повышение секреции желудочного сока и снижение активности защитных факторов слизистой оболочки желудка и двенадцатиперстной кишки (мукопротеинов, бикарбонатов), курение (также курение ухудшает заживление язв и повышает вероятность рецидивов), злоупотребление алкоголем, отягощенная наследственность (1, 10, 5). Поэтому наиболее эффективно использовать эрадикационную терапию *H. pylori*, что приводит к снижению образования повторного язвенного дефекта, а также уменьшает риск возникновения желудочно-кишечных кровотечений (4, 8, 6).

Согласно Маастрихтским соглашениям, для эрадикации *H. pylori* рекомендовано использовать трехкомпонентную терапию: ингибитор протонной помпы (ИПП) + два препарата, воздействующих на

*H. pylori* (10, 2, 6).

**Целью данной работы** явилась оценка эффективности эрадикационной терапии у больных ЯБ.

**Материалы и методы.** Проспективно за 2009-2011гг. было проанализировано 336 историй болезней пациентов, страдающих ЯБ и проходивших стационарное лечение в отделении гастроэнтерологии БУЗ Орловской области «Орловская областная клиническая больница». Из них 248 – с язвенной болезнью 12-типерстной кишки (ЯБДПК): мужчин – 154 человек, женщин – 94 человека, 62% и 38%, соответственно; 88 – с язвенной болезнью желудка (ЯБЖ): мужчин – 50 человек, женщин – 38 человек, 57% и 43%, соответственно.

Для статистического анализа результатов исследования использовалась программа Excel-2010 (Microsoft).

**Результаты исследования и их обсуждения.** Согласно полученным данным в 2009-2010гг число пациентов, страдающих ЯБДПК, доминировало над числом пациентов с ЯБЖ (рис. 1). В 2011 году наблюдалась тенденция к уменьшению числа госпитализированных как с ЯБДПК, так и с ЯБЖ, что соответствует статистическим данным по Российской Федерации (2).



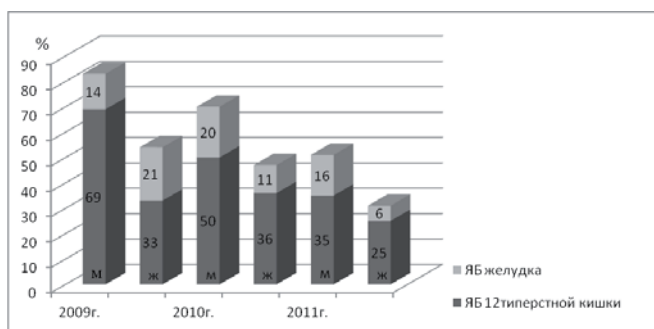


Рис. 1. Количество пациентов, госпитализированных в гастроэнтерологическое отделение с язвенной болезнью желудка и луковицы 12-типерстной кишки (2009-2011гг).

Среди больных с ЯБЖ женского пола процент некурящих составил от 95% до 100%, у мужчин – от 55% до 62%. У пациентов с ЯБДПК сохранялись те же тенденции: некурящих среди женщин – от 97% до 100%, среди мужчин – от 48% до 57%.

Гендерных отличий среди больных с впервые выявленной ЯБЖ выявлено не было (рис. 2).

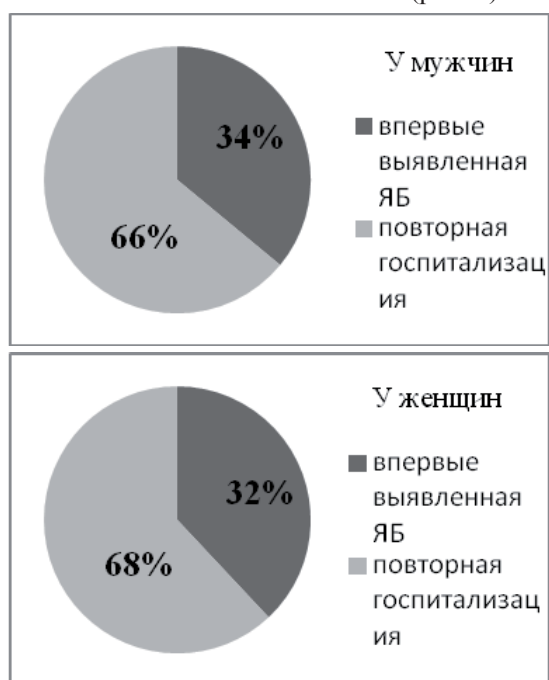


Рис. 2. Процент случаев впервые выявленной и хронической ЯБ желудка, госпитализированных в гастроэнтерологическое отделение.

Таблица 1.

Топографическая локализация язв у пациентов с язвенной болезнью желудка

Локализация язвы в желудке	Мужчины (%)	Женщины (%)
Кардиальный отдел	12%	6%
Тело желудка	32%	23%
Антральный отдел	56%	68%

Среди пациентов с впервые выявленной ЯБДПК преобладали мужчины – 36% (рис. 3).

В зависимости от возраста ЯБЖ чаще страдали мужчины в возрасте от 50 до 59 лет, женщины – от 60 лет и старше. ЯБДПК встречалась чаще среди молодых мужчин от 20 до 39 лет, среди женщин – от 50 лет и старше, что соответствует литературным данным (4).

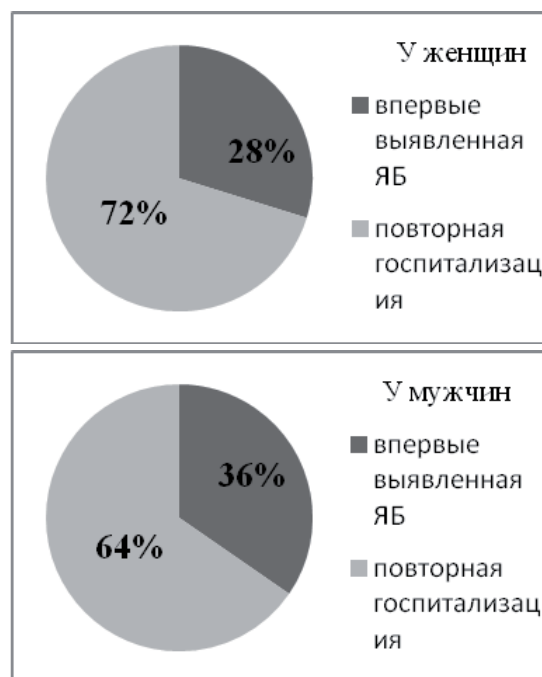


Рис. 3. Процент случаев впервые выявленной и хронической ЯБ 12-типерстной кишки, госпитализированных в гастроэнтерологическое отделение.

В таблице 1 представлена топографическая локализация язвы у больных с ЯБЖ. Как следует из приведенных данных, чаще язвенный дефект локализовался в антральном отделе желудка.

В 3% случаев среди женщин язвы локализовались сразу в двух отделах желудка – в теле и антральном отделе.

Сроки рубцевания язвенного дефекта в желудке по Российской Федерации составляют в среднем 24 дня, при локализации язвенного дефекта в луковице 12-типерстной кишки – в среднем 18 дней.

Средние сроки стационарного лечения у пациентов с ЯБ представлены в таблице 2. Среди пациентов мужского пола с ЯБЖ наблюдалась тенденция к уменьшению средних сроков пребывания в стационаре в 2011 году, у женщин наоборот – увеличение. Среди пациентов с ЯБДПК подобной тенденции не отмечалось. На сроки стационарного лечения влияли, с одной стороны, топография язвенного дефекта, с другой – соблюдение в отделении гастроэнтерологии среднего койко-дня.

Так, при локализации язвы в кардиальном отделе желудка средние сроки пребывания в стационаре составляли у мужчин  $14,6 \pm 1,6$  дней, у женщин  $11,0 \pm 0,7$  дней; при локализации язвы в теле желудка – у мужчин  $15,1 \pm 0,9$  дней, у женщин  $14,2 \pm 1,1$  дней.

У пациентов с ЯБДПК средние сроки стационарного лечения были меньше в сравнении со средними сроками стационарного лечения у пациентов с ЯБЖ.

Таблица 2.

Средние сроки стационарного лечения у пациентов с ЯБ

Пол Год	Мужчины	Женщины
<b>Язвенная болезнь желудка</b>		
2009	$14,7 \pm 1,4$	$13,2 \pm 0,6$
2010	$14,5 \pm 0,9$	$14,0 \pm 1,3$
2011	$13,6 \pm 0,8$	$14,3 \pm 2,1$
<b>Язвенная болезнь 12-типерстной кишки</b>		
2009	$12,2 \pm 0,2$	$12,9 \pm 0,6$
2010	$12,9 \pm 0,4$	$12,5 \pm 0,3$
2011	$12,4 \pm 0,3$	$12,6 \pm 0,5$

Нами проанализированы осложнения, возникшие у пациентов с ЯБЖ, такие как малигнизация, формирование стеноза, желудочно-кишечное кровотечение (ЖКК). Согласно полученным результатам (рис. 4), отмечено уменьшение количества случаев ЖКК, что согласуется с данными литературы (1). У пациентов с ЯБДПК подобная закономерность не прослеживалась (рис. 5). Так, в 2009 году число случаев ЖКК у мужчин составило 6%, в 2011 году – 20% (в 2010 году случаев ЖКК зарегистрировано не было); у женщин в 2009 году число случаев ЖКК составило 13%, в 2010 году – 8%, в 2011 году – 11%.

Для лечения ЯБ в гастроэнтерологическом отделении ООКБ применяли различные схемы эрадикации *H. pylori*: однокомпонентная схема лечения (ИПП), двухкомпонентная схема лечения (ИПП + препарат нитрофуранового ряда), трехкомпонентная схема лечения (ИПП + 2 антибактериальных препарата).

Использование однокомпонентной схемы эрадикации в 2009-2011гг. у мужчин с ЯБЖ составил 6%, двухкомпонентной схемы – 10%; при ЯБДПК назначение одно- и двухкомпонентной схем эрадикации было использовано в 4% случаев каждой. За тот же период у женщин с ЯБЖ использование однокомпонентной и двухкомпонентной схем эрадикации было отмечено в 10% и 3% случаев, соответственно; при ЯБДПК – в 6% и 4% случаев, соответственно.

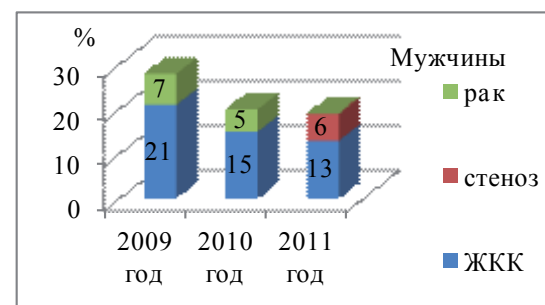
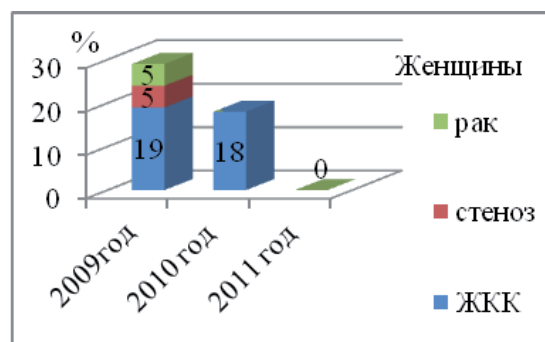


Рис. 4. Осложнения у госпитализированных пациентов с язвенной болезнью желудка за 2009-2011гг.

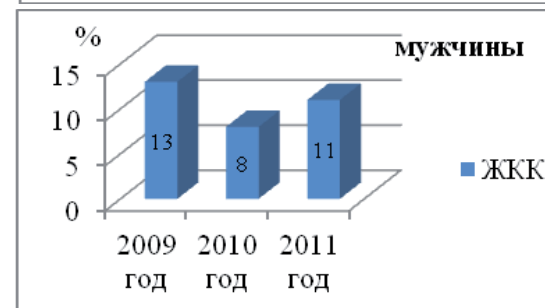
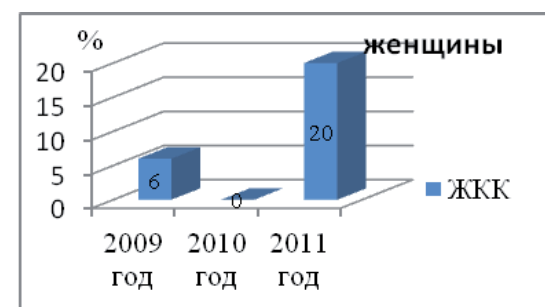


Рис. 5. Осложнения у госпитализированных пациентов с язвенной болезнью 12-типерстной кишки за 2009-2011гг.

Частота назначения 3-компонентной схемы эрадикационной терапии у госпитализированных больных язвенной болезнью представлена в таблице 3. Как следует из приведенных данных, в 2011 году отмечается снижение процента применения 3-компонентной схемы эрадикации *H. pylori* как при ЯБЖ, так и при ЯБДПК.

Таблица 3.

Частота назначения трехкомпонентной схемы эрадикационной терапии у госпитализированных больных язвенной болезнью.

год/пол	мужчины		женщины	
	ЯБЖ	ЯБДПК	ЯБЖ	ЯБДПК
2009г.	86%	94%	90%	96%
2010г.	90%	86%	90%	90%
2011г.	75%	92%	75%	89%

Эффективность 3-компонентной эрадикационной терапии у пациентов с ЯБЖ и ЯБДПК оценивали через 10-12 дней путем повторного проведения фиброгастроуденоскопии (ФГДС): было подсчитано число случаев полного заживления язвенного дефекта, уменьшение его диаметра, прежних размеров язвы (табл. 4). Кроме того, отмечено число пациентов, которым повторно ФГДС не проводилось (отказ или другие причины).

Таблица 4.

Эффективность 3-компонентной эрадикационной терапии у больных ЯБ по данным ФГДС

Полученные эндоскопические результаты (в %)	Мужчины		Женщины	
	ЯБЖ	ЯБДПК	ЯБЖ	ЯБДПК
Заживление	50	74	61	76
Уменьшение диаметра	40	22	21	11
Прежние размеры	2	0	3	1
Повторное ФГДС не проводилось	6	4	15	12

Как следует из таблицы, у пациентов с ЯБДПК процент заживления язвы достоверно выше, чем у пациентов с ЯБЖ. Выявлены гендерные отличия: так у женщин заживление язв в целом было достигнуто в 75% случаев у мужчин – 55,5%. Уменьшение диаметра язвенного дефекта в целом у мужчин составило 30,5% случаев, у женщин – 16,5%.

### Выводы

Среди госпитализированных в отделение гастроэнтерологии БУЗ Орловской области «Орловская областная клиническая больница» в 2009-2011гг. преобладали пациенты с язвенной болезнью луковицы 12-типерстной кишки, из них – мужчины в возрасте 20-39 лет и женщины в возрасте 50-60 лет и старше. Среди пациентов с язвенной болезнью желудка преобладали мужчины в возрасте 50-59 лет, женщины в возрасте старше 60 лет.

Трехкомпонентная эрадикационная терапия проводилась у 85% больных язвенной болезнью желудка и 77% больных язвенной болезнью 12-типерстной кишки. Оценивая ее эффективность можно отметить, что у женщин заживление язв в целом было достигнуто в 75% случаев у мужчин – 55,5%. Уменьшение диаметра язвенного дефекта у мужчин составило 30,5% случаев, у женщин – 16,5%.

Несмотря на небольшой процент использования одно- и двухкомпонентной эрадикационной терапии, нельзя считать оправданным их назначение.

### Библиографический список

1. *Афанасьева О.В.* Язвенная болезнь. М: Астраль-СПб., 2009. 125 с.
2. *Бордин Д.* Язвенная болезнь: пути повышения эффективности эрадикации *Helicobacter pylori*. Д. Бордин, Н. Белоусова, Н. Воробьева. Врач. 2011. № 4. С. 43–47.
3. *Буторов И.В.* Сравнительная эффективность трех- и четырехкомпонентной эрадикационной терапии при язвенной болезни. И.В. Буторов, Ю.П. Осояну. Клиническая медицина. 2005. № 12. С. 50–53.
4. *Козырев М.А.* Гастроуденальные язвы. М.А. Козырев, И.М. Марковская. Минск: Беларусь, 2007. 136 с.
5. *Лобанков В.М.* Особенности течения язвенной болезни у близнецов. В.М. Лобанков, М.Н. Камбанов, С.В. Иванов. Новости хирургии. 2008. № 2 (том 16). С. 35–37.
6. *Логинов А.Ф.* Язвенная болезнь желудка: необходимость стандартного подхода к диагностике и лечению. Фарматека. 2008. № 2. С. 16–18.
7. *Маев И.В.* Полиморфизм гена CYP2C19 и эффективность антихеликобактерной терапии у больных язвенной болезнью. И.В. Маев, Ю.А. Кучерявый, В.М. Говорун, К.Т. Момыналиев, Т.С. Оганесян. Фарматека. 2008. № 13. С. 98–102.
8. *Мидленко В.И.* Алгоритм ведения больных при гастроуденальных кровотечениях. В.И. Мидленко, Н.И. Белорогов, П.Н. Валанин. Казанский медицинский журнал. 2008. № 3. С. 238–241.
9. *Минушкин О.Н.* Труднорубящиеся гастроуденальные язвы. Лечащий врач. 2011. № 7. С. 25–27.
10. *Скворцов В.В.* Актуальные вопросы фармакотерапии язвенной болезни. В.В. Скворцов, А.В. Тумаренко. Поликлиника. 2011. № 5 (1). С. 122–127.
11. *Черногорова М.В.* Оценка качества ведения больных язвенной болезнью желудка и двенадцатиперстной кишки. Клиническая медицина. 2006. № 12. С. 54–57.

V.I. VISHNEVSKY, E.D. KONOVALOVA

THE EFFECTIVENESS OF ERADICATION THERAPY OF ULCER IN OREL REGION  
(BASED ON THE DATA OF GASTROENTEROLOGICAL DEPARTMENT,  
OREL REGIONAL HOSPITAL)

*The aim of the study was to estimate the effectiveness of eradication therapy in patients with gastric ulcer and duodenal ulcer, hospitalized in the Department of Gastroenterological Orel Regional Hospital for the period 2009 to 2011. 336 medical histories has been viewed. This paper presents the results of Hp eradication triple scheme with gastric ulcer and duodenal ulcer. Found that the percentage of healing of ulcers in women higher than men, and the percentage decrease in ulcer diameter smaller.*

*Key words: peptic ulcer, three-component eradication therapy, the effectiveness of treatment.*



**А.Б. ГОРПИНИЧ**

академик РАЕН, доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой общей хирургии и анестезиологии Орловского государственного университета

E-mail: goralex@rekom.ru

Тел. (4862) 45 37 28

**А.П. СИМОНЕНКОВ**

доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник Института хирургии им. А.В. Вишневского

E-mail: serotonin-aps@mail.ru

Тел. (499) 236 60 38

**И.Л. ПРИВАЛОВА**

доктор биологических наук, профессор кафедры нормальной физиологии, руководитель лаборатории физиологии НИИ экологической медицины Курского государственного медицинского университета

E-mail: ir\_priv@freemail.ru

Тел. (4712) 51 40 36

**В.Н. МАСАЛОВ**

доктор биологических наук, профессор, декан факультета биотехнологии и ветеринарной медицины Орловского государственного аграрного университета

E-mail: biodek2008@yandex.ru

Тел. (4862) 76 41 06

**А.Л. АЛЬЯНОВ**

кандидат медицинских наук, доцент кафедры общей хирургии и анестезиологии Орловского государственного университета

E-mail: tantoras@mail.ru

Тел. (4862) 45 37 28

**С.В. МАНГИЛЁВ**

ассистент кафедры общей хирургии и анестезиологии Орловского государственного университета

E-mail: mangilev777@mail.ru

Тел. (4862) 45 37 28

## СПОСОБ МОДЕЛИРОВАНИЯ АНТИПЕРИСТАЛЬТИКИ КИШЕЧНИКА

*Разработан новый способ моделирования антиперистальтики кишечника, включающий изоляцию участка тонкой кишки у лабораторного животного и введение серотонина адипината, отличающийся тем, что в качестве лабораторного животного используют мелкое лабораторное животное, а доза 1% раствора серотонина адипината составляет 0,7-1,5 мг, при этом указанную дозу вводят двумя путями: сначала часть дозы вводят в брыжейку дистального конца изолированного участка тонкой кишки, а затем оставшуюся часть – в его стенку.*

*Ключевые слова:* моделирование, антиперистальтика кишечника, серотонина адипинат, тонкая кишка.

Известно, что антиперистальтика является одним из элементов сложного, многокомпонентного акта рвоты. Участие серотонинергических структур ЦНС в реализации рвоты представляется в

значительной степени изученным (Долженко А.Т., Налетов С.В., 1992; Engel G. et al., 1986). Имеются также единичные данные об исследовании периферических гуморальных механизмов, направленных



на обеспечение рвотной реакции, и роли серотонинергических структур тонкого кишечника в акте рвоты.

В качестве прототипа способа моделирования антиперистальтики кишечника нами выбран способ того же назначения, предполагающий введение в брыжеечную артерию дистального конца изолированного участка подвздошной кишки крупного животного – собаки 5 мг серотонина адипината (Патент РФ на изобретение N2077076, 10.04.1997).

Недостатком известного способа является то, что он не позволяет изучать периферические гуморальные механизмы, направленные на обеспечение рвотной реакции, а также достоверно выявить роль серотонинергических структур тонкого кишечника в реализации рвоты у мелких лабораторных животных (крысы). Причиной этого является чрезвычайно малый диаметр брыжеечных сосудов у крысы, которые невозможно катетеризировать для введения серотонина адипината и моделирования антиперистальтики кишечника.

Между тем проведение экспериментов на животных регламентируется международным стандартом Надлежащей лабораторной практики (GoodLaboratoryPractice – GLP). В соответствии с GLP:

- животные должны иметь высокую степень генетической и микробиологической чистоты;
- условия их содержания должны соответствовать установленным требованиям.

С марта 2010 года в России также введены в действие Принципы надлежащей лабораторной практики (Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53434-2009), предусматривающие проведение всех доклинических, внеклинических и экспертных исследований в соответствии с международными стандартами GLP.

Выбор вида животного осуществляется исследователем. Говоря языком этих документов, это выбор биологической тест-системы, который нужно обосновать в плане и отчете об исследовании. Естественно, этот вид животного должен быть как можно ближе к человеку по биологическим характеристикам. Генетически близки приматы и мини-свиньи. Однако, они практически недоступны, но даже в отдельных лабораториях, где они используются, с ними работают на втором этапе доклинических исследований – после экспериментов на мышах и крысах.

подавляющее же большинство исследований выполнены на мышах и крысах, то есть мелких лабораторных животных.

В руководстве под ред. Н.Н. Каркищенко и С.В. Грачева (2010) приводится ссылка на книгу

У. Рассела и Р. Берча «Принципы гуманной экспериментальной техники» (1959), в которой обоснована концепция гуманного использования животных в экспериментах – «Концепция трех R», суть которой состоит в следующем.

1. Replacement – замена в опыте, когда это возможно, высокоорганизованных животных менее развитыми живыми объектами, альтернативными методами: экспериментами на культуре клеток и тканей, изолированными органами, физико-химическими и биохимическими системами, экспериментами на микроорганизмах и растительных объектах, компьютерными и математическими моделями.

2. Reduction – адекватность и стандартизация: это достижение воспроизводимых результатов с использованием минимального количества животных; адекватный выбор лабораторных животных; использование стандартных по микробиологическим, генетическим и экологическим параметрам животных. Одним из наиболее надежных путей снижения количества животных, используемых в экспериментах, является дальнейшее развитие и осуществление стандартизации лабораторных животных по генотипу, микрофлоре и экологическим параметрам. Благодаря уменьшению количества переменных факторов стандартизация может помочь в получении более надежных результатов на меньшем количестве животных.

3. Refinement – это улучшение условий содержания лабораторных животных и использования их в экспериментах, уменьшение дистресса животных во время экспериментов и применение обезболивающих средств, но не в ущерб цели эксперимента.

Стандартизацию крыс осуществить гораздо легче, чем собак. Они более плодовиты. Группу крыс, однородную по биологическим параметрам, набрать проще, чем собак. Кроме того, каждая крыса дешевле собаки, при этом крыс потребуется меньше, что делает исследования не только дешевле, но и гуманнее, а также упрощает статистическую обработку результатов.

Кроме того, по биоэтическим соображениям в последнее время крупные животные (собаки и приматы) обычно выводятся из острых опытов.

Таким образом, преимущества использования мелких лабораторных животных заключаются в следующем:

- удешевление исследований,
- возможность обойтись меньшим количеством лабораторных животных,
- упрощение обеспечения однородности экспериментальных групп,
- повышение статистической достоверности

получаемых результатов,

– соблюдение принципов гуманного отношения к лабораторным животным, что актуально в настоящее время.

Задача изобретения – создание модели антиперистальтики кишечника у мелких лабораторных животных (крысы) для изучения периферических гуморальных механизмов, направленных на обеспечение рвотной реакции.

Технический результат заключается в удешевлении моделирования антиперистальтики у мелких лабораторных животных, обеспечении возможности соблюдения принципов гуманного отношения к животным, упрощении исследований при сохранении их достоверности за счет упрощения набора однородных групп, использования при этом меньшего числа лабораторных животных путем двойного пути введения моделирующей субстанции, а также профилактики осложнений, обусловленных таким введением (перфорация кишки) за счет ограничения объема серотонина адипината, вводимого в стенку кишки.

Созданная в результате использования предлагаемого способа модель может служить биологической тест-моделью для оценки лекарственных препаратов, способных корректировать антиперистальтику (или взаимодействовать с серотонинреактивными структурами), отвечающей современным требованиям российских и международных стандартов исследований.

Учитывая то обстоятельство, что у мелких лабораторных животных объем вводимого лекарственного вещества очень ограничен (это обусловлено небольшими размерами стенки кишки и ее брыжейки), необходимую для получения желаемого эффекта (адекватной антиперистальтики) дозу серотонина адипината предложено вводить, используя «двойной путь введения»: в брыжейку и стенку тонкой кишки. В этом случае, как было установлено нами эмпирически, можно обеспечить необходимый объем вводимого препарата. Причем первоначально предложено вводить агент в брыжейку дистального конца изолированного отдела тонкой кишки, а после введения максимально возможного объема в брыжейку остальное количество препарата вводить в стенку кишки в области ее брыжеечного края.

Введение препарата по заявляемому способу позволяет создать необходимую локальную концентрацию препарата в стенке дистального конца изолированного участка тонкой кишки за счет разделения всей дозы вводимого препарата на два пути его введения.

Указанная последовательность введений позволяет ограничить объем серотонина адипината,

вводимого в стенку кишки, и обеспечить тем самым профилактику осложнений, обусловленных таким введением (перфорация кишки).

Сущность изобретения заключается в следующем.

Для моделирования антиперистальтики кишечника изолируют участок тонкой кишки у лабораторного животного и вводят серотонина адипинат. Применялся 1 % раствор в ампулах по 1 мл. При этом в качестве лабораторного животного используют мелкое лабораторное животное. Доза вводимого серотонина адипината составляет 0,7-1,5 мг. Введение препарата осуществляют последовательно: сначала в брыжейку, а затем в стенку дистального конца изолированного участка тонкой кишки (решение Федеральной службы по интеллектуальной собственности о выдаче патента на изобретение по заявке №2011138326/14(057212 от 08.08.2012г.).

В результате осуществления предлагаемого способа возникает антиперистальтика кишечника, что может быть подтверждено уменьшением расстояния между метками на изолированном участке кишки в области введения серотонина адипината, а на электромиограммах, полученных с помощью аппарата RFTBIOSCRIPTBST – 1, последовательным изменением миоэлектрической активности участка тонкой кишки от дистального его конца к проксимальному.

На рис.1 представлен вид изолированного участка тонкой кишки: а) до введения серотонина адипината, где 1 – разметка равнозначных участков кишки длиной 1 см; б) в момент введения серотонина адипината, где 2 – введение серотонина адипината в брыжейку в области брыжеечного края проксимального конца изолированного участка тонкой кишки и 3 – введение серотонина адипината в стенку кишки; в) после введения серотонина адипината.

На рис.2 изображен вид изолированного участка тонкой кишки: а) до введения серотонина адипината, где 1 – разметка равнозначных участков кишки длиной 1 см; б) в момент введения серотонина адипината, где 2 – в брыжейку в области брыжеечного края дистального конца изолированного участка тонкой кишки и 3 – введение серотонина адипината в брыжеечный край дистального конца изолированного участка тонкой кишки; в) после введения серотонина адипината.

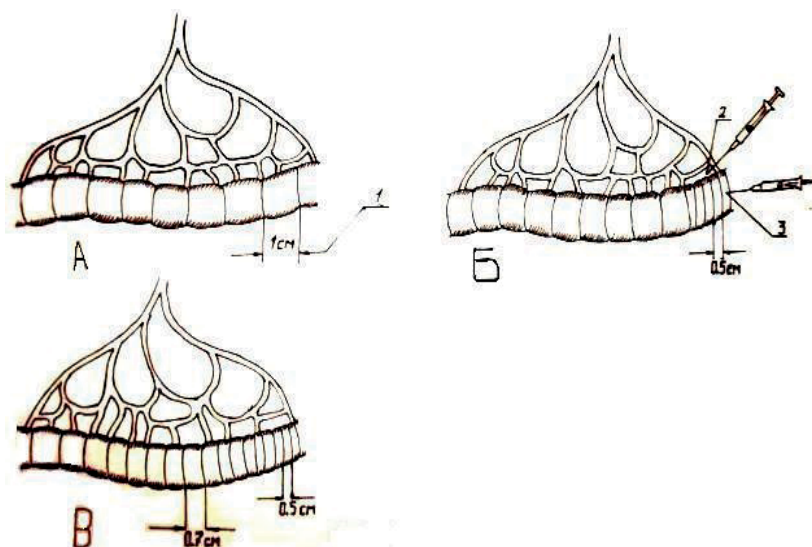


Рис. 1. Изолированный участок тонкой кишки после введения серотонина адипината в проксимальный конец участка тонкой кишки.

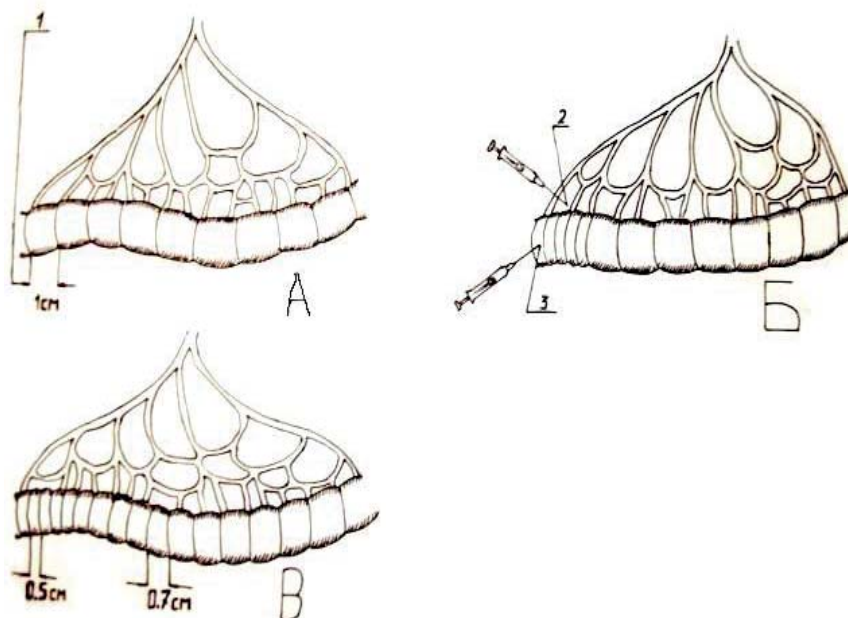


Рис. 2. Изолированный участок тонкой кишки после введения серотонина адипината в дистальный конец участка тонкой кишки.

Способ осуществляется следующим образом.

Экспериментальному животному (крыса) под хлоралгидратным наркозом (300 мг/кг внутривенно) выполняют лапаротомию. Участок тонкой кишки длиной 40 см с двух сторон изолируют путем ее перевязки с последующим пересечением между лигатурами с каждой стороны. Затем размечают кишку на равнозначные участки длиной 1 см каждый для лучшей визуализации перистальтической активности кишечника при внутривенном и внутривенном введении серотонина адипината. Последовательно на расстоянии 10 см друг от друга подшивают к кишке три электрода,

соединенные с аппаратом RFTBIOSCRIPTBST – 1. Вводят 0,7-1,5 мг серотонина адипината. Указанную дозу вводят, используя два пути введения: брыжейку в области брыжеечного края дистального конца изолированного участка тонкой кишки и стенку кишки в области брыжеечного края дистального конца изолированного участка тонкой кишки. При этом сначала вводят препарат в брыжейку, а затем в стенку кишки.

Это сопровождается усилением перистальтической активности кишечника, уменьшением расстояния между метками на кишечнике на стороне введения серотонина адипината, а на

электромиограммах, полученных с помощью аппарата RFTBIOSCRIPТBST – 1, происходит последовательное изменение миоэлектрической активности участка тонкой кишки от дистального к проксимальному.

Примеры конкретного выполнения.

Первое экспериментальное животное – крыса N1 – 180 г. Операция 25.03.11. Наркоз – хлоралгидрат, 300 мг/кг внутривнутрибрюшинно. Регистрационный прибор – аппарат RFTBIOSCRIPТBST – 1. Выполнили лапаротомию. Участок тонкой кишки длиной 40 см с двух сторон изолировали путем его перевязки лигатурами, с последующим отсечением. Произведена разметка кишки на равнозначные участки длиной 1 см каждый, для лучшей визуализации перистальтической активности кишечника при внутривнутрибрюшном и внутривнутристеночном введении серотонина адипината. Последовательно на расстоянии 10 см друг от друга подшиты к кишке три электрода, соединенные с регистрирующим прибором. Ввели 1 мг серотонина адипината. При этом в брыжейку в области брыжеечного края проксимального конца изолированного участка тонкой кишки ввели 0,6 мг серотонина адипината, а в стенку кишки области брыжеечного края проксимального конца изолированного участка тонкой кишки ввели 0,4 мг лекарственного препарата. Это сопровождалось усилением перистальтической активности ки-

шечника, уменьшением расстояния между метками на кишечнике на стороне введения лекарственного препарата, а на электромиограммах происходило последовательное изменение миоэлектрической активности участка тонкой кишки от проксимального его конца к дистальному (рис. 3).

Второму экспериментальному животному (крыса N2 – 170 г) под хлоралгидратным наркозом (300 мг/кг внутривнутрибрюшинно), выполнили лапаротомию. Участок тонкой кишки длиной 40 см с двух сторон изолировали путем ее перевязки лигатурами и отсечения. Произвели разметку кишки на равнозначные участки длиной 1 см каждый. Последовательно на расстоянии 10 см друг от друга подшили к кишке три электрода, соединенные с регистрирующим прибором. Ввели 1 мг серотонина адипината. При этом в брыжейку в области брыжеечного края дистального конца изолированного участка тонкой кишки ввели 0,6 мг серотонина адипината, а в стенку кишки области брыжеечного края дистального конца изолированного участка тонкой кишки ввели 0,4 мг лекарственного препарата. Это сопровождалось антиперистальтикой кишки, уменьшением расстояния между метками на кишечнике на стороне введения серотонина адипината, а на электромиограммах, происходило последовательное изменение миоэлектрической активности участка тонкой кишки от дистального ее конца к проксимальному (рис. 4).

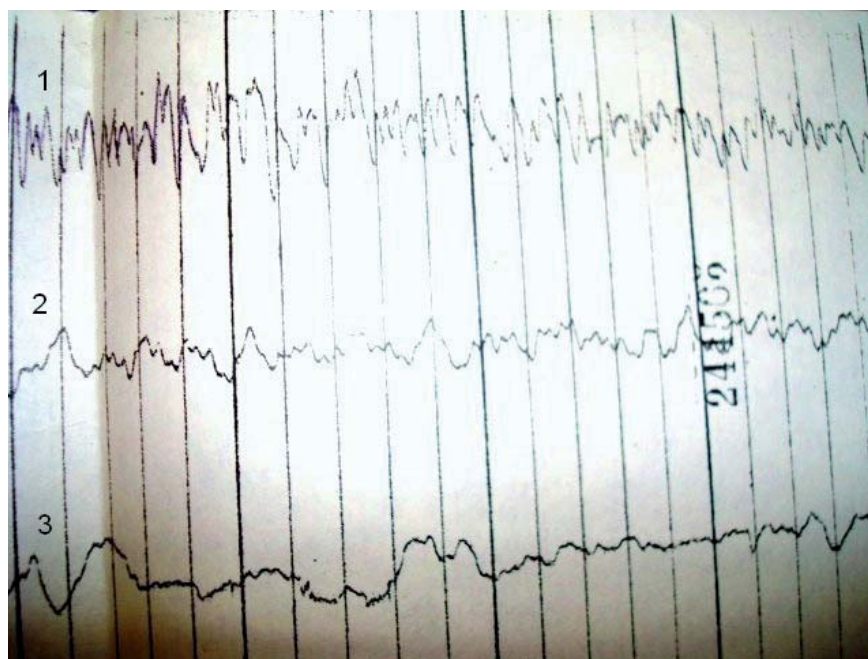


Рис. 3. Представлены электромиограммы после введения серотонина адипината в брыжейку в области брыжеечного края проксимального конца изолированного участка тонкой кишки и в стенку кишки в области брыжеечного края проксимального конца изолированного участка тонкой кишки. Электроды (1,2,3) расположены последовательно, начиная от места введения лекарственного препарата.



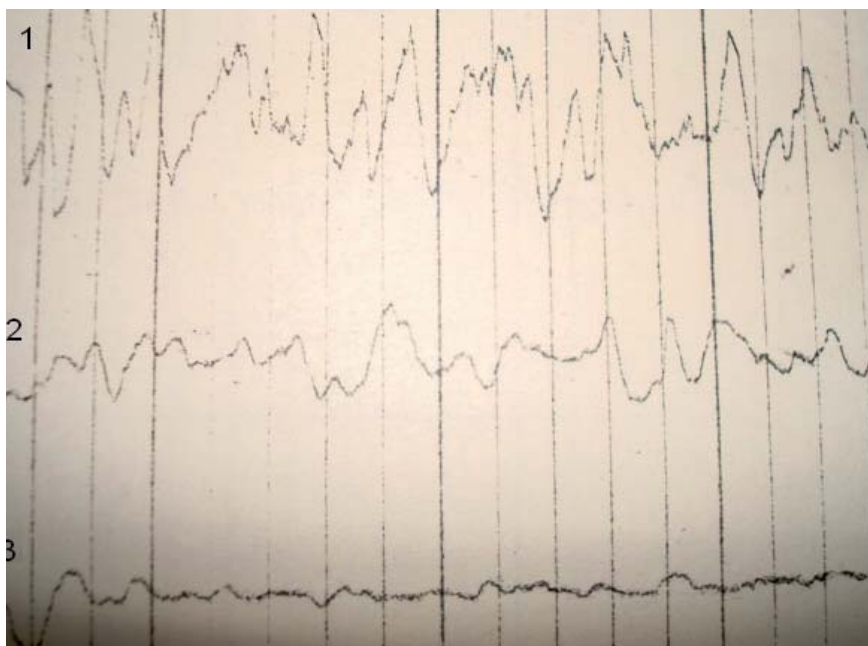


Рис. 4. Представлены электрограммы после введения серотонина адипината. Серотонина адипинат введен в брыжейку в области брыжеечного края дистального конца изолированного участка тонкой кишки и в стенку кишки в области брыжеечного края дистального конца изолированного участка тонкой кишки. Электроды (1,2,3) расположены последовательно, начиная от места введения лекарственного препарата.

Таким образом, изменение концентрации серотонина в дистальных отделах тонкого кишечника, а именно ее повышение, приводит к возникновению антиперистальтики. Предложенная нами модель антиперистальтики кишечника у мелких лаборатор-

ных животных (крысы) позволяет изучить периферические гуморальные механизмы, направленные на обеспечение рвотной реакции и убедительно доказать участие серотонинергических структур желудочно-кишечного тракта в реализации рвоты.

#### Библиографический список

1. Горпинич А.Б., Затолокин В.Д., Симоненков А.П., Бугорский Г.В., Привалова И.Л. Способ моделирования антиперистальтики кишечника в эксперименте. Патент на изобретение N2077076 от 10.04.1997.
2. Долженко А.Т., Налетов С.В. Фармакологические пути устранения рвоты как осложнения противоопухолевой химиотерапии. *Вопр. онкологии*. 1992. Т.38, №5. С.527-533.
3. Лабораторные животные. Разведение, содержание, использование в эксперименте. Западнюк И.П., Западнюк В.И., Захария Е.А. и др. Киев: Вища школа. Головное издательство. 1983. 383с.
4. Руководство по лабораторным животным и альтернативным моделям в биомедицинских исследованиях. Под ред. Н.Н. Каркищенко, С.В. Грачева. М.: Профиль, 2010. 354с.
5. Engel G., Richardson B.P., Donatsch P., Stadler P. A new class of drugs: 5-HT<sub>3</sub> receptor antagonists // *Triangle*. 1986. Vol.25. P.123-130.

**A.B. GORPINICH, A.P. SIMONENKOV, I.L. PRIVALOVA,  
V.N. MASALOV, A.L. ALYANOV, S.V. MANGILOV**

#### WAY OF MODELING ANTIPERISTALSIS INTESTINES

*The new way of modeling intestine's antiperistalsis, including isolation of the small intestine's site at a laboratory animal and injection serotonin adipinate, is developed. The new method differs that a laboratory animal is small, and the dose of 1% serotonin adipinate solution is 0.7-1.5 mg. This dose is injected by two ways, at first a part of a dose is injected into mesentery of the distal end of the isolated small intestine's site, and then the rest – in its wall.*

*Key words: modeling, antiperistalsisintestines, serotonin adipinate,small intestine.*



**И.Л. ДРОЗДОВА**

доктор фармацевтических наук, профессор  
кафедры фармакогнозии и ботаники Курского  
государственного медицинского университета  
E-mail: irina-drozdova@yandex.ru

**Н.Н. ДЕНИСОВА**

аспирант кафедры фармакогнозии и ботаники  
Курского государственного медицинского  
университета  
Тел. (4712) 58 81 35, 8 910 216 12 79

## ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ КОРОСТАВНИКА ПОЛЕВОГО (*KNAUTIA ARVENSIS* (L.) COULT.) МЕТОДОМ ВЭЖХ

*В статье приведены результаты исследования компонентного состава фенольных соединений надземной части короставника полевого (*Knautia arvensis* (L.) Coult.) методом ВЭЖХ. Обнаружено 13 веществ (флавоноидов, фенолкарбоновых кислот, кумаринов). Все фенольные соединения в надземной части короставника полевого обнаружены впервые.*

*Ключевые слова:* короставник полевой, (*Knautia arvensis* (L.) Coult.), фенольные соединения, метод ВЭЖХ.

Род Короставник (*Knautia* L.) насчитывает около 50 видов [6], из которых 6 видов произрастают в странах СНГ; 4 из них встречаются в России [4]. Наиболее широко во флоре областей Центральной России распространен короставник полевой [7].

Короставник полевой (***Knautia arvensis* (L.) Coult.**) – многолетнее травянистое растение, высотой 40-80 см. Листья серовато-зеленые, супротивные, лировидные или перисто-раздельные, иногда цельные, нижние – с черешками, верхние – сидячие, длиной 4-20 см. Листорасположение – супротивное. Цветки розовато-лиловые, мелкие, 7-10 мм длиной, собраны в соцветия – головки. Плоды – продолговато-яйцевидные семечки длиной 5-6 мм и толщиной 2 мм, густоопушенные, зеленовато-желтого цвета. Цветет с июня до поздней осени, плоды созревают в июле-октябре [3]. *Короставник полевой – евроазиатское растение, широко распространенное почти по всей Европе, в Западной Сибири, Казахстане. В России произрастает в Европейской части (кроме северных районов), на Северном Кавказе, на Юге Западной Сибири, как заносное – на Сахалине. В Средней России встречается во всех областях. Общий ареал распространения: лесная зона, лесной и субальпийский пояс Европы, Западной Сибири и Предкавказья [6].*

Встречается на лугах, полях, в светлых лесах; встречается и как сорняк на пастбищах, пустырях, по разреженным лесам и опушкам, вдоль дорог [6].

Вид имеет кормовое, медоносное и декоративное значение [4].

В настоящее время короставник полевой применяется только в народной медицине в качестве противовоспалительного, отхаркивающего, антисеп-

тического средства [4]. Его применяют внутрь в виде настоев, настоек, сока. Для местного применения используют порошки, настои. Настой травы применяют при хронических кожных болезнях, сыпях различной этиологии, гнойных порезах, при крапивнице, кашле, бронхите, ангине, угрях, язвах [1]. В литературе содержатся данные о том, что короставник полевой положительно воздействует на кишечную микрофлору, и имеются предпосылки для целенаправленного исследования его лечебных свойств для лечения и профилактики дисбактериоза [1].

Однако, до настоящего времени химический состав короставника полевого практически не изучен. Из данных литературы известно, что трава содержит сапонины [2], горькие и дубильные вещества, иридоиды, сахара, каротин (провитамин А) (до 140 мг%) и другие витамины, микро- и макроэлементы [1,4].

Ранее нами проведены исследования травы короставника полевого на наличие различных групп БАВ. В результате было установлено наличие азотистых оснований, дубильных веществ, органических кислот, кумаринов, флавоноидов, стероидных и тритерпеновых сапонинов, каротиноидов, водорастворимых полисахаридов, пектиновых веществ, гемицеллюлоз А и Б [5].

**Цель нашей работы** заключалась в анализе состава фенольных соединений надземной части короставника полевого методом ВЭЖХ.

**Объектом исследования** служила воздушно-сухая измельченная трава (надземная часть) короставника полевого. Сырье заготавливалось в течение 2008-2009 гг. в Курской области в период массового цветения растений.

**Методы исследования.** Для изучения компонентного состава фенольных соединений надземной части короставника полевого применяли метод ВЭЖХ.

Для изучения компонентного состава фенольных соединений 10,0 г сырья помещали в колбу объемом 250 мл, прибавляли 50 мл 70% спирта этилового и нагревали на кипящей водяной бане в течение 1 часа с момента закипания. После охлаждения смесь фильтровали через бумажный фильтр в мерную колбу вместимостью 100 мл и доводили объем 70% спиртом этиловым до метки (исследуемый раствор). Параллельно готовили серию 0,05% растворов сравнения образцов фенольных соединений в 70% спирте этиловом. Анализ проводили на высокоэффективном жидкостном хроматографе фирмы «GILSON» (Франция) (модель 305) с ручным инжектором RHEODYNE-7125 (USA) с последующей компьютерной обработкой результатов, используя программу «МультиХром для «Windows». Детектирование проводилось с помощью УФ-детектора GILSON UV-VIS (модель 151). Хроматографическая колонка Kromasil C 18, 4,6×250 мм с размером частиц 5 мкм. Подвижная фаза – смесь спирт метиловый-вода-кислота фосфорная концентрированная (400:600:5). Скорость подачи элюента 0,50 мл/мин, рабочая длина волны 254 нм, объем пробы – 10-20 мкл, температура колонки комнатная. Идентификацию разделенных веществ проводили путем сопоставления времен удерживания пиков, полученных на хроматограмме пробы, с временами удерживания стандартных растворов фенольных соединений (PCO).

#### *Результаты и их обсуждение*

В результате проведенных исследований в надземной части короставника полевого идентифицировано 13 соединений фенольной природы, которые представлены флавоноидами, производными фенолкарбоновых кислот, кумаринами.

Методом ВЭЖХ в надземной части короставника полевого было идентифицировано 4 флавоноида: лютеолин-7-гликозид, кверцетин, рутин, кемпферол. Идентифицированные фенолкарбоновые кислоты представлены 5 соединениями: галловой, о-кумаровой, кофейной, цикориевой, феруловой кислотами. С достоверными образцами идентифицировали 2 вещества кумариновой природы: умбеллиферон и кумарин.

Методом внутренней нормализации было установлено, что из флавоноидных соединений в наибольшем количестве содержатся лютеолин-7-гликозид и кверцетин, из производных фенолкарбоновых кислот преобладают галловая и

о-кумаровая кислоты, веществ кумариновой природы – умбеллиферон.

Результаты анализа представлены в таблице.

*Таблица*

Результаты исследования фенольных веществ надземной части короставника полевого методом высокоэффективной жидкостной хроматографии

Наименование PCO	Время удерживания, мин	Количественное соотношение, %
Умбеллиферон	2,89	7,74
Галловая кислота	3,34	17,17
Таннин	3,78	2,23
Эпикатехин	4,42	2,70
О-кумаровая кислота	4,97	5,21
Кофейная кислота	5,61	1,63
Цикориевая кислота	6,21	3,35
Феруловая кислота	7,02	1,24
Лютеолин-7-гликозид	8,41	5,39
Рутин	8,76	1,27
Не идентифицированное вещество	9,20	1,07
Не идентифицированное вещество	10,7	1,45
Кумарин	11,4	0,96
Не идентифицированное вещество	15,12	2,47
Не идентифицированное вещество	17,06	2,15
Не идентифицированное вещество	20,34	3,74
Не идентифицированное вещество	21,43	2,45
Не идентифицированное вещество	25,75	7,52
Кверцетин	28,47	5,09
Не идентифицированное вещество	31,26	24,20
Кемпферол	56,72	0,97

Все фенольные соединения в исследуемом виде обнаружены впервые.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что надземная часть короставника полевого содержит комплекс биологически активных веществ фенольной природы. Методом ВЭЖХ установлен компонентный состав фенольных соединений, которые представлены флавоноидами, производными фенолкарбоновых кислот и кумаринами. В результате идентифицировано 13 веществ; все в исследуемом виде обнаружены впервые.

Установлено, что преобладающими компонентами в надземной части короставника полевого являются: из флавоноидных соединений - лютеолин-7-гликозид и кверцетин, из производных фенолкарбоновых кислот – галловая и о-кумаровая кислоты, из веществ кумариновой природы – умбеллиферон.

## Библиографический список

1. *Ахмедов Р. Б.* Растения - твои друзья и недруги. В мире науки. 2004. №4. С. 13.
2. *Биелло Д.* Либо пчелы, либо цветы. В мире науки. 2006. №7. С. 16.
3. *Губанов И.А.* Иллюстрированный определитель растений средней России. Т. 3: Покрытосеменные (двудольные: раздельнолепестные). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. 520 с.
4. Дикорастущие полезные растения России. Отв. Ред. А.Л. Буданцев, Е.Е. Лесиовская. СПб: Издательство СПХФА, 2001. 663 с.
5. *Дроздова И.Л.* Обоснование возможности использования короставника полевого в фитотерапии различных заболеваний на основании изучения его химического состава. II Российский фитотерапевтический съезд: Сборник научных трудов съезда, г. Москва, 22-23 октября 2010 г. Приложение к журналу «Традиционная медицина» 3(22) 2010. М.: Изд-во Профессиональной ассоциации натуротерапевтов, 2010. С. 124-126.
6. *Маевский П.Ф.* Флора средней полосы европейской части России. 10-е изд. . М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 600 с.
7. *Прудников Н.А.* Сосудистые растения Курской области. Курск: КГУ, 2005. 80 с.

*I.L.DROZDOVA, N.N. DENISOVA*

**THE STUDY OF PHENOLIC CONNECTIONS IN THE KNAUTIA ARVENSIS (L.) COULT.  
ABOVE-GROUND PART BY HPLC**

*The results of a study of phenolic connections in the *Knautia arvensis* (L.) Coult. above-ground part by HPLC are presented. By means of these methods 13 substances have been revealed (flavonoids, phenolcarbolic acids, coumarins). All phenolic connections have been revealed from *Knautia arvensis* (L.) Coult. above-ground part for the first time.*

*Key words: the *Knautia arvensis* (L.) Coult., phenolic connections, HPLC.*

**Е.Т. ЖИЛЯКОВА**

доктор фармацевтических наук, доцент, зав. кафедрой фармацевтической технологии, управления и экономики здравоохранения Белгородского государственного национального исследовательского университета  
Тел. (4722) 30 14 27

**Е.Н. НАУМЕНКО**

аспирант кафедры фармацевтической технологии, управления и экономики здравоохранения Белгородского государственного национального исследовательского университета  
Тел. (4722) 30 14 27

**О.О. НОВИКОВ**

доктор фармацевтических наук, профессор, зав. кафедрой фармацевтической химии и фармакогнозии Белгородского государственного национального исследовательского университета  
Тел. (4722) 30 14 27

**Д.В. ПРИДАЧИНА**

аспирант кафедры фармацевтической технологии, управления и экономики здравоохранения Белгородского государственного национального исследовательского университета  
Тел. (4722) 30 14 27

## РАЗРАБОТКА СОСТАВА СУППОЗИТОРИЕВ С В-КАРОТИНОМ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМ И МАСЛОМ МОНАРДЫ

*Работа посвящена разработке состава суппозиторий ректальных для лечения проктологических заболеваний, среди которых геморрой (43%), проктит и проктосигмоидит (17%), анальная трещина (10%) и опухоли толстой кишки, в основном, рак прямой кишки (9,2%). Введение в состав суппозиторий β-каротина микробиологического и масла монарды позволит расширить ассортимент препаратов для лечения этой патологии. Проведены изучения суппозиторных основ: твердый жир марки А, Витепсол W35, Суппоцир NAS 50 и Суппоцир АМ.*

*Ключевые слова:* суппозитории, масло монарды, реологические характеристики, суппозиторные основы.

На современном этапе развития медицины профилактика и лечение проктологических заболеваний прямой кишки (геморрой, парапроктит, анальные трещины и пр.), большой группы неспецифических язвенных колитов и функциональных поражений толстой кишки с синдромом стойких запоров является одной из важных проблем. Статистика свидетельствует о значительной распространенности заболеваний прямой кишки, причем в последнее время наблюдается тенденция к увеличению их количества. Проктологические заболевания при скрининге выявляются у каждого четвертого здорового взрослого человека, причем мужчины и женщины страдают этими заболеваниями примерно одинаково. Около 1/3 пациентов имеют 2 заболевания и более. Основное место среди заболеваний прямой кишки занимают воспалительные процессы. Среди

клинически манифестирующих проктологических заболеваний первые 4 места занимают геморрой (43%), проктит и проктосигмоидит (17%), анальная трещина (10%) и опухоли толстой кишки, в основном, рак прямой кишки (9,2%).

В настоящее время среди методов лечения в проктологии преобладают хирургические, однако многие формы проктита, проктосигмоидита и геморроя нуждаются в консервативной медикаментозной терапии. Комплексная терапия гормональными (кортикостероиды, производные 5-аминосалициловой кислоты) и антибактериальными ЛС (ампициллин, цефалоспорины и тетрациклины) в большинстве случаев способствует снижению воспалительных явлений в кишечнике, улучшению общего состояния больных. Однако достигнутые результаты не продолжительны, а появление стойкой ремиссии

– редкость. Поэтому, поиск фармакотерапевтических средств, безопасных и эффективных – актуальная задача. Для местного воздействия на очаг воспаления применяются разнообразные растворы антисептических средств, настои лекарственных растений, мази, тампоны. Однако, ведущая роль в фармакотерапии проктологических заболеваний принадлежит суппозиториям. Безусловно, суппозитории как лекарственная форма обладают рядом ценных и очевидных преимуществ. Кроме того, ректальный способ введения очень удобен и безопасен для гериатрических больных и для детей. Локализация фармакологически активных веществ непосредственно *per rectum* позволяет облегчить местные боли, ускорить заживление разрывов, трещин и благоприятно влияет на воспалительные процессы.

При этом все большее внимание привлекают препараты растительного происхождения как наиболее безопасные и органичные для человеческого организма. На фармацевтическом рынке России наблюдается ограниченный ассортимент суппозиториями отечественного производства, в состав которых входят растительные средства, а именно: масло семян тыквы, облепиховое масло, измельченная масса хлорофиллсодержащих водорослей, экстракт красавки. Поэтому исследования в отношении поиска БАВ, обоснования и создания суппозиториями для лечения данного класса заболеваний в клинических и амбулаторных условиях актуальны.

Одними из перспективных для профилактики и лечения проктологических заболеваний лекарственных веществ является  $\beta$ -каротин микробио-

логический, обладающий ранозаживляющим, противовоспалительным, иммуномодулирующим действием, а также эфирное масло монарды дудчатой, которое проявляет противогрибковые, противовоспалительные и иммуномодулирующие свойства.

Одним из важных факторов, влияющих на эффективность действия лекарственных средств, является лекарственная форма, для которой в свою очередь значимы вспомогательные вещества и особенно суппозиторная основа. Поэтому на первоначальном этапе исследований был осуществлен выбор основы для суппозиториями.

Для проведения эксперимента были использованы основы липофильного характера: Твердый жир марки А, Витепсол W35, Суппоцир NAS 50 и Суппоцир АМ.

Суппозитории на указанных основах готовили методом выливания. Технология была традиционной. Количество  $\beta$ -каротина микробиологического и масла Монарды в составе готового продукта (одного суппозитория) было определено по литературным данным и на основании исследований микробиологических и противовоспалительных свойств масла Монарды.

Оценку качества полученных суппозиториями проводили согласно требований ГФ XI.

Как видно из данных таблицы 1, внешний вид полученных суппозиториями после изготовления отвечает требованиям ГФ XI. Показатели времени полной деформации суппозиториями с  $\beta$ -каротином микробиологическим и маслом Монарды на всех основах отвечали требованиям ГФ XI.

Таблица 1.

Органолептические и физико-химические свойства суппозиториями с микробиологическим каротином и маслом Монарды

Основа	Внешний вид	ВПД, мин.			Т пл, °С		
		После приготовления	Через один год хранения	Через два года хранения	После приготовления	Через один год хранения	Через два года хранения
Твердый жир типа А	Суппозитории торпедообразной формы, равномерно окрашенные, светло-желтые, гладкие, без трещин и сколов. На срезе однородные, без механических включений	3,51± 0,02	4,42± 0,02	4,68± 0,02	35,40± 0,02	36,12± 0,02	36,4± 0,02
Витепсол W35	« - «	3,50± 0,02	3,82± 0,02	3,89± 0,02	35,24± 0,02	35,48± 0,02	36,1± 0,02
Суппоцир NAS50	« - «	3,92± 0,02	5,22± 0,02	5,95± 0,02	35,82± 0,02	37,14± 0,02	37,6± 0,02
Суппоцир АМ	« - «	3,78± 0,02	5,66± 0,02	6,27± 0,02	35,96± 0,02	37,24± 0,02	38,1± 0,02

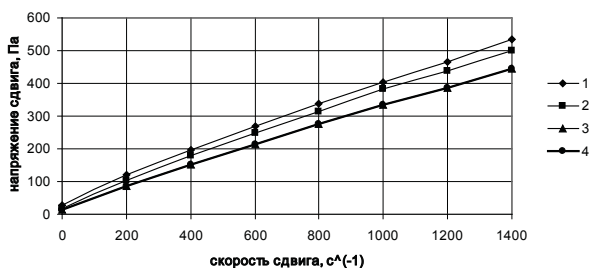


Однако, температура плавления суппозиторий на основе Суппоцира NAS 50 и Суппоцира AM уже после первого года хранения превысила предел требований НД (370С). Поэтому эти основы были отклонены, а дальнейшие исследования проводились с основами Твердый жир марки А и Витепсол W35.

Для определения влияния действующих веществ ( $\beta$ -каротина и масла Монарды) на реологические показатели суппозиторной массы были проведены реологические исследования образцов суппозиторий на Твердом жире и Витепсале при температуре 35 и 40°С. Кроме того, были исследованы суппозиторные основы без действующих веществ при тех же температурных режимах. Результаты реологических исследований представлены на рисунках 1 и 2.

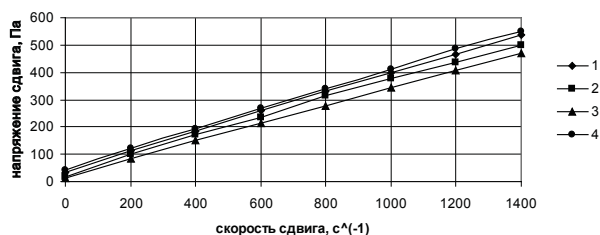
Как видно на реограммах, введение БАВ в состав суппозиторной основы меняет ее реологические показатели, причем это касается всех образцов суппозиторий (на Твердом жире и Витепсале).

Рис. 1. Реограммы суппозиторий с  $\beta$ -каротином и маслом Монарды на Твердом жире: 1 – суппозитории при



Т – 350С; 2 – суппозитории при Т – 400С; 3 – Твердый жир при Т – 350С, 4 – Твердый жир при Т – 400С.

Рис. 2. Реограммы суппозиторий с  $\beta$ -каротином и маслом монарды на Витепсале W35: 1- суппозитории



при Т – 350С; 2-суппозитории при Т – 400С; 3- Витепсол при Т – 350С, 4 –Витепсол при Т – 400С.

При определении реологических параметров суппозиторных основ (Твердый жир и Витепсол) и суппозиторий, выполненных на вискозиметре «Реотест-2», установлено, что исследуемые объекты представляют собой системы с Ньютонским типом течения как при температуре 35°С, так и при 40°С. Приведенные выше реограммы подтвердили

возможность применения суппозиторных основ Твердый жир и Витепсол для дальнейших исследований при разработке суппозиторий с  $\beta$ -каротином микробиологическим и маслом Монарды: возможность выливания массы, ее упаковки и перемешивания в процессе приготовления.

Дальнейшие исследования были посвящены технологическому совершенствованию выбранных суппозиторных основ. В качестве предполагаемых «добавок» были использованы поливинилпирролидон (ПВП) в количестве 5%, твин-80-1%, эмульгатор №1-5%. С этой целью были изготовлены следующие модельные образцы суппозиторий:

Таблица 2.

Составы экспериментальных образцов суппозиторий

Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Образец № 4
Масло Монарды –0,5%, 0.02% раствор $\beta$ -каротина микробиологического в масле-5%, анестезин-4,0%, ПВП -5%, твин-80- 1%,	Масло Монарды –0,5%, 0.02% раствор $\beta$ -каротина микробиологического в масле- 5%, анестезин-4,0%, ПВП -5%, твин-80-1%,	Масло Монарды –0,5%, 0.02% раствор $\beta$ -каротина микробиологического в масле-5 %, анестезин 4,0%, ПВП-5%, эмульгатор №1 – 5%,	Масло Монарды –0,5%, 0.02% раствор $\beta$ -каротина микробиологического в масле-5 %, анестезин 4,0%, ПВП-5%, эмульгатор №1 –5%,
Твердый жир – до 3,0г	Витепсол W35 – до 3,0 г	Твердый жир – до 3,0 г	Витепсол W35 – до 3,0 г

Активность высвобождения оценивали по количеству  $\beta$ -каротина, которое перешло в раствор во время опыта. В качестве диализной среды при изучении высвобождения был выбран 0,1 М раствор гидроксида натрия, что соответствует щелочной реакции среды кишечника.

Анализировали полученный раствор с высвобожденным активным компонентом с помощью жидкостной хроматографии. Для каждого образца суппозиторий проводили не меньше 6 определений, которые подвергали статистической обработке. На рисунке 3 представлена диаграмма высвобождения  $\beta$ -каротина из суппозиторий на основах Твердый жир и Витепсол.

Оценку полноты высвобождения активного ингредиента ( $\beta$ -каротина) проводили методом диализа через полупроницаемую мембрану. В качестве мембраны использовали целлофановую пленку со стандартными толщиной и размерами пор, которая позволяет максимально моделировать процессы высвобождения и изучения фармацевтической доступности лекарственных веществ в организме человека.

Содержание  $\beta$ -каротина определяли методом спектрофотометрии при длине волны  $450 \pm 2$  нм.

Температура проведения процесса диализа составила  $37 \pm 1^\circ\text{C}$ . Результаты представлены в таблице 4.

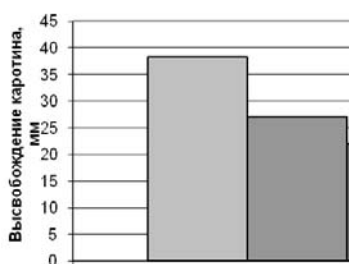


Рис. 3. Высвобождение  $\beta$ -каротина из суппозиториев: 1,2-суппозитории с каротином на основе твердых жиров с добавкой -1% твина-80; 3-4 – суппозитории на основе твердых жиров с добавкой – 5% эмульгатора №1.

Таблица 3.

Высвобождение  $\beta$ -каротина из суппозиториев в опытах *in vitro*

Время диализа, мин	Содержание $\beta$ -каротина в диализате в %			
	Образец №1	Образец №2	Образец №3	Образец №4
15	15,35	17,90	10,73	6,65
30	50,55	27,34	19,81	8,95
45	49,20	32,15	19,93	12,50
60	51,15	31,42	20,90	16,60
90	54,60	33,58	26,57	19,86
120	54,80	34,20	28,34	21,96
150	51,55	35,20	25,50	22,64
180	45,80	31,00	23,12	24,30
210	37,25	30,73	22,70	22,40
240	31,95	29,66	23,27	22,15
300	26,20	31,20	23,50	23,22
Полнота высвоб.	83,66	77,78	57,90	49,70

Как видно из таблицы 3, добавление к основам твина-80 приводит к более интенсивному высвобождению  $\beta$ -каротина. При этом наиболее полное высвобождение достигается из основы Твердый жир. За 300 минут эксперимента в диализную среду высвободилось 83,66 % действующего вещества. Из основы Витепсол с добавкой твин-80 за указанный промежуток времени высвободилось 77,78 %  $\beta$ -каротина.

Таким образом, на основании полученных результатов, установлено, что наиболее полное высвобождение лекарственного вещества происходит из суппозиториев на основе Твердый жира марки А с добавлением твина-80 в количестве 1%.

Для местноанестезирующего эффекта с учетом предполагаемого назначения суппозиториев было решено ввести анестезин в количестве 4%. Исследования местноанестезирующей активности суппозиториев проводили на модели электрораз-

дражения прямой кишки. В качестве препарата сравнения использовали суппозитории «Анестезол» Результаты влияния сопутствующего компонента представлены в таблице 4.

Таблица 4.

Анальгетическая активность суппозиториев с каротином микробиологическим и маслом Монарды.

Время наблюдения	Анальгетическая активность	
	Анестезол	Суппозитории с каротином и маслом Монарды
Исходный уровень	3,07 $\pm$ 0,11	3,45 $\pm$ 0,16
1 мин.	$\frac{3,18 \pm 0,10}{3,6} / p < 0,05$	$\frac{7,18 \pm 0,23}{108,1} / p < 001$
5 мин	$\frac{6,02 \pm 0,07}{96,1} / p > 0,001$	$\frac{8,28 \pm 0,13}{140,0} / p > 0,001$
10 мин.	$\frac{7,10 \pm 0,24}{131,1} / p > 0,001$	$\frac{8,40 \pm 0,11}{143,5} / p > 0,001$
15 мин.	$\frac{6,47 \pm 0,13}{110,8} / p > 0,001$	$\frac{7,2540 \pm 0,11}{110,2} / p > 0,001$
20 мин.	$\frac{5,20 \pm 0,26}{69,4} / p < 0,05$	$\frac{6,93 \pm 0,23}{100,9} / p > 0,001$
25 мин.	$\frac{4,27 \pm 0,15}{39,1} / p > 0,001$	$\frac{4,630 \pm 0,23}{34,3} / p > 0,002$
30 мин.	$\frac{3,90 \pm 0,10}{27,0} / p < 0,05$	$\frac{3,45 \pm 0,16}{0}$
35 мин.	$\frac{3,07 \pm 0,11}{0}$	
Длительность действия (мин.)	35,0 $\pm$ 0,0	30,0 $\pm$ 0,0

\* В числителе – порог болевой чувствительности (В); в знаменателе – анальгетическая активность (%);  
p – достоверность различий с исходными данными

Проведенные исследования показали, что разработанные суппозитории по скорости наступления и степени выраженности анальгетического эффекта превосходят аналог.

Опираясь на результаты комплексного исследования, предложен состав суппозиториев с  $\beta$ -каротином микробиологическим и маслом Монарды и на твердой жировой основе:

$\beta$ -каротин микробиологический 0,02% масляный раствор-5%

Масло Монарды 0, 5%

Анестезин -4,0% ,

Поливинилпирролидон -1,0%,

Твин-80- 1%,

Твердый жир марки А до получения суппозитория массой 3,0 г.

**E.T. ZHILYAKOVA, E.N NAUMENKO, O.O. NOVIKOV, D.V. PRIDACHINA**

**DEVELOPING COMPOSITION SUPPOSITORY WITH B-CAROTENE, MICROBIOLOGICAL  
AND OIL OF MONARDA**

*The work is dedicated to the development of rectal suppositories for the treatment of proctologic diseases, including hemorrhoids (43%), proctitis, and proctosigmoiditis (17%), anal fissure (10%) and colon tumors, mainly colorectal cancer (9.2%). The introduction of the suppository b-carotene and microbiological oil of Monarda will expand the range of products for the treatment of this pathology. The study of suppository bases: the solid grade A fat, Witepsol W35, 50 and NAS Suppotsir Suppotsir AM.*

*Key words: suppositories, oil of Monarda, rheological properties, suppository bases.*



**Е.В. ЖУЧКОВА***врач-ординатор кафедры психиатрии и неврологии Орловского государственного университета**E-mail: sencila@mail.ru**Тел. 8 920 288 00 22***М.А. ЕВЗЕЛЬМАН***доктор медицинских наук, профессор кафедры психиатрии и нервных болезней Орловского государственного университета**E-mail: ntb@orel.ru**Тел. 8 953 479 30 50, 8 920 286 23 64*

## СИНДРОМ ПОЛИОРГАННОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ ПРИ ИНСУЛЬТЕ

*В настоящее время синдром полиорганной недостаточности (СПОН) рассматривается как ведущая причина летальных исходов у подавляющего большинства больных, находящихся в критическом состоянии. Проведено клинико-морфологическое исследование СПОН при острых нарушениях мозгового кровообращения (ОНМК) у 30 больных, находившихся в блоке реанимации и интенсивной терапии (БРИТ) неврологического отделения БСМП им. Н.А. Семашко: 14 больных с кровоизлияниями и 10 с инфарктами в полушария мозга, 3 больных с инфарктами и 3 с кровоизлияниями в ствол мозга. СПОН диагностирован у 89% больных. Острая патология органов дыхания выявлена в 100% случаев, острая патология сердечно-сосудистой системы – в 56%, острая почечная недостаточность – в 46%, тромбоэмболия легочной артерии в 43 %, острая патология желудка и кишечника – в 39%. Развитие СПОН происходит в максимально короткие сроки с быстрым, практически одномоментным, вовлечением в патологический процесс 3-4 экстрацеребральных систем. Выявлены три формы течения СПОН при ОНМК: острейшая, острая и поздняя.*

*Ключевые слова: инсульт, синдром полиорганной недостаточности, искусственная вентиляция легких (ИВЛ), экстрацеребральная патология, нейрореанимация.*

Впервые синдром полиорганной недостаточности был описан у тяжелых хирургических больных N.L. Tulney и соавт., А.Е. Вауе и В. Eismann (12) и соавт. более 25 лет назад. В настоящее время под СПОН понимают тяжелую неспецифическую стресс-реакцию организма, недостаточность двух и более функциональных систем, универсальное поражение всех органов и тканей организма агрессивными медиаторами критического состояния с временным преобладанием симптомов той или иной органной недостаточности – легочной, сердечной, почечной и т. д. (3) Основной особенностью СПОН является неуклонность развития повреждения органа жизнеобеспечения или системы до такой глубины, после достижения которой приходится констатировать неспособность органа функционировать в интересах поддержания жизненно важных функций вообще и сохранения своей структуры, в частности. Непосредственными факторами, определяющими выраженность полиорганной дисфункции, являются различная способность органов противостоять гипоксии и снижению кровотока, характер шокового фактора и исходное функциональное состояние самого органа.(1) Известно, что СПОН возникает у 15-87% больных при различных

критических состояниях, таких как массивная кровопотеря, перитонит, панкреатит, кишечная непроходимость, сепсис, сочетанная травма, ожоговая болезнь (9).

Сегодня СПОН рассматривается как ведущая причина летальных исходов у подавляющего большинства больных, находящихся в критическом состоянии. Значимость СПОН увеличивается в последние годы. Это связано с тем, что повышение качества реанимационной помощи позволяет продлевать жизнь пациентов при критических состояниях различной этиологии на срок, достаточный для развития полиорганной патологии. В последние годы благодаря качественной и своевременной нейрореанимационной и нейрохирургической помощи больные с ОНМК все чаще переживают острый период инсульта, и его неврологические осложнения – отек мозга, прорыв крови в желудочковую систему и др. – во многих случаях уже не определяют тяжесть состояния больных и летальный исход. На первый план начинает выступать патология со стороны других органов и систем, приводящая к формированию СПОН. Тяжелое первичное поражение центральной нервной системы (ЦНС), обладающей координирующими и регуляторными

функциями на уровне всего организма, как никакое другое может обуславливать катастрофические последствия для функционирования любых органов и систем. В связи с этим исследования, посвященные изучению СПОН при тяжелой патологии ЦНС и в первую очередь при ОНМК, имеют чрезвычайную актуальность.(2)

В настоящее время патогенез СПОН при инсульте, как и при других критических состояниях, до конца не изучен. Известно, что любой повреждающий фактор (травма, инфекция, гипоксия, кровопотеря, гипоперфузия и т.д.) приводит к развитию как локальных, так и системных изменений. Выделяют первичные и вторичные системные изменения, приводящие к формированию первичного или вторичного СПОН.

Первичный СПОН: является прямым и ранним результатом воздействия повреждающего фактора на организм на фоне низкой его резистентности к ишемии, гипоксии и цитокиновому стрессу.

Вторичный СПОН: развивается после латентной фазы и является результатом генерализованного системного ответа организма на повреждающий фактор. Описаны следующие патогенетические механизмы его развития: а) синдром системного воспалительного ответа с развитием цитокинемии; б) системная гиперметаболическая гипоксия; в) тканевая гипоксия с развитием лактатацидоза; г) микроваскулярная коагулопатия и активация эндотелия; д) нарушение регуляции процессов апоптоза; е) «кишечная» эндотоксемия. (11)

При инсульте повреждающий фактор уникален – с первых минут обширного повреждения мозга при инфарктах и кровоизлияниях страдает центральный регуляторный орган. Ведущим звеном формирования первичного и вторичного СПОН при инсульте следует рассматривать нарушение регуляторно-трофических влияний головного мозга в результате непосредственного или опосредованного воздействия на церебро-висцеральные связи, гипоталамо-гипофизарную область, структуры лимбической системы, а также на центры регуляции жизненноважных функций в стволе головного мозга.

В структуре СПОН у больных, находящихся в критическом состоянии, не связанном с первичным повреждением головного мозга, выделено шесть основных составляющих: острая патология органов дыхания (входящая в структуру СПОН в 65-85% случаев), острая сердечно-сосудистая недостаточность (в 50-60%), острая почечная недостаточность (в 55-60%), острая печеночная недостаточность (в 40-50%), острая патология ЖКТ (25-30%), острая патология ЦНС (30-60%). Описано как одномоментное, так и последовательное их развитие,

осложняющее течение основного заболевания, приведшее к критическому состоянию. В структуре СПОН также выделяют нарушения в системе гемостаза, иммунные и эндокринные нарушения.

Установлено, что при критических состояниях, не связанных с первичным повреждением головного мозга, патология органов дыхания появляется в первые 3 суток, на 5-7 день возникает печеночная недостаточность, на 10-15 сутки – желудочно-кишечное кровотечение и на 11-17 сутки – почечная недостаточность.(10)

Исследований, посвященных проблеме СПОН при инсульте, в мировой литературе крайне мало, и они основаны на немногочисленном числе наблюдений (М.А. Пирадов, С.А. Румянцева, 2003). У больных с тяжелым течением инсульта СПОН возникает в результате дезадаптации и утраты мозгом регуляторно-трофических влияний и особенно часто имеет место при вовлечении в патологический процесс подкорковых образований, таламуса и лимбико-ретикулярных структур (С.А. Румянцева, 2001). Поражение высших надсегментарных вегетативных центров ведет к быстрому возникновению соматогенной деафферентации и развитию синдрома трофогенной дизрегуляции (как пускового механизма последующих системных расстройств гомеостаза) с прогрессированием функционально-морфологических мультиорганных расстройств. Однажды запущенные, эти процессы неуклонно прогрессируют, приводя к нарушению гомеостаза. Клинически у больных с инсультом присоединение СПОН проявляется ранним отсроченным комплексом соматических расстройств, резко усугубляющим тяжесть течения основного заболевания. Одномоментное или быстрое последовательное появление у пациента системной воспалительной реакции, гнойно-септических осложнений, выраженных трофических расстройств, респираторного дистресс-синдрома с нарушением альвеолярной вентиляции, расстройств моторной функции желудка и кишечника с явлениями застоя, микротромбов и тромбоэмболий, стрессовых язв, геморрагического синдрома, энтеральной и печеночно-клеточной недостаточности, лабораторно подтвержденное, прогрессирующими нарушениями гемостаза, позволяет диагностировать СПОН (А.И. Федин, С.А. Румянцева, 2004).

#### *Материалы и методы*

Проведен анализ клинических данных и результатов аутопсии 30 больных с ОНМК, находившихся в БРИТ неврологического отделения БСМП им. Н.А. Семашко. По характеру и локализации процесса инсульта распределились следующим образом:



супратенториальные инфаркты мозга – 10 больных (34%), супратенториальные кровоизлияния в мозг – 14 больных (46%), инфаркты в стволе мозга – 3 больных (11%), кровоизлияния в ствол мозга – 3 больных (9%). Возраст больных – 20 мужчин и 10 женщин – варьировал от 35 до 80 лет. Основными заболеваниями, приведшими к развитию инсульта, у 57% больных явились сочетания артериальной гипертензии и атеросклероза, у 32% – артериальная гипертензия, у 11% – атеросклероз. Инфаркты мозга были классифицированы как обширные (25% случаев), большие (45% случаев) и средние (30% случаев). К обширным отнесены инфаркты, распространяющиеся на весь бассейн одной из магистральных артерий головы, к большим – распространяющиеся на весь бассейн одной из церебральных артерий или бассейн крупных ветвей позвоночных или базилярной артерии, к средним – возникающие в пределах бассейна отдельных ветвей этих артерий. Кровоизлияния в мозг классифицированы как массивные – 63% случаев, большие – 29% случаев и небольшие – 8% случаев. Анализ клинических наблюдений проводился по разработанным специально для этих целей протоколам, объединяющим клинические, лабораторные, инструментальные критерии, в группах больных с различной локализацией и характером инсульта. Диагностику СПОН проводили, используя рутинные клинические и параклинические методы. Недостаточность дыхательной системы выявляли по нарастающему цианозу, тахипноэ, тахикардии, жесткому дыханию при аускультации и появлению влажных хрипов на последующих этапах, снижению рО<sub>2</sub>. Рентгенологически выявляли усиление сосудистого компонента легочного рисунка с появлением на его фоне очаговых теней типа «снежной бури». Недостаточность сердечно-сосудистой системы оценивали по показаниям центральной гемодинамики, данным электрокардиографии, реокардиографии. Печеночную недостаточность оценивали по нарастающей билирубинемии, гиперферментемии АСТ, АЛТ, снижении протромбина, фибриногена, общего белка в крови, нарастающей токсической энцефалопатии. Почечную недостаточность оценивали по снижению диуреза, удельного веса мочи, нарастающую мочевины, креатинина в крови.

### *Результаты*

У всех наших больных наблюдалось тяжелое течение инсульта. К концу 7 суток от начала инсульта 90% больных находились в сопорозном или коматозном состоянии. У 5 больных (17%) развилась запредельная кома. Инфаркты и кровоизлияния приводили к грубым очаговым неврологическим расстройствам и сопровождались развитием наибо-

лее тяжелых неврологических осложнений, наблюдаемых при инсультах: выраженным отеком мозга, смещением срединных структур и сдавлением мозгового ствола, вторичными кровоизлияниями в ствол, прорывом крови в желудочковую систему, острой обструктивной гидроцефалии (ООГ). Неврологические расстройства у данной категории больных дополнялись разнообразной висцеральной патологией. Подробный клинико-анатомический анализ позволил выявить 5 видов острой экстрацеребральной патологии: патология органов дыхания, патология сердечно-сосудистой системы, острая почечная недостаточность (ОПН), тромбоэмболия легочной артерии и её ветвей (ТЕЛА), патология желудка и кишечника. У больных с ОНМК патология органов дыхания выявлена в 100% случаев, патология сердечно-сосудистой системы – в 56%, ОПН – в 46%, ТЕЛА – в 43%, патология желудка и кишечника – в 39%. Развитие двух и более видов экстрацеребральной патологии диагностировано как СПОН у 89% больных с ОНМК. В 26% случаев СПОН включал в себя две экстрацеребральных патологии, в 36% – 3, в 22% – 4 и в 5% – 5. Таким образом, более чем у половины больных (58%) СПОН состоял из трех или четырех компонентов. Сроки появления острой экстрацеребральной патологии определяли динамику СПОН: первая экстрацеребральная патология возникла на 2-е сутки, вторая – на 4-е сутки, третья – на 7-е, четвертая – на 8-е и пятая – также на 8-е сутки от начала инсульта. Группа больных с кровоизлияниями в ствол мозга отличалась от остальных групп быстротой развития СПОН: первая экстрацеребральная патология присоединилась на 1-е сутки, вторая – на 2-е, третья – на 3-и, четвертая – на 4-е сутки. На основании этого выявлено три формы СПОН при ОНМК: острейшей, острой и поздней. Острейшая форма (1-7-е сутки) формировалась у 37% больных, острая форма (8-15-е сутки) – у 38% больных, поздняя форма СПОН (>15 суток) – у 14% больных. Формирование СПОН по трем формам было универсальным и выявлялось при инфарктах и кровоизлияниях в полушариях и стволе мозга. Острейшая форма СПОН, развивавшаяся на фоне снижения уровня сознания до комы, преобладала при обширных (30% случаев) и больших (54% случаев) полушарных и стволых инфарктах с выраженным отеком мозга, при массивных (100%) кровоизлияниях в полушария мозга и при кровоизлияниях в ствол мозга, во всех случаях сопровождавшихся массивным прорывом крови в желудочковую систему и выраженным отеком мозга, и во всех случаях ООГ. Острая форма СПОН выявлялась преимущественно в случаях без выраженного отека мозга как при больших (37%

случаев) и средних (39% случаев полушарных и стволовых инфарктах, так и при массивных (50% случаев) и больших (50% случаев) кровоизлияниях в полушария мозга, сопровождавшихся прорывом крови в желудочковую систему в 70% случаев. Поздняя форма СПОН возникла у больных с множественными средними (60%) и большими (27%) полушарными инфарктами и инфарктами в стволе мозга, с небольшими (80%) кровоизлияниями в полушария мозга, в половине случаев сопровождавшихся прорывом крови в желудочковую систему. У больных с ОНМК было важно определить порядок вовлечения острой экстрацеребральной патологии в формирование СПОН. Острая патология органов дыхания в большинстве случаев (71%) возникала первой. Второе, третье и четвертое место занимали или патология сердечно-сосудистой системы, или ТЕЛА, или патология почек. Последней чаще присоединялась патология желудка или кишечника (60%). У больных с полушарными и стволовыми инсультами острая экстрацеребральная патология была многообразна. Острая патология органов дыхания характеризовалась возникновением бронхитов и трахеобронхитов в 92% случаев, пневмонии в 50% случаев, ателектазов – в 43%, плеврита – в 29%, отека легких – в 25%, инфарктов легких – в 22%, кровоизлияния в легочную ткань – в 20%, острой эмфиземы легких – в 11%. Сочетание двух и более форм острой патологии органов дыхания отмечалось более чем у двух третей больных (66%). Из острых форм патологии сердечно-сосудистой системы в 29% обнаруживались очаговые метаболические изменения миокарда, инфаркт миокарда – в 8% случаев. ТЕЛА отмечалась у больных в 43% случаев. Острая патология почек включала в себя морфологические изменения почек, характерные для ОПН (43%), острый пиелонефрит и другие воспалительные процессы (5%), инфаркты почек (3%). Острые изменения слизистой оболочки пищевода обнаруживались в 26% случаев, язвы и эрозии слизистой оболочки желудка – в 24% случаев, желудочно-кишечное кровотечение – в 20%, динамическая кишечная непроходимость – в 4%. Большинство больных имели ту или иную хроническую патологию внутренних органов и систем, предшествующую инсульту. Хроническая патология сердца была выявлена у 100% больных, хроническая патология мочевыделительной системы – у 53%, печени и желчевыводящих путей у 45%, органов дыхания у 23%, поджелудочной железы – у 19%, желудка и кишечника – у 11%. У 75% больных наблюдалось сочетание 2 и более форм хронической патологии внутренних органов и систем. Ведущее место среди экстрацеребральных причин смерти за-

нимала ТЕЛА – 20%. В 7% смерть была обусловлена острой сердечно-сосудистой недостаточностью, в 5% – пневмонией, в 4% – острым инфарктом миокарда, в 4% – ОПН, в 3% – желудочно-кишечным кровотечением и в 4% – другими причинами.

### **Выводы**

В результате проведенного исследования выявлено, что СПОН при ОНМК имеет четкие отличия от СПОН при других критических состояниях, не связанных с первичным поражением нервной системы: у большинства больных развитие СПОН происходит в максимально короткие сроки с быстрым, практически одномоментным, вовлечением в патологический процесс многих внутренних органов и функциональных систем организма. Прежде всего это связано с нарушением регуляторно-трофических влияний головного мозга в результате непосредственного воздействия на церебро-висцеральные связи, гипоталамо-гипофизарную область, структуры лимбической системы, а также на центры регуляции жизненно важных функций в стволе головного мозга, что с первых минут инсульта приводит к центральным нарушениям дыхания, глотания, гемодинамическим расстройствам, гипертермии, нарушениям вегетативной и эндокринной регуляции (4,5,6). Нарушение координирующих и регулирующих функций нервной системы можно рассматривать как ведущий патогенетический механизм СПОН при критических состояниях различной этиологии. Среди них выделяют: а) синдром системного воспалительного ответа, б) системную гиперметаболическую гипоксию, в) тканевую гипоксию с развитием лактатацидоза, г) микроваскулярную коагулопатию и активацию эндотелия (7,8). Наиболее часто встречающимся компонентом СПОН является острая патология органов дыхания (100%). Практически в равной степени осложняют течение инсульта, но встречаются вдвое реже острая патология сердечно-сосудистой системы, ОПН, ТЕЛА, острая патология желудка и кишечника. Выявлены три основные формы течения СПОН: острейшая, острая и поздняя. Именно тяжелое первичное поражение нервной системы и наличие в большинстве случаев хронической полипатии внутренних органов и систем, предшествующей инсульту, обуславливает быстрое развитие тяжелых форм острой экстрацеребральной патологии и необратимых нарушений функции органов и систем организма, влияющих на течение и определяющих исход инсульта. Ведущее место среди экстрацеребральных форм патологии, явившихся причиной смерти больных при тяжелом инсульте, занимает ТЕЛА, на долю которой прихо-

дится 20% всех летальных исходов. Раннее начало и быстрое формирование многокомпонентного СПОН при ОНМК определяют необходимость проведения профилактических и лечебных мероприятий уже с первых часов заболевания. Основные

усилия должны быть направлены прежде всего на профилактику ТЕЛА как основной экстрацеребральной причины смерти при острых нарушениях мозгового кровообращения.

#### Библиографический список

1. Румянцева С.А., Федин А.И. Неврологические расстройства при синдроме полиорганной недостаточности. М.:РКИ Соверо пресс, 2002.
2. Румянцева С.А., Ступин В.А., Федин А.И. Критические состояния в клинической практике. М.: МИГ. Медицинская книга, 2011.
3. Лейдерман И.Н. Синдром полиорганной недостаточности. Метаболические основы. // Вестн. интенсив. тер. 1999. №2.
4. Румянцева С.А. Неврологические расстройства при синдроме полиорганной недостаточности. Журн. Атмосфера. Неврология. 2006, С. 13-16
5. Румянцева С.А. Патогенез и нейропротективная терапия критических состояний. // Журн. Лечащий врач 2006. С.11-15.
6. Виленский Б.С. Неотложные состояния в неврологии СПб.: ООО «Изд-во «Фолиант»», 2004.
7. Попова Л.М. Интенсивная терапия при заболеваниях нервной системы. Вестн. интенсив. тер. 1994. №2. С. 4-8.
8. Викторова Н.Д., Усман В.Б. Роль соматических заболеваний в танатогенезе у больных мозговым инсультом. // Журн. невропатол. и психиатр. 1981. №9. С. 55-58.
9. Онищенко Н.А., Сускова В.С. Полиорганная недостаточность как проявление иммунной дисрегуляции репаративных процессов в органах при критических состояниях. // Анестезиол. и реаниматол. 2001. №3. С. 54-58.
10. Пирадов М.А., Румянцева С.А. Синдром полиорганной недостаточности при инсульте. // Тезисы всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы современной неврологии, психиатрии и нейрохирургии». 2003. С-Пб. С.328.
11. Гнедовская Е.В., Гулевская Т.С., Пирадов М.А. Тромбоэмболия легочной артерии и ее ветвей у больных с тяжелыми супратенториальными инфарктами, находящихся на искусственной вентиляции легких. // Тезисы всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы современной неврологии, психиатрии и нейрохирургии». С-Пб. 2003. С.14.
12. Tilney N.L., Bailey G.L., Morgan A.P. Sequential system failure after rupture of abdominal aortic aneurysms: an unsolved problem in postoperative care. // Ann. Surg. 1973. Vol. 178. P. 117-122.

**E.V. ZHUCHKOVA, M.A. EVZELMAN**

#### MULTIPLE ORGAN DYSFUNCTION SYNDROME AT SHARP VIOLATIONS OF BRAIN BLOOD CIRCULATION

*Now the multiple organ dysfunction syndrome (MODS) is considered as the leading reason of lethal outcomes at the overwhelming majority of the patients who are in a critical condition. Kliniko-morphological research MODS at sharp infringements of brain blood circulation at 30 patients who were on long artificial ventilation of lungs in resuscitation and intensive therapy of neurologic branch BSMP of N.A.Semashko is conducted: 14 patients with hemorrhages and 10 with heart attacks in brain hemispheres, 3 patients with heart attacks and 3 with hemorrhages in a brain trunk. MODS it is diagnosed for 89 % of patients. The sharp pathology of respiratory organs is revealed in 100 % of cases, a sharp pathology of cardiovascular system – in 56 %, sharp nephritic insufficiency – in 46 %, тромбоз эмболия а pulmonary artery in 43 %, a sharp pathology of a stomach and an intestines – in 39 %. Development MODS occurs in as much as possible short terms with fast, almost one-stage, involving in pathological process 3-4 extracerebral systems. Three forms of current MODS are revealed at sharp infringements of brain blood circulation : the sharpest, sharp and late.*

*Key words:* stroke, syndrome of polyorgan insufficiency, artificial ventilation of lungs (IVL), ekstratserebralny pathology, neuroreanimation.

Т.И. ЗУБЦОВА, Т.Н. ВАСИНА,  
Ю.Г. КОЛЕСНИКОВА, Л.Н. ЗАБОЛЕВА,  
Л.А.ШЕПИЛОВ, И.Н.АЛЕКСАНОВА,  
М.Ю. РАМАЗАНОВА

*статья подготовлена преподавателями кафедры детских болезней с курсом детской хирургии Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 43 21 82*

## ВРОЖДЕННЫЕ ПОРОКИ СЕРДЦА У НОВОРОЖДЕННЫХ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ: ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ\*

*Проведена оценка распространенности и структуры врожденных пороков сердца у новорожденных Орловской области за период 2009-2011 гг., возможности пренатальной диагностики и своевременной коррекции. Показан рост сложных и дуктус-зависимых ВПС, сложность их пренатальной диагностики. Успех в лечении пациентов в настоящее время обусловлен четким взаимодействием неонатологов и кардиохирургов, внедрением вазапранстана в дооперационном периоде ведения больных.*

*Ключевые слова:* новорожденные дети, врожденные пороки сердца, пренатальная диагностика, вазапранстан.

Распространенность врожденных пороков сердца (ВПС) в детской популяции значительна. Они составляют 30% от всех врожденных аномалий. В России ежегодно рождается около 2 миллионов детей, из них – около 25 тысяч с ВПС. По данным НЦ ССХ им. А.Н. Бакулева в последние годы зарегистрирован рост ВПС среди новорожденных в 1,6 раза. У мальчиков они формируются чаще (57%:43%). ВПС являются причиной летальности детей на 1-м месяце жизни в 20-25% случаев. На первом году жизни погибает 50% от всех детей с ВПС. Причины такой высокой летальности обусловлены поздней диагностикой порока и зачастую невозможностью оказания адекватной помощи пациентам. В этой связи особое значение приобретает развитие перинатальной кардиологии. С 2000 года в России действует практика дородового УЗИ в сроках 20-24 недели беременности для выявления врожденных пороков развития и эхокардиографических (Эхо-КГ) маркеров хромосомных заболеваний. В результате в России удавалось пренатально диагностировать ВПС в 6,5% случаев. В мировой практике удается установить ВПС на 18-22 неделях гестации у 48% пациентов. В 2010 году в РФ были введены методические рекомендации для неонатологов, педиатров, акушеров, врачей функциональной диагностики «Перинатальный кардиологический скрининг», что позволило значительно улучшить пренатальную диагностику ВПС. Роль фетальной кардиологии (ФК) трудно переоценить. ФК включает в себя диагностику, наблюдение и лечение ВПС

и аритмий у плода, определение постнатального прогноза, адекватной тактики ведения пациента после рождения, подробное консультирование родителей (1). Прицельная эходоплерКГ позволяет исключить ВПС или провести точную диагностику кардиальной патологии плода, включая детальную оценку морфологии и гемодинамики ВПС, начиная с 12-14 недель гестации (оптимальный период для диагностики – 16-22 недели).

Этиология ВПС многофакторна: генетическое наследование порока (мутации единичного гена, хромосомные aberrации); тератогенное воздействие вредных факторов (алкоголь, наркотики, инфекции, лекарственные средства) и т. д. Описано 90 различных пороков сердца и около 200 их сочетаний. Существует несколько классификаций ВПС. Однако, в перинатальной кардиологии наиболее целесообразна градация ВПС у плода в зависимости от постнатального прогноза. Соответственно с этим особо выделяют **критические пороки периода новорожденности, требующие экстренного перевода в кардиохирургическую клинику:** простая транспозиция магистральных сосудов (ТМС), синдром гипоплазии правого и левого сердца (СГПС, СГЛС), критическая коарктация аорты, перерыв дуги аорты, критический стеноз легочной артерии, критический стеноз клапана аорты, атрезия легочной артерии, сложные ВПС со стенозом легочной артерии. Успех лечения этих пациентов связан в определенной мере с осуществлением дооперационного лечения, в основе которого лежит

\* Работа выполнена в рамках технического задания на проведение НИР: «Мониторинг адаптации человека при действии неблагоприятных экзогенных и эндогенных факторов в условиях Орловской области».



восстановление адекватной системной перфузии и предупреждение объемной перегрузки легочного кровообращения, поддержание функционирования артериального протока введением алопростацила (вазапростана)(2). Другую группу внимания составляют **дети с ВПС, требующие оперативного вмешательства в 1-й месяц жизни**: общий артериальный ствол, тотальный аномальный дренаж легочных вен, единственный желудочек без стеноза легочной артерии, полная форма атриовентрикулярного канала без стеноза легочной артерии, коарктация аорты, атрезия трикуспидального клапана,

Целью нашего исследования явилось изучение распространенности и структуры ВПС у новорожденных Орловской области, тактики их ведения и возможностей оперативной коррекции. Материалом для исследования был анализ историй болезней пациентов с ВПС в отделении патологии новорожденных ДОКБ г. Орла за период с 2009 по 2011 год. Разработано 75 историй пациентов, среди которых девочек было 34, мальчиков – 41. Установлено, что за анализируемый период было подано 239 экстренных извещений на врожденные пороки развития (ВПР), из них более половины (138) – на ВПС. Число пациентов с ВПР возросло с 12,7% до 15,5%. Новорожденные поступали в ДОКБ из родовспомогательных учреждений области при подозрении или установлении только лишь клинического диагноза ВПС для дальнейшего обследования, уточнения диагноза и лечения. Возраст новорожденных при переводе варьировал от 18 часов до 11 суток, составляя в среднем 4-5 суток. Лишь у 2 новорожденных диагноз ВПС был уточнен в роддоме с помощью ЭхоКГ. С помощью рутинного УЗИ пренатально диагноз ВПС Орловской области был установлен у плодов в 2 случаях в 2010 году и в 2 случаях в 2011 году. Последующее обследование в НЦ ССХ им. А.Н. Бакулева подтвердило наличие сложных ВПС.

Если количество пролеченных пациентов с ВПС за три года имело лишь тенденцию к росту (45 и 48 в 2011 году), то структура ВПС изменилась более существенно с увеличением числа сложных дуктус-зависимых пороков в 2 раза. В связи с этим в практику ДОКБ было внедрено внутривенное введение вазопростана, что позволяло поддерживать кровообращение новорожденного до момента доставки его в кардиохирургическое отделение НЦ ССХ им. Бакулева в Москве.

Клинический пример. Ребенок А. переведена в 6

отделение ДОКБ на 2-е сутки жизни. Клинический диагноз: ВПС, коарктация аорты, ОАП, ДМПП, НК 2б стадии. Сопутствующий диагноз: кефалогематома левой теменной кости. Диагноз ВПС был заподозрен клинически с рождения (цианоз, одышка; шум в сердце появился на 5 сутки). Состояние в стационаре тяжелое. Выражен синдром угнетения. ЧДД до 50 в минуту, ЧСС 148-160 в минуту. Периоральный и акроцианоз. АД на руках 104/74 мм рт.ст. Ритм галопа, систолический шум в сердце. На 6 сутки заочно консультирована в НЦ ССХ, рекомендована плановая транспортировка для хирургического лечения. Однако, на 9 сутки отмечено резкое нарастание сердечной недостаточности. Начато в/в введение вазопростана в дозе 0,05 мкг/кг/мин. На 15 сутки ребенок транспортирован в НЦ ССХ на ИВЛ и постоянной инфузии вазопростана в крайне тяжелом состоянии. Верифицирован диагноз: сложный ВПС (критическая коарктация аорты, по КТ-АГ – перерыв дуги аорты, ОАП, МПС 3-4,4 мм) критическое состояние. По жизненным показаниям на 16 сутки жизни проведена операция: резекция коарктация аорты с наложением анастомоза конец-в-конец. Была выписана через 8 суток в удовлетворительном состоянии. Катамнез удовлетворительный.

Организация четкого взаимодействия неонатологов ДОКБ и кардиохирургов НЦ ССХ им. Бакулева открывает оптимистические перспективы для наших пациентов. Так, за 3 года увеличилось количество экстренных заочных и очных консультаций в НЦ ССХ. Если в 2009 году были оперированы 3 пациента в возрасте 4 и 5 месяцев, то в 2011 году – уже 10 пациентов, из них 4 новорожденных.

Таким образом, врожденные пороки сердца являются актуальной проблемой неонатологии и детской кардиологии. Растет распространенность ВПС, увеличивается количество критических сложных ВПС, в том числе и дуктус-зависимых. В этих случаях дооперационная терапия вазопростаном позволяет обеспечить транспортировку пациентов в кардиохирургический стационар. Совершенствование перинатальной (фетальной) кардиологии, использование диагностической аппаратуры экстра-класса, подготовка врачей-экспертов позволит диагностировать ВПС пренатально и своевременно решать вопросы направленной госпитализации беременных для родоразрешения, четко определять постнатальный прогноз ВПС.



**Библиографический список**

1. Шарыкин А.С. Перинатальная кардиология. Руководство для педиатров, кардиологов, неонатологов. М.: Изд-во «Теремок»; 347 с.
2. Емельянчик Е.Ю., Дробот Д.Б., Кириллова Е.П. и др. тактика педиатра при критических ВПС у детей // Лечащий врач, 2010. №6. с.28-30.

**T.I. ZUBTSOVA, T.N. VASINA, YU.G. KOLESNIKOVA, L.N. ZABOLEVA,  
L.A. SHEPILOVA, I.N. ALEXANOVA, M.YU. RAMAZANOVA**

**CONGENIAL HEART DISEASES OF NEWBORNS IN OREL REGION:  
THE PROBLEMS OF DIAGNOSTICS AND TREATMENT**

*The assessment of prevalence and structure of congenital heart diseases at newborns of the Oryol region during 2009-2011, possibility of prenatal diagnostics and timely correction is carried out. Growth of difficult and duktus-dependent VPS, complexity of their prenatal diagnostics is shown. The success in treatment of patients is caused now by accurate interaction neonatologists and cardiologist, introduction of vazoprostan in the presurgical period of maintaining patients.*

Key words: *newborn children, congenital heart diseases, prenatal diagnostics, vazoprostan.*



**Е. В. МИТЯЕВА***старший преподаватель кафедры внутренних болезней Орловского государственного университета**E-mail: Helendoc2006@yandex.ru**Тел. 8 920 283 00 77***И. А. СНИМЩИКОВА***доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой иммунологии и специализированных клинических дисциплин, директор медицинского института Орловского государственного университета**E-mail: Snimshchikova@mail.ru**Тел. (4862) 43 21 86***М. А. ХАЛИЛОВ***доктор медицинских наук, профессор кафедры иммунологии и специализированных клинических дисциплин Орловского государственного университета**Тел. (4862) 43 21 86*

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СУПЕРЛИМФА В УЛУЧШЕНИИ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ БОЛЬНЫХ С ХРОНИЧЕСКИМ ПЕРВИЧНЫМ ПИЕЛОНЕФРИТОМ

*В статье рассматривается влияние иммуномодулятора суперлимф на основные показатели качества жизни больных с хроническим первичным пиелонефритом. Пациенты обследовались с использованием короткой версии опросника здоровья SF-36.*

*Ключевые слова:* хронический пиелонефрит, качество жизни, суперлимф.

Хронический первичный пиелонефрит – наиболее распространенная патология почек инфекционного генеза, занимающая ведущее место среди причин, приводящих пациентов к программному гемодиализу и трансплантации почек, что определяет отношение к нему, как к актуальному вопросу в современной медицине [1, 2, 3]. Хронический пиелонефрит заметно ухудшает качество жизни пациентов и, зачастую, может приводить к серьезным осложнениям, угрожающим жизни больного, таким как, например, острая почечная недостаточность или сепсис. Лечение хронического пиелонефрита, несмотря на достигнутые успехи современной фармакологии, остается до сих пор непростой задачей. Противомикробная терапия не всегда позволяет получить желаемый результат и, кроме того, нередко дает побочные эффекты, поэтому актуальным является поиск новых способов терапии, таких как применение иммуномодуляторов, а также улучшение качества жизни данной категории пациентов. Качество жизни, связанное со здоровьем, является одним из важнейших понятий современной медицины, позволяющих дать глубокий многоплановый анализ основных составляющих здоровья человека в соответствии с критериями Всемирной органи-

зации здравоохранения, то есть физиологических, психологических и социальных проблем больного человека [4, 6, 7].

**Цель исследования.** Изучить влияние препарата суперлимф на качество жизни пациентов с хроническим первичным пиелонефритом.

**Материалы и методы исследования.** Исследование проводилось на базе нефрологического отделения Орловской областной клинической больницы. Были сформированы 2 группы пациентов в возрасте от 16 до 75 лет (средний возраст  $34,9 \pm 2,9$  года), страдающих хроническим первичным пиелонефритом. Основная группа включала 40 человек, которым проводилась антибактериальная терапия (фторхинолон и цефалоспорин 3 поколения). Пациентам данной группы также назначался иммуномодулятор суперлимф per rectum по схеме: 1 суппозиторий на ночь в течение 5 дней. Контрольная группа включала 50 человек, которым проводилась стандартная антибактериальная терапия (фторхинолон и цефалоспорин 3 поколения). От всех больных было получено письменное информированное согласие на проведение исследования. У всех пациентов использовалась анкета оценки качества жизни SF-36 [5, 8, 9, 10, 11]. Анкетирование прово-

дилось до и после курса стационарного лечения (на 10-е сутки), а также через 1 год после стационарного лечения в амбулаторном режиме. Обработка результатов анкетирования проводилась вручную. Статистическая обработка результатов исследований проводилась с помощью программ Excel 97, StatPlus 2009. Различия оценивали как достоверные при  $p < 0,05$ .

**Результаты исследования.** Исследование изменения уровня качества жизни по данным опросника SF-36 показала, что уже после курса стационарного лечения, т.е. на 10-е сутки, достоверно улучшились общий показатель физического здоровья (PHc), общий показатель психического здоровья (MHc), а также показатели физического функционирования (PF), ролевого функционирования (RP), интенсивности боли (BP), общего состояния здоровья (GH),

жизненной активности (VT), социального функционирования (SF), ролевого функционирования (RE), психического здоровья (MH) в обеих группах пациентов (таблица 1).

Сравнительный анализ достоверности различий по U-критерию Манна-Уитни между пациентами основной и контрольной групп выявил различие. Так у пациентов основной группы имели место более выраженные положительные изменения перечисленных показателей качества жизни, чем у пациентов контрольной группы (таблица 2).

При сравнительном анализе показателей качества жизни через год после стационарного лечения отмечается также более выраженная положительная динамика у пациентов основной группы (таблица 2).

Таблица 1.

Динамика показателей качества жизни больных с хроническим первичным пиелонефритом

Показатель	Группа больных	Период лечения		
		До лечения	После лечения	Через год после лечения
PHc	Основная группа	37,024±1,816	47,341±1,969	55,227±0,775
	Контрольная группа	39,027±1,424	46,396±0,636	49,075±0,704*
MHc	Основная группа	43,523±2,173	47,123±1,774	51,430±1,221
	Контрольная группа	41,384±1,016	43,099±0,986*	45,168±0,663*
PF	Основная группа	73,600±4,000	87,900±1,088	87,300±1,092
	Контрольная группа	69,100±4,574	81,000±2,511*	94,750±1,606*
RP	Основная группа	38,00±7,949	70,500±3,621	100±0,000
	Контрольная группа	24,375±8,858	68,750±12,124	95,500±3,932*
BP	Основная группа	41,500±3,769	59,850±4,643	76,700±3,773
	Контрольная группа	45,060±2,485	51,140±1,994*	58,880±1,608*
GH	Основная группа	43,300±3,935	65,350±4,042	73,300±2,973
	Контрольная группа	45,760±1,765	51,000±1,389*	53,320±1,579*
VT	Основная группа	47,250±2,245	60,000±3,139	66,250±1,914
	Контрольная группа	50,500±1,904	56,800±1,112	59,000±1,042*
SF	Основная группа	66,150±4,144	66,700±3,407	85,575±2,133
	Контрольная группа	62,300±2,951	69,360±2,266	71,400±2,157*
RE	Основная группа	53,375±7,387	85,050±8,414	93,335±7,095
	Контрольная группа	56,120±4,441	63,420±6,304*	76,900±4,234*
MH	Основная группа	63,600±3,928	65,625±2,265	72,200±1,796
	Контрольная группа	62,000±1,148	63,360±1,332	63,840±1,119*

Примечание: \* -  $p < 0,05$  и  $p < 0,01$  по отношению к контрольной группе по критерию Манна-Уитни.

Таблица 2.

Критерий Манна-Уитни для показателей качества жизни больных с хроническим первичным пиелонефритом.

Показатель	$U_{i\dot{a}\dot{a}\ddot{e}}$	$U_{\dot{o}\dot{a}\dot{a}\ddot{e}}$	Вывод о достоверности различий	
<b>PHc</b>				
До лечения	811	796 713	>0,05 > 0,01	Различий нет
После лечения	852	796 713	>0,05 > 0,01	Различий нет
Через год после лечения	45	796 713	<0,05 < 0.01	Достоверно различимы
<b>MHc</b>				
До лечения	730	796 713	<0,05 >0,01	Достоверно различимы Различий нет
После лечения	446	796 713	<0,05 < 0.01	Достоверно различимы
Через год после лечения	180	796 713	<0,05 < 0.01	Достоверно различимы
<b>PF</b>				
До лечения	809	796 713	>0,05 > 0,01	Различий нет
После лечения	413	796 713	<0,05 < 0.01	Достоверно различимы
Через год после лечения	294	796 713	<0,05 < 0.01	Достоверно различимы
<b>RP</b>				
До лечения	718	796 713	<0,05 >0,01	Достоверно различимы Различий нет
После лечения	838	796 713	>0,05 > 0,01	Различий нет
Через год после лечения	660	796 713	<0,05 < 0.01	Достоверно различимы
<b>BP</b>				
До лечения	799	796 713	>0,05 > 0,01	Различий нет
После лечения	648	796 713	<0,05 < 0.01	Достоверно различимы
Через год после лечения	160	796 713	<0,05 < 0.01	Достоверно различимы
<b>GH</b>				
До лечения	822	796 713	>0,05 > 0,01	Различий нет
После лечения	366	796 713	<0,05 < 0.01	Достоверно различимы
Через год после лечения	68	796 713	<0,05 < 0.01	Достоверно различимы
<b>VT</b>				
До лечения	748	796 713	<0,05 >0,01	Достоверно различимы Различий нет
После лечения	718	796 713	<0,05 >0,01	Достоверно различимы Различий нет
Через год после лечения	346	796 713	<0,05 < 0.01	Достоверно различимы
<b>SF</b>				
До лечения	808	796 713	>0,05 > 0,01	Различий нет
После лечения	818	796 713	>0,05 > 0,01	Различий нет

Через год после лечения	182	796 713	<0,05 < 0.01	Достоверно различимы
<b>RE</b>				
До лечения	930	796 713	>0,05 > 0,01	Различий нет
После лечения	492	796 713	<0,05 < 0.01	Достоверно различимы
Через год после лечения	470	796 713	<0,05 < 0.01	Достоверно различимы
<b>MH</b>				
До лечения	905	796 713	>0,05 > 0,01	Различий нет
После лечения	719	796 713	<0,05 >0,01	Достоверно различимы Различий нет
Через год после лечения	261	796 713	<0,05 < 0.01	Достоверно различимы

### Выводы

1. Исследование качества жизни пациентов представляет существенный интерес для современной науки, имеет большое прикладное значение. Эти данные позволяют оценить субъективное восприятие пациентами ситуации, могут быть использованы для отбора оптимальных препаратов и схем

для лечения больных, способных повысить у них качество жизни.

2. Использование суперлимфа в комплексной терапии хронического пиелонефрита улучшает показатели качества жизни пациентов, что требует продолжения исследования по данной теме.

### Библиографический список

1. Борисов И. А. Пиелонефрит. Нефрология. Под ред. И. Е. Тареева. М.: Медицина. 2005. Т. 2. С. 109-140.
2. Люлько А. В., Горев Б. С., Кондрат П. С. Пиелонефрит. Киев: Здоровье, 2007. 227 с.
3. Тиктинский О.Л., Калинина С.Н. Пиелонефриты. Медиа Пресс СПб, 2006. 256 с.
4. Новик А.А., Ионова Т.И. Руководство по исследованию качества жизни в медицине. СПб. Издательский дом «Нева». М. Олмапресс Звездный мир. 2002. 320 с.
5. Шкалы, тесты и опросники в медицинской реабилитации: под ред. А. Н. Беловой, О. Н. Щепетовой. М.: Антидор, 2002 г. 440 с.
6. Aaronson N.K. Quality of life assessment in clinical trials: methodological issues. // Control Clin. Trials. 1989. Vol. 10. P. 195208.
7. De Vries J. Beyond Health Status. Construction and Validation of the Dutch WHO Quality of Life assessment Instrument. Manuscript of dissertation, 1996.
8. Oliver J; Huxley P; Bridges K, et al. Quality of Life and Mental Health Services. London-N. Y., 1996.
9. Spilker B. (ed.) Quality of Life Assessments in Clinical Trials. N.Y., 1990.
10. WHOQOL group Development of the WHOQOL: Rationale and current status. *International Journal of Mental Health* [Special issue: Quality of Life Assessment: Cross-cultural Issues-2], 1994, 23, pp.24-56.
11. WHOQOL group The World Health Organization Quality of Life assessment (WHOQOL): Position paper from the World Health Organization. *Social Science and Medicine* [Special Issue on Health-related quality of life What is it? and How should we measure it?], 1995a,41, 1403-1409.

M. E. MITYAEVA, I. A. SNIMSHCHIKOVA, M.A. KHALILOV

## EFFICIENCY ASSESSMENT A SUPERLYMPH IN IMPROVEMENT OF QUALITY OF LIFE OF PATIENTS WITH A CHRONIC PRIMARY PYELONEPHRITIS

*In article influence of an immunomodulator of superlymphs on the main indicators of quality of life of patients with a chronic primary pyelonephritis is surveyed. Patients were surveyed with use of the short version of a questionnaire of health of SF-36.*

*Key words: chronic pyelonephritis, quality of life, superlymph.*



**Е.Ф. МЕЛЬНИКОВА**

кандидат медицинских наук, доцент кафедры иммунологии и специализированных клинических дисциплин Орловского государственного университета

Тел. (4862) 43 21 86, 8 920 803 54 12

**Г.А. ПЬЯВЧЕНКО**

студент Орловского государственного университета

E-mail: admin@givall.ru

Тел. 8 953 614 40 40

**Л.М. ДРАХЛОВА**

врач-бактериолог клинико-диагностической лаборатории городской больницы им. С.П. Боткина

Тел. (4862) 36 40 95

## БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ХРОНИЧЕСКИХ ИНФЕКЦИЙ МОЧЕВЫВОДЯЩИХ ПУТЕЙ

*В статье представлены результаты собственного исследования этиологии, эпидемиологии и диагностики хронических бактериальных инфекций мочевыводящих путей у взрослых пациентов. На основании исследований определены половая структура и сезонная динамика заболеваемости. Проанализирован микробный пейзаж в пробах мочи, полученных от повторно госпитализированных пациентов и установлены ведущие возбудители.*

*Ключевые слова:* бактерии, хроническая инфекция, мочевыводящие пути.

### Введение

Известно, что клиническими проявлениями хронических бактериальных инфекций мочевыделительной системы являются цистит и пиелонефрит. Эти заболевания могут переходить в хроническую форму, что является одной из ведущих проблем, осложняющих течение и исход вышеописанных болезней. В связи с этим, необходимо постоянное проведение бактериологических исследований, которые занимают важное место в диагностике заболеваний микробного происхождения. Необходимость в проведении постоянных микробиологических исследований в клинической практике вызвана следующими причинами:

Лечение антибиотиками заболеваний микробного происхождения вызывает необходимость проводить поиск микроорганизма-возбудителя и подбор индивидуального, наиболее подходящего антибиотика в зависимости от его чувствительности.

Все чаще обнаруживаются штаммы бактерий с высокой устойчивостью к антибиотикам.

Наряду с явно патогенными бактериями сейчас выявляются многие микроорганизмы, считающиеся ранее слабопатогенными и не имеющими существенного эпидемиологического значения. Однако сейчас они тоже могут вызывать заболевания.

Исходя из всего вышеописанного, мы приходим к выводам, что необходима совместная трактовка полученных результатов врачом-клиницистом и микробиологом.

Микроорганизмы могут проникать в мочевыделительную систему следующими путями:

- гематогенный;
- восходящий (уриногенный или внутривеночный);
- лимфогенный (крайне редко при тяжелых кишечных инфекциях или ретроперитонеальном абсцессе) (рис. 1).

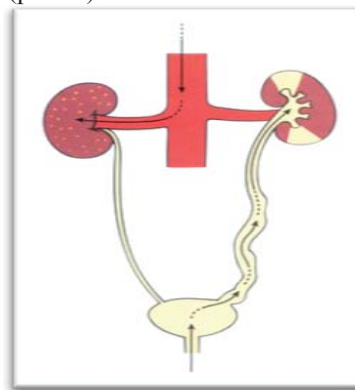


Рис. 1. Пути проникновения инфекции в мочевыводящие пути человека.

Инфекция мочевыводящих путей рассматривается как осложненная (т. е. возникающая у пациентов с предшествующим почечным или нефрологическим заболеванием) или как неосложненная (наблюдаемая у лиц без какой-либо явной органной патологии).

При клинических проявлениях воспаления мочевого пузыря проводится обнаружение микроорганизмов в пробах мочи. Наиболее значимыми возбудителями цистита в настоящее время являются: *Escherichia coli* и *Staphylococcus sp.* В случаях, когда имеются признаки воспаления мочевого пузыря, но при посеве патогенная микрофлора не обнаруживается, говорят об интерстициальном цистите.

Проникновение в почечные лоханки, чашечки и паренхиму почек микроорганизмов вызывает инфекционно-воспалительный процесс, получивший название пиелонефрит. Возбудителями данного патологического процесса чаще всего являются грамотрицательные и грамположительные бактерии, многие из которых принадлежат к представителям нормальной микрофлоры человека. Наиболее значимыми возбудителями пиелонефрита в настоящее время являются также кишечная палочка и стафилококк.

Поскольку эти возбудители могут в норме присутствовать в нижних отделах пищеварительного тракта, выделяясь во время акта дефекации и попадая на половые органы, то они способны расти и размножаться в уретре, достигая мочевого пузыря. Подобным образом происходит патогенез заболеваний и при проникновении других микроорганизмов.

Актуальными возбудителями инфекций мочевыводящих путей также считают: *Enterococcus faecalis*, *Klebsiella pneumonia*, *Proteus mirabilis* и др. [1].

### Цель

Проведение анализа и выявление бактериологических аспектов хронических инфекций мочевыводящих путей.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- Проследить сезонную динамику развития обострений хронических инфекций мочевыводящих путей.
- Определить половой состав заболевших.
- Исследовать частоту встречаемости микроорганизмов в моче у больных циститом и пиелонефритом, госпитализированных повторно.
- Проанализировать качественный состав патогенной микрофлоры при хронических циститах и пиелонефритах.
- Выявить особенности микробного пейза-

жа при хронических инфекциях мочевыводящих путей.

- Определить частоту обнаружения различных видов бактерий при хронических циститах и пиелонефритах.

### Методы исследования

Проведен анализ проб мочи, полученных от 540 больных циститом и пиелонефритом, госпитализированных повторно в нефрологическое отделение больницы им. С.П. Боткина в течение 2010-2011 годов. В исследование включены пациенты с неосложненной формой инфекций мочевыводящих путей.

Исследование и анализ микрофлоры производилось на базе бактериологической лаборатории БУЗ Орловской области «Больница им. С. П. Боткина» по результатам посевов мочи у больных с установленными диагнозами «цистит» и «пиелонефрит».

Важным моментом при исследовании было обеспечение соблюдения определенных правил при заборе и доставке материала в лабораторию, что должно исключить появление ложноположительных результатов при мониторинге микроорганизмов, выделяемых из мочи. У пациентов осуществлялся забор средней порции утренней мочи в условиях стационара специально обученным персоналом.

Посев мочи проводили на специальные питательные среды. Микробиологическая идентификация выделенных культур проводилась общепринятыми методами, а также на анализаторе miniAPI «bioMerieux» (Франция) с использованием коммерческих микротест-систем и компьютерной обработки. Учитывались концентрации  $10^5$  КОЕ/мл и выше (согласно методическим рекомендациям Смоленской государственной медицинской академии, научно-исследовательского института антимикробной химиотерапии №1.17.6.-1.17.7. (рис. 2).

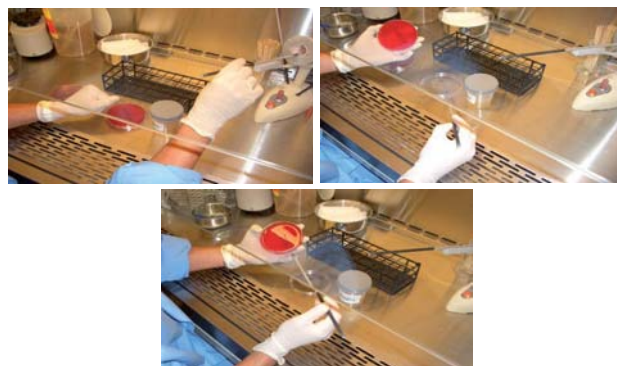


Рис. 2. Проведение посева мочи в условиях бактериологической лаборатории.

### Результаты

За период 2010-2011 годов бактериологическим методом были исследованы пробы мочи, полученные от 540 повторно госпитализированных человек в возрасте от 28 до 47 лет. У 389 пациентов (72%) обнаружили микроорганизмы в моче, из них 242 больных с диагнозом «цистит» (62,2%), и 147 – с диагнозом «пиелонефрит» (37,8%).

В полученных пробах выявлялся возбудитель в монокультуре, без микробных ассоциаций.

Анализ внутригодовой динамики заболеваемости хроническими инфекциями мочевыводящих путей по данным за 2 года показал, что прослеживается выраженная сезонность. Пик заболеваемости наблюдается в октябре и составляет около 20% от всех пациентов. По сравнению с августом, число заболевших в октябре увеличивалось более чем на 60% (рис. 3).

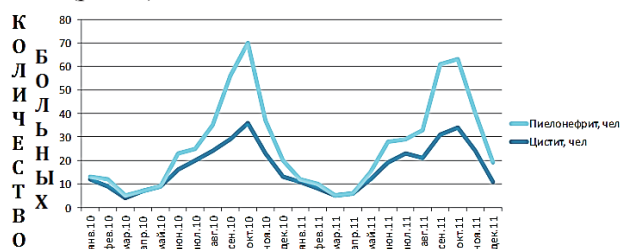


Рис. 3. Сезонная динамика заболеваемости хроническими инфекциями мочевыводящих путей.

Среди пациентов с диагнозом «цистит» преобладали лица женского пола, которые болели чаще мужчин более чем в 1,5 раза. При пиелонефрите среди заболевших также женщин больше, чем мужчин (рис. 4).



Рис. 4. Соотношения госпитализированных пациентов по полу.

При анализе качественного состава микрофлоры было установлено, что наиболее часто из мочи пациентов с хроническими инфекциями мочевыводящих путей изолировали бактерии семейства Enterobacteriaceae. Удельный вес их в структуре микробного пейзажа составил 76,1%. Реже из мочи выделяли штаммы грамположительных кокков – представителей родов Enterococcus, Streptococcus, Staphylococcus, доля их в общем количестве выделенных штаммов составила 22,6%. Штаммы

других бактерий обнаруживались в единичных случаях. В структуре всех представителей семейства Enterobacteriaceae доля штаммов Escherichia coli составляла 57,4%. Частота обнаружения других представителей этого семейства: Proteus sp., Klebsiella sp. обнаруживались соответственно в 26% и 16,6% проб. Из грампозитивных кокков наиболее часто выявляли Staphylococcus epidermidis с гемолитической активностью – 85,2%. Значительно реже выделяли штаммы Staphylococcus aureus, Enterococcus sp. и Streptococcus sp. (рис. 5).

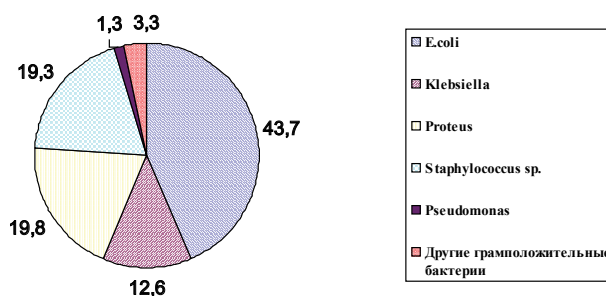


Рис. 5. Качественный состав (в %) микроорганизмов, изолированных из проб мочи.

Сравнительный анализ микробного пейзажа проб мочи показал, что наиболее частыми патогенами при циститах являлись бактерии семейства Enterobacteriaceae – 72,3% от всех изолированных штаммов, при пиелонефритах – 82,3% штаммов. Из них штаммы E. coli при циститах обнаружены в 66,3% проб, при пиелонефритах – в 44,6% проб. Сравнение частоты встречаемости бактерий в пробах мочи, полученных от больных циститом и пиелонефритом, показало различный удельный вес штаммов Proteus sp. При циститах они обнаружены у 11,6% пациентов, а при пиелонефритах – у 33,6%. Также определили, что при циститах Staphylococcus sp. обнаружены у 25,6% пациентов, а при пиелонефритах – у 13,7% (рис. 6).

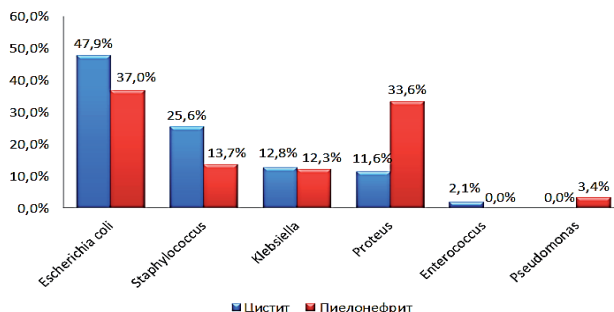


Рис. 6. Удельный вес микроорганизмов, изолированных из проб мочи.

Необходимо отметить, что в пробах мочи, полученных от больных циститом женщин, штаммы

*Klebsiella* sp. обнаруживались чаще, чем у мужчин. Штаммы других возбудителей изолировались в пробах мочи, полученных от мужчин и женщин с сопоставимой частотой (рис. 7).

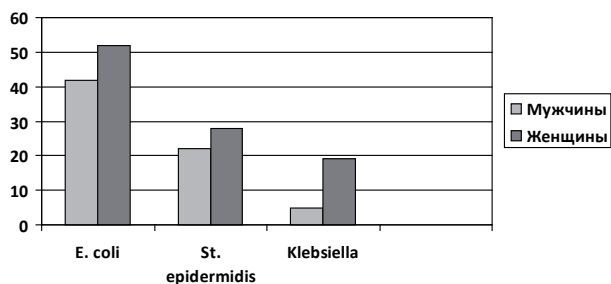


Рис. 7. Наиболее частые возбудители циститов.

Рассматривая спектр возбудителей, изолированных из проб мочи пациентов с пиелонефритами, установлено, что и у мужчин, и у женщин удельный вес изолированных штаммов не имел существенных различий (рис. 8).

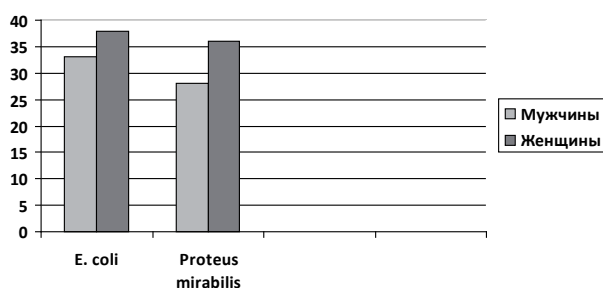


Рис. 8. Наиболее частые возбудители пиелонефритов.

### Выводы

В период наблюдения среди пациентов с хроническими инфекциями мочевыводящих путей высеваемость возбудителей в монокультуре составила 72%. В течение года заболеваемость резко возрастает в осенний период: в сентябре она увеличивается в полтора раза по сравнению с августом. Среди госпитализированных пациентов с диагнозами «цистит» и «пиелонефрит» преобладали лица женского пола. Ведущая микрофлора, изолированная из проб мочи, полученных от больных с хроническими инфекциями мочевыводящих путей, представлена в основном грамотрицательными бактериями – представителями семейства *Enterobacteriaceae*. При циститах наибольший удельный вес от всех выделенных

штаммов приходится на *Escherichia coli*. При пиелонефритах обнаружено большее, чем при циститах, количество штаммов *Proteus* sp. Среди заболевших циститом женщин бактерии рода *Klebsiella* определяли чаще, чем у мужчин. Среди пациентов с пиелонефритом существенных различий между женщинами и мужчинами по удельному весу возбудителей не обнаружили.

### Заключение

Среди обследованных пациентов с хроническими инфекциями мочевыводящих путей количество обнаруженных штаммов микроорганизмов несколько выше, чем в среднем по Российской Федерации, что может свидетельствовать о высоком профессиональном уровне бактериологической лаборатории. За период наблюдения отмечено резко выраженное увеличение заболеваемости осенью, что соответствует данным по России о сезонности заболеваемости инфекциями мочевыводящих путей. Преобладание среди госпитализированных лиц женского пола можно объяснить анатомо-физиологическими особенностями мочевыделительной системы. Анализ структуры микробного пейзажа, полученного из проб мочи, показал, что ведущая флора представлена в основном грамотрицательными бактериями – представителями семейства *Enterobacteriaceae*. Полученные нами результаты соответствуют данным по Орловской области за прошлые периоды и средним общероссийским данным [2, 3]. Выявление патогенной микрофлоры в мочевыводящих путях при повторной госпитализации в большинстве случаев может свидетельствовать о недостаточной антибиотикотерапии пациента или о наличии факторов повторного инфицирования. Результаты исследования позволяют обоснованно подобрать препараты для эмпирического лечения амбулаторных больных с подобным диагнозом, поскольку обеспечить достоверные результаты анализа мочи практически не является возможным за счет несоблюдения данным контингентом пациентов правил забора и доставки мочи на бактериологическое исследование. Полученные данные могут быть использованы для своевременного назначения антибиотикотерапии, постановки предварительного диагноза и определения тактики лечения в амбулаторных условиях.

**Библиографический список**

1. Лопаткин Н.А., Пугачев А.Г., Аполихин О.И., и др. Урология. Учебник под ред. Лопаткина Н.А.. 5-е изд., перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-МЕД. 2004.– 520 с.
2. Официальный сайт ФГБУ «Центральный НИИ организации и информатизации здравоохранения Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации». / <http://www.mednet.ru/ru/statistika/zabolevaemost-naseleniya.html>.
3. Мельникова Е.Ф., Драглова Л.М. Сравнительный мониторинг микробного пейзажа при инфекциях мочевыводящих путей. // Вестник российской военно-медицинской академии. 2008. № 2 (22). С. 464.

***E.F. MELNIKOVA, G.A. PYAVCHENKO, L.M. DRAHLOVA***

**BACTERIOLOGICAL ASPECTS OF CHRONICAL INFECTIONS IN URINARY WAYS**

*The present study contains the results of own research of an etiology, epidemiology and diagnosis of chronic bacterial infections in urinary ways. The sexual structure and seasonal dynamics of incidence are defined. The qualitative structure of causative agents and leading activators of infections are established.*

Key words: *bacteria, chronic infections, urinary ways.*





**В.Ф. МУРАДЯН**

главный врач Орловской областной клинической больницы  
Тел. (4862) 46 59 31

**В.И. ФОМИЧЕВ**

клинический ординатор кафедры иммунологии и специализированных клинических дисциплин Орловского государственного университета  
Тел. 8 920 815 20 87

**Ю.М. МОРОЗОВ**

доктор медицинских наук, зав. кафедрой последипломного медицинского образования Орловского государственного университета  
E-mail: morozov-orel@mail.ru  
Тел. 8 905 167 50 62

## ОСОБЕННОСТИ ОКАЗАНИЯ ХИРУРГИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ БОЛЬНЫМ С ЯЗВЕННЫМ КРОВОТЕЧЕНИЕМ

*Частота осложнений язвенной болезни кровотечением не имеет тенденции к снижению, несмотря на совершенствование методов лечения этого заболевания. Более 85 % больных кровоточащей язвой желудка и двенадцатиперстной кишки нуждаются в проведении интенсивной терапии в связи с наличием шока и признаков неустойчивого гемостаза. Использование эндоскопического гемостаза в сочетании с современной противоязвенной и инфузионной гемостатической терапией позволяет улучшить качество хирургической помощи пациентам в стационаре. Однако, в ближайшие 3 года после проведенного лечения рецидивы кровотечения из язвы у больных этой категории отмечаются в 6,7-11,1%, что побуждает к более активному и дифференцированному подходу в плане выбора методов лечения кровоточащей язвы.*

Ключевые слова: язвенная болезнь, кровотечение, хирургическое лечение, гемостаз.

В России на учете состоит около 3 миллионов больных язвенной болезнью, среди которых ежегодно умирают около 6000 человек [1]. Язва оказывается источником геморрагии в 30-50% случаев [3, 5, 7].

Высокая частота осложнений язвенной болезни во многом обусловлена неадекватностью проводимого лечения и профилактики рецидивов заболевания [4].

Отдаленные результаты хирургического лечения язвы желудка и двенадцатиперстной кишки, так же как и при консервативном лечении, могут оказываться неудовлетворительными. и у некоторых больных после оперативного лечения заболевание снова рецидивирует [2, 5].

На сегодняшний день у хирургов и гастроэнтерологов отсутствует единая концепция лечения больных осложненной язвой [6].

Высокая частота развития угрожающих жизни

осложнений язвенной болезни сохраняет высокую значимость хирургического метода в лечении заболевания. Однако, пока еще не разработан четкий алгоритм действий при оказании хирургической помощи больным этой категории.

Проведен анализ результатов лечения 126 пациентов с кровоточащей язвой в БУЗ «Орловская областная клиническая больница» за трехлетний период. Отмечается ежегодный рост больных этой категории: в 2009 году на стационарном лечении в ООКБ находилось 15 (12%) пациентов; за 2010 год – 50 (40%) пациентов; за 2011 – 61 (48%) пациент. Возраст пациентов составлял от 17 до 88 лет (средний возраст 53,8±4,4 лет), причем практически треть больных – люди старше 60 лет. У мужчин кровотечение из язвы желудка и двенадцатиперстной кишки отмечалось в 3 раза чаще, чем у женщин (табл. 1).

Таблица 1.

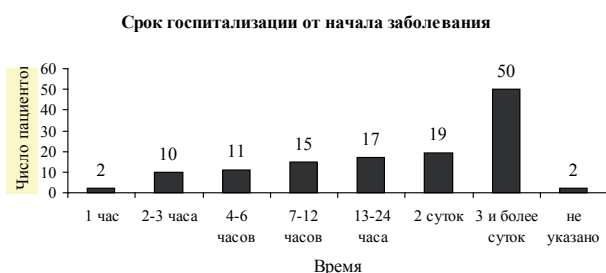
Распределение больных по возрасту и полу

Пол	Возраст (лет)												Всего	
	До 20		21-30		31-40		41-50		51-60		61 и старше			
	абс. числа	%	абс. числа	%	абс. числа	%	абс. числа	%	абс. числа	%	абс. числа	%	абс. числа	%
Женщины	0	0	0	0	2	2	3	2	8	6	17	14	30	24
Мужчины	2	2	9	7	12	10	23	18	28	22	22	17	96	76
Всего	2	2	9	7	14	12	26	20	36	28	39	31	126	100

Большинство пациентов (40%) были доставлены машиной «скорой медицинской помощи», 15% – обратились самостоятельно; направлены из центральных районных больниц без предварительного лечения и после госпитализации с проведенным лечением – 16% и 6% соответственно, специалистами городских поликлиник – 12%, 2% больных поступили в плановом порядке.

Почти 70% больных поступили позже 24 часов от начала кровотечения из язвы (диаграмма 1)

Диаграмма 1.



Среди сочетаний клинических проявлений начала заболевания в большинстве случаев больные отмечали черный стул – 29% и рвоту «кофейной гущей» – 17%, в 10% и 20% случаев они отсутствовали, у 3% пациентов заболевание манифестировало рвотой свежей кровью, у 3% – рвотой пищей. Помимо этого, 13% больных отмечали боли в животе, 4% – обморок и 1% – коллапс.

Из 126 обследуемых пациентов у 26 (21%) язвенная болезнь была выявлена впервые. Среди 100 пациентов, имеющих язвенную болезнь в анамнезе, у 13 (13%) имелись осложнения данного заболевания: 3 случая перфорации язвы и 10 случаев кровотечения, 8 из которых лечились консервативно, 2 – оперативно. У четырех пациентов из десяти, имевших кровотечение в анамнезе, данное осложнение возникло в третий раз, причем ранее у троих проводилось консервативное лечение и у одного - сочетание консервативного и оперативного видов лечения.

При поступлении в ООКБ у 40 пациентов диагностирован шок I степени, у 10 – II степени, у 3 – III степени, у 73 больных шок отсутствовал.

В связи с тяжестью состояния при поступлении 77 больных были госпитализированы в отделение реанимации и интенсивной терапии, 41 – в хирургическое отделение, 2 – в колопроктологическое, 6 – в отделения терапевтического профиля.

В подавляющем большинстве случаев первичный осмотр ФГДС был произведен в первые 2 часа поступления – у 105 пациентов; в первые 3-10 часов поступления – у 8 больных; в течение суток – у 3; на 2 день – у 6; на 3 день и позже – у 4.

При ФГДС наиболее частым источником крово-

течения была дуоденальная язва - у 77 пациентов (61,1%), язва желудка – у 42 (33,3%), сочетанная форма язвенной болезни – у 2 (1,6%), пептическая язва после операции на желудке – у 2 (1,6%), источник не уточнен – у 3 (2,4%).

Степень гемостаза источника кровотечения оценивали в соответствии с классификацией J.F. Forrest (1974). Анализ показал, что в 82% случаев у пациентов отмечался неустойчивый гемостаз при поступлении в стационар: Forrest Ia был у 8 пациентов (6,3%), Forrest Ib – у 10 (7,9%), Forrest IIa – у 14 (11,1%), Forrest IIb – у 51 (40,5%), Forrest IIc – у 20 (15,9%), Forrest III – у 18 (14,3%), нет указаний на степень гемостаза – у 5 (4,0%).

Эндоскопическую остановку и профилактику кровотечения выполняли у 27 (21,4%) больных с продолжающимся кровотечением Forrest Ia и Ib (52%) и при остановившемся на момент осмотра кровотечении со стигмами (следами недавно перенесенного кровотечения) в дне и/или краях источника Forrest IIa, IIb (48%). Использовались следующие эндоскопические методы остановки кровотечения: орошение раствором «Капрофер» – у 9 пациентов (33,3%); инъекция раствора этамзилата натрия и адреналина – у 5 (18,5%); инъекция раствора этамзилата натрия – у 4 (14,8%); инъекция раствора этамзилата натрия и орошение растворами «Капрофер» и ε-АКК – у 2 (7,4%); инъекция раствора этамзилата натрия и орошение спиртом – у 2 (7,4%); орошение раствором «Капрофер» и ε-АКК – у 2 (7,4%); инъекция раствора этамзилата натрия и орошение ε-АКК – у 1 (3,7%); инъекция раствора ε-АКК – у 1 (3,7%); орошение раствором ε-АКК – у 1 (3,7%).

Эндоскопический гемостаз был неэффективен у 3 пациентов, что проявилось рецидивирующим кровотечением у 2 больных на 2 сутки и у одного на 3 сутки. Данные больные были оперированы в экстренном порядке. Еще 6 пациентов подверглись хирургическому вмешательству в связи с высоким риском рецидива кровотечения. Итого 18 человек после достижения эндоскопического гемостаза продолжили получать инфузионную гемостатическую и противоязвенную терапию до выписки из стационара.

Оперативному лечению подлежали 35 пациентов (27,8%). Сроки выполнения операции от момента поступления представлены на диаграмме 2.

Среди причин задержки операции 7 случаев приходится на отказ больного и 16 случаев связаны с неэффективностью консервативного лечения, проявившегося рецидивом кровотечения. Из числа больных, которым была произведена эндоскопическая остановка кровотечения (27 человек), в последующем 9 были оперированы (33,3% от числа

проведенного эндоскопического гемостаза). Среди них 2 пациента оперированы через 2 часа от момента поступления, 1 пациент – через 3-5 часов, 2 пациента – через 11-24 часа, 2 пациента – на 2 сутки, 1 пациент – на 3 сутки, 1 пациент – позднее 3 суток.

Диаграмма 2.



Выбор метода операции осуществлялся в зависимости от особенностей клинической ситуации, определяющей степень операционного риска, интраоперационных условий и, безусловно, от локализации и характера язвы. Резекция желудка по Бильрот 1 была выполнена 15 больным (42,9%), резекция желудка по Бильрот 2 – 10 пациентам (28,7%), дуоденотомия (гастротомия) с прошиванием язвы – в 6 случаях (17,1%), иссечение язвы – у 3 пациентов (8,6%), гастрэктомия – у 1 пациента (2,9%).

У 10 (28,6%) из 35 больных этой категории, перенесших хирургические вмешательства, послеоперационный период протекал с осложнениями, 5 из которых потребовали повторного оперативного пособия.

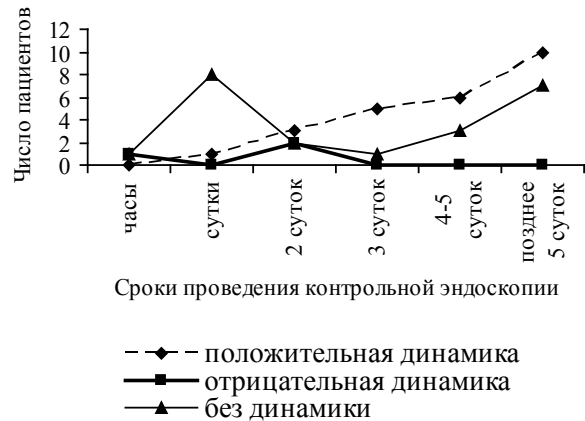
Остальные 73 пациента (57,9%) получали только консервативную терапию. Степень гемостаза источника кровотечения на момент поступления у данных больных распределялась следующим образом: Forrest IIa – у 8 (11%), Forrest IIb – у 26 (36%), Forrest IIc – у 18 (25%), Forrest III – у 17 (23%), нет указаний на степень гемостаза – у 4 (5%).

Положительная динамика гемостаза у больных, получавших только консервативную терапию, имела тенденцию к постепенному нарастанию с постоянным увеличением числа положительных случаев к 5 суткам контрольной эндоскопии (диаграмма 3).

Отрицательная динамика наблюдалась в 3 случаях (в ближайшие часы с момента поступления – у 1 пациента, и через 2 суток – у 2 пациентов), но без развития рецидива кровотечения с достижением гемостаза Forrest III к 6-7 суткам – у 2 пациентов и к 8-10 суткам – у 1 пациента. Отсутствие динамики эндоскопического гемостаза наблюдалось на всех сроках контрольной ЭФГДС с максимумом в течение суток от момента поступления пациентов с последующим спадом ко 2 суткам и постепенным нарастанием параллельно положительной динамике, но не превосходя ее.

Диаграмма 3.

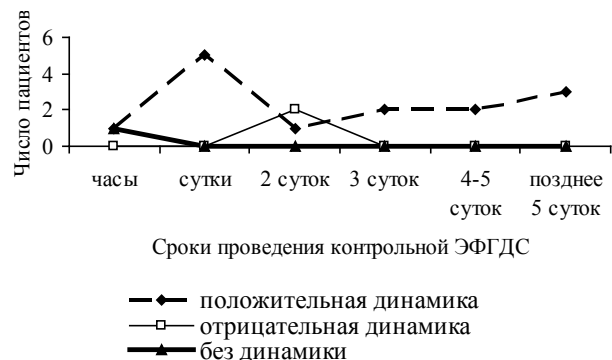
Динамика гемостаза при контрольной эндоскопии в группе больных, получавших консервативное лечение



В группе пациентов с комбинированным использованием эндоскопического гемостаза в сочетании с современной противоязвенной и гемостатической терапией положительная динамика гемостаза имела тенденцию к резкому возрастанию в течение суток с последующим спадом ко 2 суткам, и затем с постепенным увеличением числа положительных случаев к 5 суткам контрольной эндоскопии, как при консервативном ведении больных (диаграмма 4).

Диаграмма 4.

Динамика гемостаза при контрольной эндоскопии в группе больных с комбинированной терапией



Отрицательная динамика наблюдалась в 2 случаях на вторые сутки лечения, так же без развития рецидива кровотечения, с последующим достижением гемостаза Forrest III к 6-7 и к 8-10 суткам. Отсутствие динамики наблюдалось лишь в 1 случае через несколько часов после эндоскопического гемостаза.

Проанализировав динамику степени гемостаза при контрольной ЭФГДС у больных двух групп, по-

лучавших различное лечение, очевидно, что лучшие результаты определяются при комбинированном использовании эндоскопического гемостаза в сочетании с современной противоязвенной и инфузионной гемостатической терапией. Учитывая тот факт, что среди этой группы были пациенты с продолжающимся кровотечением (Forrest Ia и Ib – 44,4%), а в группе больных, получавших только консервативную противоязвенную и гемостатическую терапию, были лишь пациенты с остановившимся кровотечением, а также с признаками устойчивого гемостаза на момент первичной ЭФГДС, то преимущество комбинированной методики с использованием эндоскопического гемостаза несомненно.

Оценивая срок достижения гемостаза Forrest III у пациентов, которых вели консервативно, примечательно то, что в обеих группах (консервативное медикаментозное лечение и комбинированное с использованием эндоскопического гемостаза) максимум приходится на 6-7 день терапии, причем соотношение пациентов при этом практически одинаковое (36% и 39% соответственно).

Исход лечения больных этой категории оказался различным в выделенных группах. Так, среди 35 оперированных пациентов 30 (85,7%) были выписаны в удовлетворительном состоянии, а 5 (14,3%) случаев закончились смертельным исходом. Средний срок лечения составил  $17,0 \pm 6,9$  койко-дней.

Пациенты, для лечения которых применяли комбинированное использование эндоскопического гемостаза в сочетании с современной противоязвенной и гемостатической терапией (18 человек), были выписаны с улучшением в 100% случаев. Средний срок лечения составил  $8,9 \pm 2,3$  койко-дня.

Среди пациентов, получавших только консервативную противоязвенную и инфузионную гемостатическую терапию (73 человека), 9 (12,3%) были переведены в гастроэнтерологическое отделение ООКБ для продолжения лечения, 63 (86,3%) выписаны с улучшением и 1 (1,4%) случай закончился смертельным исходом. Средний срок лечения составил  $10,0 \pm 3,5$  койко-дней.

Отдаленные результаты лечения исследуемого контингента больных с язвенным гастродуоденальным кровотечением прослеживались за период с 2009 по 2012 год.

Из 120 пролеченных больных за медицинской помощью по поводу болезней желудка и двенадцатиперстной кишки обратились 44 пациента, что составляет 36,7%. Всего посещений – 187.

Из 18 пациентов, получавших комбинированное использование эндоскопического гемостаза в сочетании с современной медикаментозной терапией, 6 человек (33%) обратились к врачам повторно.

У них были диагностированы следующие заболевания: дуоденальная язва с кровотечением – у 3, язва двенадцатиперстной кишки с прободением – у 1, гастродуоденит – у 1, обострение язвенной болезни желудка – у 1, обострение язвенной болезни двенадцатиперстной кишки – у 1.

Из 30 выписанных пациентов, перенесших хирургическое вмешательство, повторно обратились 12 человек (40%). У 2 из них диагностированы синдромы оперированного желудка, у 2 – свищ желудка и двенадцатиперстной кишки, у 1 – пептическая язва анастомоза, у 1 – язва желудка, осложнившаяся кровотечением и прободением, у 1 – язва двенадцатиперстной кишки, осложнившаяся кровотечением, 3 пациента обратились с обострением язвенной болезни желудка, 2 – с обострением язвенной болезни двенадцатиперстной кишки и 1 пациент – с гастродуоденитом.

Из 72 выписанных пациентов, получавших только медикаментозное лечение, повторно обращались 26 человек (36,1%). У них наблюдалась следующая патология: язва желудка – 9 случаев, язва желудка с кровотечением – 2 случая, язва двенадцатиперстной кишки – 18 случаев, язва двенадцатиперстной кишки с кровотечением – 3 случая, гастрит и дуоденит – 6 случаев, желудочно-кишечное кровотечение неуточненное – 1 случай.

Таким образом, несмотря на совершенствование методов лечения язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки число осложнений этого заболевания кровотечением ежегодно возрастает, причем 2/3 пациентов поступают в стационар в поздние сроки от начала заболевания.

Более 85% больных этой категории при поступлении нуждаются в проведении интенсивной терапии в связи с наличием шока и признаков неустойчивого гемостаза. Каждый третий больной подвергается хирургическому вмешательству. При этом частота послеоперационных осложнений превышает 28%.

Проведенный сравнительный анализ эффективности лечения больных с язвенным кровотечением показал, что лучшие результаты отмечаются при комбинированном использовании эндоскопического гемостаза в сочетании с современной противоязвенной и инфузионной гемостатической терапией.

Оценка качества жизни больных, перенесших язвенное кровотечение, за трехлетний период доказывает высокую частоту рецидива этого осложнения заболевания, составляющего 6,7-11,1%. Этот факт побуждает к более активной тактике в плане выбора методов лечения кровоточащей язвы с целью профилактики не только послеоперационных осложнений и летальности, но и рецидива кровотечения в будущем.



## Библиографический список

1. Какорина Е.П., Стародубов В.И., Галкин В.И. Смертность населения Российской Федерации 2002 год. М, 2002. 187 с.
2. Касумьян С.А., Ломаченко Ю.И., Чайковский Ю.Я., Журавлев В.Н. Хирург и язвенные кровотечения: реальность и пути решения проблемных вопросов. Неотложная и специализированная хирургическая помощь: Первый конгр. Моск. хирургов: Тез. докл. М., 2005. С. 15-16.
3. Плешков В.Г., Афанасьев В.Н., Овсянкин А.В. Применение фамотидина (квamatела) в лечении язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки. Хирургия. 2000. № 6. С. 48-49.
4. Совцов С.А., Кушниренко О.Ю., Подшивалов В.Ю. Принципы оказания хирургической помощи больным с язвенными желудочно-кишечными кровотечениями. Хирургия. 2001. № 12. С. 63-64.
5. Стойко Ю.М., Багненко С.Ф., Курыгин А.А. Язвенные желудочно-кишечные кровотечения. Хирургия. 2002. № 8. С. 32-35.
6. Тарасенко В.С., Кретинин С.В. Тактика при гастродуоденальных кровотечениях язвенной этиологии. Неотложная и специализированная хирургическая помощь. Первый конгресс московских хирургов: Тез. докл.-М., 2005. С. 33.
7. Winiarski M., Biesiada Z, Rembiasz K Incidence and risk factors of rebleeding from gastric and duodenal ulcers. Przegł. Lek. 2003. № 17.- P. 7-12.

V.F. MURADYAN, V.I. FOMICHEV, Y.M. MOROZOV

## FEATURES OF RENDERING OF SURGICAL CARE TO PATIENTS WITH ULCER BLEEDING

*Frequency of complications of peptic ulcer bleeding has no tendency to decrease, despite improvement of methods of treatment of this disease. More than 85 % of patients with bleeding stomach ulcer and duodenal ulcer need of intensive therapy in connection with existence of shock and signs of unstable hemostasis. Use of endoscopic hemostasis in combination with modern anti-ulcer and infusion of hemostatic therapy allows to improve quality of the surgical care to patients in a hospital. However, in the next 3 years after treatment the recurrence of bleeding from an ulcer at patients in this category are found in 6,7-11,1 % that induces to more active and differentiated approach in the choice of methods of treatment of a bleeding ulcer.*

Key words: *peptic ulcer, bleeding, surgical treatment, hemostasis.*



**М.А. НЕКРАСОВ**

доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой психиатрии и неврологии Орловского государственного университета  
Тел: (4862) 76 22 25

## ОСНОВНЫЕ ИСТОРИЧЕСКИЕ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПСИХИАТРИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ В ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*Рассматриваются основные этапы дореволюционного периода (1819-1917гг.) развития психиатрической службы Орловской области. Начальным этапом Орловской психиатрии являлась работа дома умалишенных в рамках Приказа общественного призрения (1819-1867гг.). Следующий этап был связан с функционированием психиатрического отделения в структуре губернской соматической больницы (1867-1893гг.). Отличительной особенностью третьего этапа было строительство земской психиатрической больницы Святого Духа в поселке Кушиковка (1893-1902гг.), связанное с именем известного организатора психиатрического дела в России – П.И. Якобия.*

Ключевые слова: психиатрическая помощь, психиатрическая больница, организация помощи душевнобольным.

«Имея сожаление к ближнему, потерявшему драгоценнейшее для человека – рассудок, не отказывая подать ему руку благодательной помощи и не страшись признать его себе подобным».

И.Ф. Рюль (1759-1846)  
один из основоположников отечественной психиатрии.

История развития психиатрической помощи в Орловском крае насчитывает около 200 лет и неразрывно связана со становлением этой специализированной медицинской службы в Российском государстве.

В 1775г. Екатериной II было издано «Уложение о губерниях», в соответствии с которым в каждой губернии были учреждены Приказы общественного призрения для управления больничным делом.

Во всех российских губерниях структура богоугодных заведений была практически идентичной: соматическая больница, сиротские, инвалидные, рабочие и смирительные дома, аптека и богадельня (29). Особым учреждением богоугодных заведений, в контексте настоящей публикации, являлся дом умалишенных. Открытие этих заведений, специально предназначенных для содержания психически больных, явилось первым этапом в создании четко структурированных форм психиатрического характера в России (1, 22, 29). Основная функция домов умалишенных заключалась в изоляции душевнобольных от общества.

Приказ общественного призрения был введен в Орловской губернии в 1806 году (29). Несколько позже, в 1819 г., в его структуре был открыт дом умалишенных (24, 25), построенный по типовому проекту. Штатный состав (коечный фонд – М.Н.) подобных домов был определен в 60 человек – 40

мужчин и 20 женщин (23).

Это был большой 2-х этажный каменный корпус в виде русской буквы «П», с низким первым этажом со сводчатым потолком и маленькими окнами, закрытыми решетками. Вдоль всей средней части здания проходил узкий центральный коридор, по периметру которого были расположены палаты. По причине отсутствия окон, коридор был совершенно темным, так что в нем постоянно горели керосиновые лампы, а воздух из-за отсутствия вентиляции был насыщен тяжелыми запахами.

В силу крайне недостаточного количества служителей и их малой обученности, душевнобольные бродили по коридорам, иногда нападали на других больных, прислугу и даже посетителей. Для предотвращения опасных действий со стороны душевнобольных в доме умалишенных с максимальной степенью использовались всевозможные и разнообразные способы и приспособления стеснения пациентов (привязывание цепями к деревьям, помещение в изоляторы, связывание ремнями на длительные сроки (на недели, а иногда на месяцы), надевание тяжелых кожаных рукавов, по своей прочности и тяжести похожих на лошадиную сбрую и т.д.). Но наиболее часто душевнобольные подвергались избиениям со стороны служителей. «Битье больных было самым обычным делом, – пишет П.И. Якобий (32), настолько обычным, что служи-

тели удивленно спрашивали: «А что же тогда делать с буйными больными?». Особенно часто использовалось «битье по голове мокрыми, свернутыми в жгут полотенцами». Однако, даже в таких тяжелых условиях находилась лишь часть душевнобольных губернии. Согласно переписи психически больных, проведенной в 1839г. И.Ф. Рюлем (29), в Орловской губернии проживало 1 320 000 жителей, среди которых было выявлено 575 душевнобольных.

Таково было положение психически больных весь доземский (1819-1867гг.) и часть земского периода Орловской психиатрии.

В 60-е годы XIX ст. после введения в России земского управления постепенно стала формироваться общественная психиатрия. В деле организации психиатрической помощи огромную роль сыграли отечественные психиатры, которые получили своё образование за границей или побывали там в длительных научных командировках. Они привнесли в дело призрения душевнобольных тот бесценный опыт, который был уже накоплен в ведущих психиатрических госпиталях Германии, Англии, Шотландии, Бельгии, Франции и других европейских стран.

Орловское земство приняло дела Приказа общественного призрения в феврале 1867г. Изменился статус дома умалишенных: с 1867 по 1893гг. он являлся отделением для умалишенных губернской больницы. В ноябре 1874г. было открыто второе психиатрическое отделение. В двух отделениях одновременно могли разместиться 150 больных, но в реальности их всегда было в 2-3 раза больше. По тем временам это было одно из крупнейших заведений для психически больных в России, и число пациентов с каждым годом возрастало: если в 1875г. их было 345 чел., то в 1884г. – 432 (25). В отделениях сохранялась высокая смертность. За период с 1870-1876гг. она в среднем составила – 17%, а в 1889г. и вовсе – 19,6%. П.И. Якобий (32), изучая состояние психиатрического дела в Орловской губернии, писал: «... поступая в психиатрические отделения Орловских богоугодных заведений больной имел в 6,6 раз больше шансов умереть, нежели чем выздороветь».

Старшим врачом богоугодных заведений Орловского губернского земства на протяжении почти 40 лет (1867-1906гг.) был В. И. Радулович (33), который очень много сделал для становления медицины в Орловской губернии, в том числе и для улучшения призрения душевнобольных.

По инициативе В.И. Радуловича, при психиатрических отделениях были созданы мастерские (швейная, столярная, портняжная), введено дифференцированное размещение больных по отделениям

(беспокойные, спокойные больные и выздоравливающие), к работе в психиатрических отделениях начали привлекаться сверхштатные ординаторы губернской больницы (27).

Но все эти мероприятия носили временный характер. Начиная с 1874г. Орловская земская управа на своих заседаниях ежегодно обсуждала вопрос об улучшении положения душевнобольных. В.И. Радулович в отчетах губернскому земскому собранию (26, 27) свидетельствовал о том, что психиатрическое отделение губернской больницы находится в крайне неудовлетворительном состоянии, как в смысле ограниченности помещений для размещения психически больных (по Российским законам того времени прием на лечение умалишенных не мог быть ограничен коечным фондом психиатрических отделений), так и в плане санитарно-гигиенического состояния. Кроме того, серьезной проблемой оказания квалифицированной помощи душевнобольным являлось отсутствие врача-психиатра в штате губернской больницы. В.И. Радулович неоднократно поднимал вопрос перед Орловским земством о приглашении данного специалиста для заведывания психиатрическим делом в губернии.

В 1882г. в «Орловском вестнике» были опубликованы две серии статей: «О реорганизации отделения для душевнобольных при Орловской губернской земской больнице»<sup>1</sup> и «По поводу преобразования Орловского дома умалишенных»<sup>2</sup>. Автор публикаций – доктор медицины С.И. Штейнберг – один из известнейших земских психиатров-организаторов. На страницах «Орловского Вестника» Штейнберг подробно изложил свой план мероприятий по реорганизации психиатрической помощи в Орловской губернии. Его основная позиция сводилась к тому, что «современная наука еще не нашла специфического средства для лечения душевных болезней». Поэтому главным направлением в деле помощи лицам, страдающим психическими расстройствами, являются уход и гигиенические условия содержания больных, а именно: помещения, пища, одежда, отопление, вентиляция, вовлечение больных в различные виды трудовой деятельности и т.д. Понимая, что на пути реализации своих предложений придется столкнуться с большим количеством проблем, С.И. Штейнберг требует от земства быть готовым к серьезным денежным вливаниям: «... нет надежды на улучшение положения душевнобольных без финансовых вложений». Но земство не решилось на глобальные изменения в оказании помощи душевнобольным, сопряженные

1 «Орловский Вестник», 1882. №№32, 71

2 Там же, 1882. №№ 161,169,172,174

с серьезными материальными затратами. В результате чего земское собрание отказалось от услуг С.И. Штейнберга (в скобках отметим, что в следующем, 1883г., Штейнберг уехал в Саратовскую губернию, где основал в имении «Есиповка» губернскую психиатрическую колонию-лечебницу, ставшую, по мнению П.И. Якобия (32), одной из самых эффективных в дореволюционной России).

Но приглашение Штейнберга в Орловскую губернию и его концепция реформирования дома умалишенных не прошли бесследно. В 1884г. Губернское земское собрание обратилось к правительству с просьбой о выделении денежной субсидии на строительство новой психиатрической больницы (3).

Переломным годом для Орловской психиатрии стал 1893г.: в апреле правительство открыло долгожданную кредитную линию в 125 000 рублей на постройку губернской психиатрической больницы, что составило 1/2 от стоимости всего строительства (4). В том же году земская управа обратилась с просьбой к известным русским психиатрам с предложением возглавить возведение новой психиатрической больницы в Орловской губернии (5). Среди получивших письма Орловского земства были: проф. А.Я.Кожевников, проф. И.А.Сикорский, Н.Н.Баженов, В.И.Яковенко, П.И.Якобий. После ряда консультаций, земство остановило свой выбор на кандидатуре доктора медицины П.И.Якобия, только что закончившего строительство Московской земской психиатрической больницы в селе Покровское-Мещерское. 19 июня 1893г. П.И. Якобий приступил к работе в должности исполняющего обязанности старшего врача психиатрического отделения губернской больницы (6), и тем самым стал первым дипломированным врачом-психиатром, начавшем работать в Орловской губернии.

Хорошо известно, что Павел Иванович Якобий (1841-1913гг.) около 30 лет прожил за границей (Германия, Швейцария, Франция) (28). В Италии он длительное время работал в одном из психиатрических госпиталей. Якобий являлся доктором медицины Бернского и Парижского университетов, членом-корреспондентом Мадридской и Королевской академий, членом психиатрических и антропологических обществ ряда иностранных государств. Конечно, его значительный практический опыт, харизматическая личность сыграли большую роль в той огромной организаторской работе, которую он осуществлял в течение 10 лет (1893-1903гг.) на территории Орловской губернии.

В 1893г. П.И. Якобий представил земской управе докладную записку: «Преобразование психиатрического отделения Орловских богоугодных

заведений» (30), где сразу же поставил перед земством принципиальный вопрос: «Желает ли земство лечить душевнобольных, или имеет в виду только освободить от них население, донельзя тяготеющее ими?». В этой же докладной записке П.И. Якобий предложил идею создания загородной психиатрической больницы-колонии с сельскохозяйственными угодьями. Якобий пишет (9): «Для русских душевнобольных, огромное большинство которых принадлежит крестьянскому сословию, эта форма призрения является истинным благодеянием... Россия исключительно страна земледельческая... как глубоко срослось с русской душой, с русским самым глубоким пониманием жизни, земледелие и деревенская природа».

По планам П.И. Якобия, развитие и расширение колонии должно было осуществляться в зависимости от потребности в коечном фонде за счет строительства новых корпусов-павильонов. Якобий прекрасно понимал, что такое строительство понадобится, так как изучение состояния психиатрического дела в Орловской губернии он начал с эпидемиологических исследований: произвел подсчет душевнобольных в губернии и получил огромную цифру – 3500-4000 человек.

10 января 1894г. Орловская губернская земская управа своим решением признала самостоятельным медицинским учреждением психиатрическое отделение губернской больницы, а в последующем, после принятия Устава больницы, отделение было реформировано в губернную психиатрическую больницу. Несколько позже, по представлению П.И. Якобия, лечебнице было присвоено имя Святого Духа (7).

Выполняя постановление XXVIII Орловского губернского земского собрания, земская управа принимает решение о строительстве 4-х каменных павильонов для новой психиатрической больницы на 300 коек (8). Для этих целей 9 февраля 1894г. покупается имение Кишкинка, принадлежащее помещику Зобницкому, расположенное в 8 верстах от г.Орла (9). Проект строительства больницы 15 апреля 1894г. утверждается на заседании Московского общества психиатров и невропатологов (10).

Перед началом строительства психиатрической больницы в поселке Кишкинка губернская управа решает ознакомиться с призреванием душевнобольных в других российских губерниях (11). Для этой цели председатель управы и заведующий богоугодными заведениями В.И. Радулович посетили психиатрические лечебницы в Туле, Москве, Калуге, Новгороде, Тамбове и Саратове.

Параллельно с подготовкой к строительству новой психиатрической больницы начинает формиро-

ваться её кадровый состав. В течение 1894г. в штат лечебницы были зачислены 4 врача-психиатра: доктора медицины Л.Л. Дорошкевич и Р.Ю. Шнейдер, а также А.А. Литкенс и С.И. Чеботарева (12, 13, 14).

Началось строительство психиатрической больницы в поселке Кишкинка с переоборудования под больничные нужды большого барского дома, насчитывавшего 25 комнат. Сюда же помещаются и первые больные. Открытие больницы произошло 3 августа 1894 года. По этому случаю был отслужен торжественный молебен (15).

К концу 1894г. закончилась постройка двух деревянных павильонов, предназначенных для размещения 20-25 больных (16). На 1 ноября 1894г. в новой психиатрической больнице уже находилось 138 душевнобольных (17).

В 1897 г. на территории пос.Кишкинка были выстроены 2 каменных павильона на 40 коек каждый. В 1902 г. вступили в строй еще 3 лечебных корпуса, предназначенных для размещения по 30 душевнобольных.

Таким образом, Орловская земская психиатрическая больница Св.Духа (ОЗПБ) была построена в течение 8 лет (1894-1902гг.). Вместимость больницы составила 300 запланированных коек.

П.И. Якобий был убежденным сторонником использования наиболее гуманистических систем – нестеснения (*no restraint*) и открытых дверей (*open door system*) в отношении душевнобольных, находящихся в условиях психиатрических стационаров.

В мужских и женских павильонах ОЗПБ были открыты двери и окна, ликвидированы дневные дежурства персонала. Решетки, ограды и какие-либо другие меры стеснения (в том числе и фиксация) больных отсутствовали. Количество обслуживающего персонала в отделениях ОЗПБ было очень мало: на каждые 40 больных приходилось всего 3 человека прислуги. Все внутриотделенческие работы выполнялись больными, и при этом в них всегда сохранялись чистота и порядок. Несмотря на столь обширную свободу, которой пользовались больные в психиатрической колонии, побегов из неё практически не было.

По вечерам больные играли в различные игры: карты, шашки, шахматы; читали газеты и журналы из больничной библиотеки. Для неграмотных пациентов устраивались послеобеденные чтения в палатах силами образованных больных. Зимой, по воскресеньям, для больных организовывались общие чтения, во время которых использовался «волшебный фонарь» (пробораз современных слайдоскопов), позволявший создавать на стенах «туманные картинки». На Рождество и День Святого Духа в больнице устраивались праздники, в кото-

рых участвовали не только больные, но и крестьянские дети из соседних деревень. Присутствие детей очень радовало больных, они вместе пели, плясали, водили хороводы. Во время угощения все сидели за общим столом. Активное участие в праздничных мероприятиях принимал и персонал больницы.

Буквально с первых же дней работы Орловской земской психиатрической больницы Святого Духа большое внимание в ней стало уделяться трудовой занятости пациентов. В отчетах больницы за 1894 – 1903 гг. (31), составленных П.И. Якобием, много места уделено размышлениям о лечебном значении труда, особенно сельскохозяйственного, для душевнобольных.

Обосновывая широкое внедрение в больнице занятости пациентов трудом, П.И. Якобий писал (31): – «...занятие физическим трудом служит одним из могущественных средств при лечении психически больных. Систематически организованный труд в высшей степени дисциплинирует больных, поддерживает во всем заведении строго образцовый порядок и способствует правильной регламентации жизни в нем. Незанятый и дурящий от скуки и праздности умалишенный несравненно опаснее занятого и работающего».

Труд больных в ОЗПБ имел разнообразный характер. Они занимались полевыми, огородными, земляными работами, выращивали саженцы растений, трудились в оранжереях, осуществляли посадку деревьев, кололи дрова, ухаживали за домашними животными (лошади, коровы, свиньи, овцы, куры, гуси и т.д.), убирали больничный двор, мостили дороги, работали в саду и т.д. Образцы работ больных, выполненных в мастерских ОЗПБ, с большим успехом экспонировались на выставке, приуроченной к проведению в Москве Первого съезда русского союза психиатров и невропатологов.

Как отмечалось выше, к 1902г. основные строительные работы в ОЗПБ были закончены. П.И. Якобий концентрирует свои усилия на создании т.н. эвакуаторных путей по выведению из отделений ОЗПБ хронических больных, которые больше не нуждаются в лечении.

Во-первых, он совершает революционный для своего времени шаг: в помещении прежнего городского дома умалишенных он создает психиатрическую богадельню на 140 мест и отделяет, таким образом, богадельное призрение от психиатрической больницы, которой вменяются только лечебные функции. С этого времени в «Отчетах Орловской земской психиатрической больницы Св. Духа» движение больных разделилось на два потока: собственно в больнице (Кишкинке) и в психиатрической богадельне.



Во-вторых, Якобий предлагает платить по 5 рублей крестьянским семьям, которым больница возвращает их душевнобольных невыздоровевшими (31). Этот способ эвакуации хроников из ОЗПБ он считал самым простым, дешевым, действенным и, в сущности, корректным и нравственным. «Практика показала, – пишет П.И. Якобий, – что в большинстве случаев крестьянские семьи забирают душевнобольного, но при условии, если семья получит возможность прокормить его». Якобий вновь оперирует цифрами и констатирует (31): «...если мы возвратим семьям 250 больных – то в масштабах больницы эта цифра будет огромной» (напомним, что 300 коек ОЗПБ обошлись Орловскому земству в 250 000 рублей).

Третьей мерой, использованной П.И. Якобием для решения проблемы переполнения психиатрической больницы, был патронаж посемейного призрения (*patronage familial*).

Под руководством П.И. Якобия была разработана и внедрена в жизнь целая система принципов посемейного призрения больных, страдающих психическими заболеваниями, что явилось фактически одним из этапов начала организации внебольничной (экстрамуральной) психиатрической помощи населению Орловской губернии.

По данным Н.Н. Баженова (1), в российской психиатрии патронажи посемейного призрения существовали в 19 губерниях. Самым большим был Московский, обслуживающий 650 пациентов, затем Рязанский, создателем которого был сам Н.Н. Баженов, – до 200 человек и третьим по численности был Орловский, созданный П.И. Якобием, – 160 человек.

Для П.И. Якобия все вышеперечисленные организационные мероприятия были логичными, т.к. все годы, в течение которых он возглавлял Орловскую психиатрию, он боролся с переполнением психиатрической больницы. П.И. Якобий (31) отмечает: «... в России Орловская больница стала первой, вышедшей на этот путь организации... и она единственная, не представляющая переполнения: во всех отделениях Кишкинки число больных приведено к нормальному и не превышает то число, для которого здания были построены. Это положение дела, о котором пишуший мечтал, о котором мечтают все его коллеги, русские и иностранные, кроме английских, голландских, скандинавских и финляндских».

В июле 1903г. П.И. Якобий оставляет пост директора ОЗПБ (19) и уезжает в Харьков. Его преемником становится старший ординатор больницы – И.С. Герман, который проработал в этой должности 25 лет (1903-1928гг.).

Одной из основных заслуг Германа как руководителя орловской психиатрии стала замена мужского надзирательного персонала женским.

На рубеже XIX-XX ст. вопрос о персонале психиатрических больниц, ставших на путь гуманизации отношения к душевнобольным, занимал умы ведущих русских психиатров. Особенно актуальной была тема персонала в мужских отделениях, где, как писал И.С. Герман (2), чаще всего на должностях служителей оказывались бывшие военные – ротные фельдшеры и отставные унтер-офицеры – люди, чаще всего некультурные, с низким умственным, а часто и нравственным развитием, большая часть которых злоупотребляла алкоголем. Обращение с душевнобольными было грубое и жестокое, им наносились побои, нередко кончавшиеся тяжелыми увечьями.

С женским обслуживающим персоналом постоянно проводились занятия по изучению правил ухода за психически больными. Прежде чем приступить к самостоятельной работе в отделениях, кандидатки на должность сиделок проходили стажировку в тех отделениях больницы, где уже использовалось женское обслуживание больных. К 1908г. в ОЗПБ мужской надзирательный и обслуживающий персонал был полностью заменен на женский. И.С. Герман писал (2): «Мужчины не обладают теми качествами, которые необходимы ухаживающему за больными персоналу. Уход за душевнобольными во многом напоминает уход за детьми: больных часто приходится кормить, обмывать, одевать, следить за чистотой тела, одежды и постели, успокаивать их, терпеливо выносить капризы, безотлучно долгие часы находиться возле постели».

В начале XX века положение Орловской земской психиатрической больницы стало ухудшаться. Это было связано с началом в России революционного движения (1905-1907гг.) и русско-японской войны (1904-1905гг.). Последнее обстоятельство особенно сильно повлияло на уклад больничной жизни: психиатрический стационар начал заполняться пациентами не только страдающими психическими расстройствами, но и лицами, участвовавшими в боевых действиях.

Переполнение больницы увеличивалось с каждым годом. Если в 1911г. во всех подразделениях ОЗПБ находилось 652 больных, в 1912 – 665, то в 1913г. – 708 пациентов (2).

И.С. Герман ставит перед Орловским земством вопрос о необходимости увеличения числа коек в психиатрической больнице. Специальной комиссией была составлена «Программа расширения психиатрической больницы Св.Духа с 1914 по 1924гг.». В



соответствии с этой программой планировалось увеличение коечного фонда ОЗПБ до 550 коек, а общее число психиатрических коек в губернии довести до 1000, включая 280 в психиатрической богадельне и 150 – в патронаже посемейного призрения. Но реализации этих широкомасштабных планов помешала начавшаяся в 1914г. Первая мировая война.

На территории ОЗПБ был развернут госпиталь «В» для душевнобольных солдат, которые, в основном, поступали из Минска, Москвы и Киева. Возглавил госпиталь директор ОЗПБ И.С. Герман. Для госпиталя был выделен отдельный лечебный корпус больницы на 50 коек; вскоре коечный фонд госпиталя увеличился еще на 50 мест.

Кстати, по воспоминаниям старожилов больницы, на её территории находятся захоронения солдат, умерших в госпитале «В», которые и до настоящего времени остаются без памятных знаков.

В 1916г. у администрации больницы возникли новые проблемы с размещением пациентов – сгорел один из лучших лечебных корпусов. Переполнение больницы и невозможность соблюдения санитарно-

гигиенических условий привели к тому, что в городской богадельне вспыхнула эпидемия брюшного тифа и дизентерии, что резко увеличило показатели летальности в целом по психиатрической больнице.

Таким образом, в дореволюционной истории становления психиатрической службы Орловской губернии можно выделить несколько периодов.

Первый – этап дома умалишенных в рамках Приказа общественного призрения (1819-1867гг.). Второй этап – 1867-1893гг. – это этап психиатрического отделения, входящего в состав губернской больницы, который начался с передачи дел ПОП земству (1867г.) и закончился приездом в г.Орел П.И. Якобия и началом строительства новой психиатрической больницы в поселке Кишкинка (1893г.). Третий 1893-1903гг. – это этап завершения строительства Орловской земской психиатрической больницы Св. Духа и работы в Орловской губернии П.И. Якобия (1893-1903гг.). Четвертый этап (1903-1917гг.) – этап деятельности на посту старшего врача ОЗПБ И.С. Германа и создания экстремуральной помощи в виде патронажа посемейного призрения.

#### Библиографический список

1. *Баженов Н.Н.* Проект законодательства о душевнобольных и объяснительная записка к нему // Труды первого съезда русского союза психиатров и невропатологов. М., 1914. С.142-364.
2. *Герман И.С.* Отчеты по Орловской земской психиатрической больнице с 1903 по 1917гг.
3. Государственный архив Орловской области (ГАОО) фонд 525, опись 1, дело 98, лист 48.
4. ГАОО, фонд 525, опись 1, дело 98, лист 12.
5. ГАОО, фонд 525, опись 1, дело 3667, лист 6 об.
6. ГАОО, фонд 525, опись 1, дело 98, лист 54.
7. ГАОО, фонд 525, опись 1, дело 99, лист 3, 68, 74.
8. ГАОО, фонд 525, опись 1, дело 98, лист 144.
9. ГАОО, фонд 525, опись 1, дело 99, лист 9.
10. ГАОО, фонд 525, опись 1, дело 98, лист 170.
11. ГАОО, фонд 525, опись 1, дело 98, лист 448-450.
12. ГАОО, фонд 525, опись 1, дело 99, лист 23.
13. ГАОО, фонд 525, опись 1, дело 99, лист 63.
14. ГАОО, фонд 525, опись 1, дело 99, лист 70, 70 об.
15. ГАОО, фонд 525, опись 1, дело 98, лист 254, 258.
16. ГАОО, фонд 525, опись 1, дело 98, лист 450.
17. ГАОО, фонд 525, опись 1, дело 98, лист 450, 451, 451 об.
18. ГАОО, фонд 467, опись 1, дело 1, лист 2.
19. ГАОО, фонд 525, опись 1, дело 3667, лист 95.
20. ГАОО, фонд 467, опись 1, дело 52, лист 113.
21. ГАОО, фонд 467, опись 1, дело 541, лист 31.
22. *Каннабих Ю.В.* История психиатрии. М., 1929. 520с.
23. *Ковалевский П.И.* Положение наших душевнобольных //Архив психиатрии, неврологии и судебной психопатологии. 1885. т.IV, №1. С.81-89.
24. *Некрасов М.А.* К вопросу о дате основания дома умалишенных в Орловской губернии // Орловские психиатрические чтения им. П.И. Якобия. Вып. IV. Орел, 2008. С.29-34.
25. *Пастернацкий И.Р.* К вопросу о домах умалишенных в России//Архив психиатрии, неврологии и судебной психопатологии. 1887. т.IX, №1. С.26-79.
26. *Радулович В.И.* Докладная записка о состоянии психиатрического отделения Орловских богоугодных за-

ведений. ГАОО, фонд 4, опись 1, дело 7229, лист 3-16.

27. *Радулович В.И.* Отчеты старшего врача богоугодных заведений Орловского земства о состоянии больницы и грудного отделения с 1874 по 1882 гг.

28. *Щиголев И.И.* Отечественный психиатр П.И. Якобий. Брянск, Издательство БГУ, 2001. 178с.

29. *Юдин Т.И.* Очерки истории отечественной психиатрии. Под ред. Б.Д. Петрова. М.: Медгиз, 1951. 478с.

30. *Якобий П.И.* Преобразование психиатрического отделения Орловских богоугодных заведений: Докладная записка, поданная Орловской Губернской Земской управе. Орел, 1893. 139с.

31. *Якобий П.И.* Отчеты по Орловской земской психиатрической больнице с 1894 по 1903гг.

32. *Якобий П.И.* Основы административной психиатрии. Орел: Типография Губернского Правления, 1900. 688с.

33. *Яковлев П.А., Мамошина В.М., Сорокина Л.А.* Путь длиною в 220 лет. Страницы истории Орловской областной клинической больницы. Орел: Вешние воды, 2002. 232с.

**M.A. NEKRASOV**

### **THE MAIN HISTORY STEPS OF MENTAL SERVICE DEVELOPMENT IN OREL REGION**

*The main steps of the prerevolutionary period in Orel region psychiatric service development (1819-1917) are presented.*

*The initial step of the psychiatric service formation in Orel region was the work of mental institution within the framework of the Public Clarity Order (1819-1867). The next phase was associated with the psychiatric department functioning in the structure of the government somatic hospital (1867-1893). The characteristic trait of the third stage was the project of the Holy Spirit local psychiatric hospital in Kishkinka village (1893-1903) associated with the name of the famous Russian psychiatric service organizer P.I. Yakobiy.*

*Key words: psychiatric service, mental hospital, psychiatric service organization.*



**Е.П. НОВИКОВА**

ассистент кафедры иммунологии и специализированных клинических дисциплин Орловского государственного университета  
E-mail: novikova.elena@mail.ru  
Тел. 8 910 206 14 82

**И. А. СНИМЩИКОВА**

доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой иммунологии и специализированных клинических дисциплин, директор медицинского института Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 43 21 82

**И.А. РЕРЕКИН**

доктор медицинских наук, профессор кафедры последипломного образования, зав. гинекологическим отделением Орловской клинической больницы  
Тел. (4862) 46 58 65

**М.С. НОВИКОВ**

кандидат медицинских наук, доцент кафедры анатомии человека, оперативной хирургии и топографической анатомии с курсом факультетской хирургии Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 43 21 87

**Т.С. СОБОЛЕВА**

старший преподаватель кафедры математического и информационного анализа экономических процессов Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 77 75 59

## КЛИНИКО-ИММУНОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТА СУПЕРЛИМФ В КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ БОЛЬНЫХ ОСЛОЖНЕННЫМИ ФОРМАМИ ОСТРОГО САЛЬПИНГООФОРИТА\*

*Целью данной работы явилась оценка клинико-иммунологической эффективности использования локальной цитокинотерапии препаратом суперлимф в комплексном лечении больных осложненными острыми воспалительными заболеваниями придатков матки с учетом разработанных критериев индивидуального прогнозирования вероятных исходов течения острого сальпингоофорита. Доказано, что включение препарата суперлимф в схему оперативного лечения лиц с осложненными формами острых сальпингоофоритов позволяет успешно скорректировать дисбаланс в Т-звене иммунитета и в цитокиновом статусе, сократить продолжительность и выраженность основных симптомов заболевания, а также способствует снижению риска хронизации острого воспалительного процесса.*

*Ключевые слова:* осложненные острые воспалительные заболевания придатков матки, суперлимф, клинико-иммунологическая эффективность лечения.

Охрана репродуктивного здоровья женщин представляет собой приоритетную проблему современной медицины. Особая значимость этой проблемы определяется кризисной демографической ситуацией в стране, обусловленной как социально-

экономическими причинами, так и низкими репродуктивными возможностями женщин. Одной из причин ухудшения репродуктивного здоровья является высокая распространенность воспалительных заболеваний органов малого таза (ВЗОМТ), нанося-

\* Работа выполнялась в рамках государственного задания ФГБОУ ВПО «Орловский государственный университет» по теме научного прикладного исследования №43562. 2011.

щих непоправимый вред женскому здоровью, приводя к развитию тяжелых осложнений, в том числе и к бесплодию [3]. При этом пациентки с осложненными острыми воспалительными заболеваниями придатков матки (ОВЗПМ) составляют наиболее тяжелую группу гинекологических больных [6].

К сожалению, несмотря на большой арсенал терапевтических средств, присутствующих сегодня на фармацевтическом рынке, а также очевидные успехи оперативного лечения, результаты терапии ВЗОМТ полностью не удовлетворяют современного практического врача. Традиционное лечение не обеспечивает ожидаемого клинического эффекта и не решает проблему полноценной ремиссии заболевания. Согласно статистическим данным, частота осложнений и рецидивов острых гнойно-воспалительных заболеваний придатков матки колеблется от 13 до 35%, а летальность составляет 2-4% [6]. Все это определяет очевидный интерес к данной медицинской проблеме.

На сегодняшний день результатами многочисленных исследований доказано, что ключевым звеном патогенеза острого сальпингоофорита является дефект иммунной системы, проявляющийся, в первую очередь, дисбалансом про- и противовоспалительных цитокинов [4,7,9,11]. Соответственно, для достижения хороших результатов лечения необходимо оказывать медикаментозное воздействие на все патогенетические механизмы развития заболевания, в том числе и на иммунный компонент. В связи с чем в качестве обязательной составляющей комплексного лечения больных осложненными формами острых воспалительных заболеваний придатков матки представляется цитокинмодулирующая терапия, направленная на снижение концентрации провоспалительных цитокинов и ликвидацию чрезмерных проявлений воспалительной реакции и острофазового ответа [1,5,9,10,12].

Учитывая вышеизложенное, мы провели исследование по изучению эффективности применения локальной цитокинотерапии препаратом суперлимф в комплексном лечении больных осложненными ОВЗПМ.

**Цель исследования:** клинко-иммунологическая оценка эффективности использования локальной цитокинотерапии препаратом суперлимф в комплексном лечении больных осложненными острыми воспалительными заболеваниями придатков матки с учетом разработанных критериев индивидуального прогнозирования вероятных исходов течения острого сальпингоофорита.

**Материалы и методы исследования.** В клиническую часть работы вошли 205 пациентов с воспалительными заболеваниями придатков матки,

находившихся на лечении в гинекологическом отделении БУЗ ОКБ в период с 2006 по 2012 годы.

Пациенты, участвовавшие в исследовании, представлены следующими группами.

Группу прогнозирования составили 195 женщин с воспалительными заболеваниями придатков матки. Из них у 101 больной был диагностирован острый сальпингоофорит, у 94 – хронический.

Контрольная группа – 25 пациенток с острыми осложненными сальпингоофоритами, получавших курс традиционного лечения согласно стандарту оказания медицинской помощи в стационаре.

Основную группу составили 10 пациенток с острыми осложненными сальпингоофоритами, которым, помимо базовой терапии, проводилась локальная цитокинотерапия препаратом суперлимф («Имунохелп» РГМУ, Россия). Препарат суперлимф (комплекс цитокинов: ИЛ-1, 6, ФНО $\alpha$ , МИФ, ТФР $\beta$  и антимикробных пептидов) назначали в виде интравагинальных суппозиторий (25 мкг) ежедневно в течение 7 дней, начиная с момента поступления в стационар.

Перед началом исследования у всех больных получено информированное согласие на проведение курса лечения.

Возраст обследованных женщин варьировал от 18 до 56 лет (в среднем 35,25 $\pm$ 1,09 года).

Для достижения сопоставимости сравниваемых групп в наиболее полном объеме распределение больных по группам проводилось методом случайной выборки. Обследуемые женщины сопоставимы по возрасту, социальным признакам и характеру патологического процесса.

Группа сравнения была представлена 20 условно здоровыми женщинами, не имевшими общей экстрагенитальной патологии, гинекологически здоровыми на момент обследования.

Критериями исключения больных из проводимого исследования служили: возраст пациентов моложе 18 и старше 65 лет, атипичное течение основного заболевания, сопутствующие соматические заболевания в стадии обострения или декомпенсации, беременность и лактация, сепсис, иммуносупрессия вследствие новообразований или ВИЧ-инфекции, активный вирусный гепатит, индивидуальная непереносимость или аллергическая реакция на препараты, используемые для терапии, отказ больной от предлагаемого исследования.

Всем пациентам до лечения проводилось комплексное обследование, которое включало анализ анамнестических данных, оценку объективного статуса, лабораторное общеклиническое и иммунологическое обследование, ультразвуковое исследование гениталий. На основании собранного

материала нами была построена математическая модель прогнозирования вероятных исходов острого сальпингоофорита.

Всем больным проводилось хирургическое и медикаментозное лечение. Показаниями для оперативного лечения в наблюдаемых группах были: tuboовариальный абсцесс, пиосальпинкс, пиовар, тазовый абсцесс, наличие пельвиоперитонита, не поддающегося консервативному лечению на протяжении 12-24 часов, перитонит.

В послеоперационном периоде проводился комплекс традиционных лечебных мероприятий, направленных на создание оптимальных условий для заживления тканей, восстановления функциональной активности нейроэндокринной системы, адаптационных механизмов и повышения неспецифической резистентности организма. С этой целью назначалось антибактериальное и десенсибилизирующее лечение, полноценное обезболивание, инфузионно-трансфузионная терапия.

Для объективной комплексной оценки уровня клинической эффективности предложенной схемы лечения в данном исследовании применена 4-х балльная шкала оценки по разработанным нами критериям до лечения, на 3-5 сутки и после лечения [5]. При этом совокупная оценка воспалительных заболеваний придатков матки в 2-7 баллов соответствовала легкому течению; в 8-14-средней степени тяжести; в 15-21 баллов – тяжелому течению.

Наряду с этим, в качестве критериев, позволяющих судить об эффективности лечения проводимой терапии, нами учитывались: амплитуда и продолжительность гипертермической реакции, динамика болевого и интоксикационного симптомов, а также сроки пребывания больной в стационаре.

Для анализа иммунологической эффективности применения локальной цитокинотерапии больным основной и контрольной групп проводили иммунологическое обследование до и после курса лечения.

Содержание популяций и субпопуляций лимфоцитов в сыворотке крови определяли иммунофенотипированием клеток с помощью проточной цитофлуориметрии на цитофлуориметре FACS Calibur. Количественная оценка уровней цитокинов в сыворотке крови проводилась с помощью набора реагентов ООО «Протеиновый Контур», ООО «Цитокин» (Санкт-Петербург) и DRG (Germany) методом твёрдофазного ИФА. Содержание NO в пробах определяли спектрофотометрически по суммарной концентрации нитратов и нитритов с помощью реактива Грисса. Результат рассчитывали по кривой с использованием стандартных растворов нитрита натрия (Голиков П.П., 2004; Метельская В.А., 2005).

Статистическая обработка результатов исследования выполнялась с помощью программного комплекса STATISTICA 6,0 на компьютере «Pentium IV». Описательная статистика и статистический анализ полученных данных проводились в зависимости от типа признака и вида его распределения и включали расчет средних значений и их ошибок с определением достоверности различий по t-критерию Стьюдента. Достоверность различий качественных показателей для малых выборок оценивали с помощью точного непараметрического критерия Фишера. При определении статистической обоснованности различия независимых групп применялся критерий Манна-Уитни. Для оценки тесноты связи отдельных показателей выполнялся корреляционный анализ с использованием коэффициента корреляции Спирмена, при допустимом уровне ошибки принималась гипотеза о наличии линейной связи.

Для разработки прогностических алгоритмов по оценке риска хронизации острого сальпингоофорита использованы методы дискриминантного анализа, кластерного анализа и линейной логистической регрессии.

**Результаты исследования.** Поскольку результатом лечения острого сальпингоофорита зачастую является не выздоровление, а хронизация воспалительного процесса, в связи с этим перспективным направлением научной деятельности является разработка теоретических основ и принципов построения математических систем прогнозирования вероятных исходов заболевания с целью улучшения результатов лечения [2].

Для определения значимости полученных в процессе клинического, инструментального и лабораторного обследования данных было применено математическое моделирование. Согласно литературным источникам, суть многомерной статистической процедуры – учет взаимосвязей между рассматриваемыми переменными с построением прогностической математической модели и выделение независимых факторов [8]. Для разработки алгоритма прогнозирования использованы методы дискриминантного анализа и линейной логистической регрессии, которые позволили провести отбор показателей, наиболее информативных с точки зрения математического прогноза, сформировать диагностические правила и получить точки раздела клинических групп (Cutoff-точки). Для прогнозирования риска хронизации острого сальпингоофорита принимались во внимание данные анамнеза (возраст пациенток, социальный статус, перенесенные соматические и гинекологические заболевания, аллергические реакции, менструальная и детород-



ная функции, проведенное ранее консервативное и оперативное лечение по поводу гинекологических и экстрагенитальных заболеваний), клиническая картина на момент поступления (боли внизу живота, слабость, повышение температуры тела, патологические выделения из цервикального канала и нарушение мочеиспускания), а также данные ультразвукового исследования органов малого таза. При объективном обследовании принимались во внимание болезненность при пальпации и увеличение размеров придатков матки. В качестве лабораторных критериев учитывались гематологические, микробиологические и иммунологические параметры. Всего в базу данных вошли 56 критериев. Из них 20 показателей отражали клинико-анамнестическую картину заболевания, остальные 36 – состояние лабораторного статуса пациентов.

Учитывая множество взаимосвязанных факторов, оказывающих влияние на течение острого воспалительного процесса, с помощью пошагового статистического анализа были исключены малозначимые показатели и определены наиболее значимые. С целью прогнозирования риска хронизации острого сальпингоофорита разработана система прогноза, включающая диагностические правила и Cutoff-точки для наиболее прогностически значимых факторов.

Целью первого этапа статистического анализа явилось выделение клинико-анамнестических и лабораторных характеристик течения острого сальпингоофорита с дальнейшим определением их роли в прогнозировании риска хронизации. Для этого были обработаны данные 101 больной острым сальпингоофоритом и 20 здоровых доноров. Установлено, что наибольшую ценность составляют иммунологические тесты. При этом типовые изменения иммунного статуса при остром сальпингоофорите касаются прежде всего Т-звена (снижение CD4+ клеток, CD8+ клеток) и группы провоспалительных цитокинов (повышение уровня ИЛ-6 и ФНО $\alpha$ ).

В ходе дальнейшего проведения статистического анализа также было установлено, что основная доля изученных данных не представляет интереса для дальнейшей работы, так как их значимость для прогноза незначительна. Комбинация наиболее информативных параметров включала только лабораторные показатели, а рейтинг клинических данных оказался достаточно низким. В ходе поэтапного анализа нам удалось получить комбинацию признаков, которая является достаточно информативной, и в то же время включает минимальное количество показателей. Такую совокупность лабораторных тестов, определяющих «неблагоприятный» исход острого сальпингоофорита с высоким коэффициентом

прогноза, составили концентрация в сыворотке крови ФНО $\alpha$ , ИЛ-6 и NO. Представлены результаты проверки эффективности предложенной математической модели на исходном материале (табл. 1).

Таблица 1.  
Результаты дискриминантного анализа исследуемых показателей

№	Показатели	% правильных прогнозов	p
1	ИЛ-6	100,0	<0,0001
2	ФНО $\alpha$	99,0	<0,0001
3	NO	89,0	<0,0001

Примечание: p – статистический уровень значимости, достоверно при p<0,05.

С помощью регрессионного и дискриминантного математических аппаратов определены точки «Cutoff» для вышеперечисленных показателей, позволяющие прогнозировать риск неблагоприятного исхода острого сальпингоофорита с достаточно высокой степенью вероятности.

Максимальная вероятность хронизации острого сальпингоофорита наблюдается в случае достижения концентрации ИЛ-6 в сыворотке крови менее 72 пг/мл. Интервал максимальной вероятности заключен между значениями ИЛ-6 от 15 пг/мл до 72 пг/мл. Риск хронизации отсутствует при концентрации ИЛ-6 в сыворотке крови менее 15 пг/мл.

Максимальная вероятность хронизации острого сальпингоофорита наблюдается в случае достижения концентрации ФНО $\alpha$  в сыворотке крови менее 81 пг/мл. Интервал максимальной вероятности заключен между значениями ФНО $\alpha$  от 25,4 пг/мл до 81 пг/мл. Риск хронизации отсутствует при концентрации ФНО $\alpha$  в сыворотке крови менее 25,4 пг/мл.

Максимальная вероятность хронизации острого сальпингоофорита наблюдается в случае достижения концентрации NO в сыворотке крови более 6,5 мкмоль/л.

На основании пограничных значений указанных показателей создана дифференциально-прогностическая таблица (табл. 2).

Таблица 2.  
Итоговая дифференциально-прогностическая таблица при воспалительных заболеваниях придатков матки

Клинический случай	ИЛ-6 (пг/мл)	ФНО $\alpha$ (пг/мл)	NO (мкмоль/л)
Острый воспалительный процесс	$\geq 73$	$\geq 82$	<5
Хронизация воспалительного процесса	15-72	25,4-81	>6,5
Выздоровление	<15	<25,4	-

Для оценки адекватности предложенной модели были проанализированы показатели качества уравнений (коэффициент детерминации R-squared, критерии Фишера и Стьюдента, стандартная ошибка регрессии), а также был построен симулятивный прогноз по имеющимся точкам [8]. Все вышеперечисленные показатели доказали состоятельность расчетов и позволили сделать вывод об адекватности и корректности построенной модели.

Учитывая результаты проведенного статистического анализа, в качестве критериев оценки эффективности локальной иммунокоррекции препаратом суперлимф в комплексном лечении больных осложненными ОВЗПМ были определены уровни CD4+ клеток, CD8+ клеток, ИЛ-6, ФНО $\alpha$  и NO в сыворотке крови.

При изучении параметров иммунограммы на момент поступления у пациенток с острыми сальпингоофоритами выявлена выраженная депрессия Т-звена иммунитета, характеризующаяся снижением числа CD3+, CD4+ и CD8+ клеток. Все вышеперечисленные показатели имеют достоверные отличия от группы сравнения ( $p < 0,05$ ).

Исследование концентрации провоспалительных цитокинов в сыворотке крови выявило повышение их уровня по сравнению со стандартными значениями. При этом повышенная продукция ФНО- $\alpha$  определялась в 96% наблюдений, ИЛ-6 - в 100% случаев.

В последние годы возрос интерес к продукции оксида азота, оказывающего регуляторное и цитотоксическое действие на различные клеточные мишени. В связи с этим представляло интерес исследовать уровень метаболитов оксида азота в сыворотке крови больных с острым сальпингоофоритом. Анализ результатов показал, что у данной категории пациентов уровень оксида азота был достоверно выше, чем у здоровых лиц ( $5,30 \pm 0,50$  и  $3,30 \pm 0,40$ , соответственно,  $p < 0,0001$ ).

Таким образом, выявленные нами нарушения клеточного звена иммунитета и дисбаланс цитокинового статуса служат основанием для включения препарата суперлимф в схему оперативного лечения лиц с осложненными формами ОВЗПМ. При этом, как показали проведенные исследования, дополнительное назначение иммунокорректирующего препарата суперлимф способствует повышению эффективности традиционной терапии (табл. 3).

Как видно из данных таблицы 3, динамика иммунологических показателей более предпочтительна в основной группе больных. Так, у пациенток с осложненными острыми сальпингоофоритами после проведения комплексной терапии с применением суперлимфа установлены нормализация исходно

сниженных показателей Т-звена иммунитета и достоверное снижение концентрации ИЛ-6 и ФНО $\alpha$  и NO до значений нормы. Также обращает внимание, что уровни ИЛ-6 и ФНО $\alpha$  после лечения в основной группе практически совпадают с полученными точками раздела клинических групп. Это позволяет заключить, что включение цитокинотерапии в комплексное лечение больных осложненными формами острого сальпингоофорита способствует снижению риска хронизации острого сальпингоофорита (табл.4)

Таблица 3

Динамика иммунологических показателей у больных осложненными острыми воспалительными заболеваниями придатков матки на фоне лечения

Показатель	Группа	До лечения	После лечения
CD4+, (%)	контрольная	29,90 $\pm$ 1,60	32,80 $\pm$ 1,04* <sup>1</sup>
	основная	29,70 $\pm$ 0,90	37,90 $\pm$ 0,95* <sup>1</sup>
	здоровые доноры	39,50 $\pm$ 0,80	
CD8+, (%)	контрольная	17,10 $\pm$ 1,20	19,50 $\pm$ 1,80* <sup>1</sup>
	основная	17,60 $\pm$ 1,10	26,70 $\pm$ 1,60* <sup>1,2</sup>
	здоровые доноры	27,30 $\pm$ 1,30	
ИЛ-6, (пг/мл)	контрольная	130,00 $\pm$ 2,40	27,60 $\pm$ 5,45* <sup>1</sup>
	основная	133,00 $\pm$ 2,89	16,30 $\pm$ 3,25* <sup>1,2</sup>
	здоровые доноры	13,15 $\pm$ 2,25	
ФНО $\alpha$ , (пг/мл)	контрольная	97,00 $\pm$ 3,50	29,60 $\pm$ 5,15* <sup>1</sup>
	основная	99,00 $\pm$ 2,50	25,50 $\pm$ 3,25* <sup>1,2</sup>
	здоровые доноры	23,15 $\pm$ 3,25	
NO, (мкмоль/л)	контрольная	5,40 $\pm$ 0,70	4,30 $\pm$ 0,50
	основная	5,30 $\pm$ 0,50	3,50 $\pm$ 0,13
	здоровые доноры	3,30 $\pm$ 0,40	

Примечание: \*<sup>1</sup>- $p < 0,05$  по отношению к показателям до лечения; \*<sup>2</sup>- $p < 0,05$  по отношению к показателям контрольной группы.

Таблица 4.

Реализация прогностической модели

Группа	ИЛ-6, пг/мл		ФНО $\alpha$ , пг/мл		NO, мкмоль/л	
	после лечения	Cutoff-точка	после лечения	Cutoff-точка	после лечения	Cutoff-точка
контрольная	27,6 $\pm$ 5,45	$\leq 15$	29,6 $\pm$ 5,15	$\leq 25,4$	4,30 $\pm$ 0,50	$< 6,5$
основная	16,3 $\pm$ 3,25		25,5 $\pm$ 3,25		3,50 $\pm$ 0,13	

Проведенные нами исследования продемонстрировали высокую иммунокорректирующую эффективность препарата суперлимф в составе традиционной терапии, проявляющуюся в нормализации показателей системного иммунитета, что способствует более ранней элиминации патогена из очага воспаления и завершению патологического процесса.

Иммунотерапевтическая эффективность применения препарата суперлимф в комплексном лечении осложненных форм острых сальпингоофоритов коррелирует с его клинической эффективностью (табл. 5).

Таблица 5.

Динамика оценки эффективности лечения пациенток основной и контрольной групп

Клиническая группа	Выраженность клинических симптомов (в баллах)			
	до лечения	на 3 сутки лечения	на 5 сутки лечения	после лечения
контрольная (n=25)	12,00±1,13	6,44±0,74*1	4,60±0,82*1	1,28±0,12*1 (на 14 сутки)
основная (n=10)	11,97±1,05	2,87±0,89*1,2	1,00±0,21*1,2	0,75±0,29*1,2 (на 13 сутки)

Примечание: \*1- $p < 0,05$  по отношению к показателям до лечения; \*2- $p < 0,05$  по отношению к показателям контрольной группы; критерий Манна-Уитни.

Так, до лечения выраженность клинических симптомов по сумме баллов у женщин контрольной группы составила в среднем 12,00±1,13 балла, в основной группе – 11,97±1,05 балла. Уже на 3 сутки отмечалась существенная разница в течении воспалительного процесса по отношению к традиционной терапии у женщин, получавших препарат суперлимф, – снижение до 2,87±0,89 балла, в то время, как в контрольной группе сумма баллов оставалась высокой (6,44±0,74;  $p > 0,05$ ). Подобная тенденция сохранялась на 5 сутки и после лечения.

Кроме того, включение в программу лечения вышеуказанного способа иммунотерапии спо-

собствовало уменьшению сроков нормализации температуры и сокращению дней пребывания больной в стационаре (табл. 6).

Таблица 6.

Показатели эффективности лечения больных осложненными формами острых воспалительных заболеваний придатков матки

Параметры	Клиническая группа	Показатель
Нормализация температуры (сутки)	контрольная	6,64±1,39
	основная	3,00±0,93*2
Нормализация болевого синдрома (сутки)	контрольная	9,08±1,28
	основная	9,25±1,74
Средний койко-день	контрольная	14,08±1,76
	основная	12,60±2,31*2

Примечание: \*2-  $p < 0,05$  по отношению к показателям контрольной группы.

Таким образом, применение локальной цитокиноотерапии у больных осложненными формами острого сальпингоофорита приводит к позитивным сдвигам в показателях иммунного статуса, что совпадает с учтенными критериями эффективности применяемого метода лечения, благоприятно влияет на течение заболевания, а также способствует снижению риска хронизации острого процесса. В связи с этим, можно рекомендовать включение локальной цитокиноотерапии препаратом суперлимф в программу комплексного хирургического ведения больных с осложненными ОВЗПМ.

### Библиографический список

1. Анцупова В.С. Эффективность локальной иммунотерапии в комплексном лечении спаечных процессов органов малого таза: автореф. дис. ... канд.мед.наук. Курск, 2006. 22 с.
2. Балакшина Н.Г. Прогнозирование тяжести течения и исходов осложненных гнойно-воспалительных заболеваний придатков матки у женщин Томской области: автореф дис. ... докт.мед.наук. Волгоград, 2010. 46 с.
3. Долгов Г.В. Гнойно-воспалительные осложнения в оперативной гинекологии. Прогнозирование. Профилактика. СПб.: «ЭЛБИ-СПб». 2001. 173 с.
4. Земсков А.М. Типовые иммунные расстройства при различных заболеваниях. Русский медицинский журнал. 2012. №3. С. 82-87.
5. Ильина О.В. Современные подходы к диагностике и иммунотерапии при инфекционно-воспалительных заболеваниях генитального тракта. О.В.Ильина, И.А.Снимщикова, Е.П.Новикова, Е.О.Акуленко. Российский алергологический журнал. 2010. №1, вып. 1. С.72-73.
6. Краснополский В.И. Гнойная гинекология. В.И. Краснополский, С.Н. Буянова, Н.А. Щукина. М.: МЕДпресс-информ. 2006. 2-е изд., доп. 304 с., илл.
7. Крестинин С.В. Комплексная оценка эффективности топической иммунотерапии у больных с гнойно-воспалительными заболеваниями придатков матки: авторефер. дис.... канд.мед.наук.Курск, 2003. 22 с.
8. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. М.: Медиа Сфера, 2006. 312 с.
9. Ререкин И. А. Изменения цитокинового профиля женщин с острыми воспалительными заболеваниями гениталий. И.А. Ререкин, И.А. Снимщикова // Современное состояние специализированной медицинской помощи: сборник трудов. Орел, 2006. С. 250-254.
10. Серов В.Н. Иммуно- и репаративная терапия в комплексном лечении воспалительных заболеваний гениталий у женщин. В.Н. Серов, В.Л. Тютюнник, М.А. Твердикова и др. Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии. 2012. Т.9, №2. С. 57-63.

11. Снимщикова И.А. Эффективность топической иммунотерапии при кандидозных вульвовагинитах. И.А. Снимщикова, И.А. Шманева, О.В.Ильина, Е.П. Новикова. Ученые записки Орловского государственного университета. 2010. №4 (38). С. 251-255.

12. Суперлимф в комплексном лечении заболеваний урогенитального тракта. Под ред. Л.В. Ковальчука. М., 2003. 44 с.

*E.P. NOVIKOVA, I.A. SNIMSHIKOVA, I.A. REREKIN, M.S. NOVIKOV, T.S. SOBOLEVA*

**THE USE OF THE DRUG SUPERLYMPH AND ITS CLINICAL AND IMMUNOLOGICAL EFFICACY IN THE COMBINED TREATMENT OF THE PATIENTS WITH COMPLICATED FORMS OF ACUTE SALPINGOOPHORITIS**

*The aim of this study was to evaluate the effectiveness of clinical and immunological use of local cytokinotherapy with the help of the drug Superlymph in the combined treatment of patients with complicated acute inflammatory diseases of the uterus with the criteria developed by the individual prognosis of the likely outcomes of acute salpingoophoritis. The studies showed that inclusion of the drug Superlymph in the sequence of drug administration for the treatment of patients with complicated acute salpingoophoritis can successfully correct the imbalance in the T-mediated immunity and cytokine status, reduce the duration and severity of the main symptoms of the disease and reduces the risk of the acute chronic inflammation.*

*Key words: acute and compicated inflammatory diseases of the uterus, Superlymph, clinical and immunological efficacy of the treatment.*



**О.И. ОХОТНИКОВ**

доктор медицинских наук, профессор, проректор по непрерывному образованию и лечебной работе Курского государственного медицинского университета

E-mail: oleg\_okhotnikov@mail.ru

Тел. 8 910 7402092

**Е.В. БЛИЖЕНСКАЯ**

соискатель кафедры хирургических болезней ФПО, врач-хирург отделения гнойной хирургии Курской областной клинической больницы

E-mail: blikat@yandex.ru

Тел. 8 930 7605152

## ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КАРТИНЫ ТЕЧЕНИЯ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОГО ПЕРИОДА У БОЛЬНЫХ С РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ АППЕНДИЦИТА И УЛЬТРАЗВУКОВАЯ СЕМИОТИКА МЕСТНЫХ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ

*Ультразвуковой мониторинг послеоперационного периода у больных с острым аппендицитом позволил выявить общие закономерности его протекания при различных формах острого аппендицита. Программированный ультразвуковой мониторинг послеоперационного периода у больных с острым аппендицитом позволяет раньше выявить наличие послеоперационных осложнений, предложить варианты их санации методами малоинвазивной хирургии, а также уменьшить продолжительность их стационарного лечения.*

*Ключевые слова:* острый аппендицит, аппендэктомия, послеоперационный период, ультразвуковая диагностика, лучевая диапевтика.

Острый аппендицит продолжает занимать первое место среди острых хирургических заболеваний абдоминального профиля. Заболеваемость острым аппендицитом составляет 4-5 человек на 1000 населения, летальность на протяжении последних лет не уменьшается и составляет от 0,1-0,2 до 0,5% [1, 4, 7]. За год в России выполняется порядка 1 млн. аппендэктомий [3]. В литературе недостаточно данных как об особенностях течения послеоперационного периода у больных с различными видами аппендицита, так и об ультразвуковой семиотике местных послеоперационных осложнений оперативного лечения острого аппендицита и их лечения методами ультразвуковой диапевтики [1, 2, 4, 5, 6]. В связи с этим мы провели исследование особенностей ультразвуковой картины течения послеоперационного периода у больных с различными формами острого аппендицита.

Материалы и методы исследования. Для достижения поставленной цели и решения выбранных задач исследования были подвергнуты комплексному обследованию и лечению 373 пациента с острым аппендицитом (ОА). Все пациенты были разделены на основную и контрольную группы.

В контрольную группу выделены 275 пациентов, и она была разделена нами на 2 подгруппы:

1. пациенты с острым аппендицитом, находившиеся на лечении в ОКБ в 2000-2001 гг., которым выполнялось УЗИ брюшной полости (149 человек);

2. пациенты с острым аппендицитом, находившиеся на лечении в ОКБ в 2011 г., у которых также выполнялось первичное УЗИ, но не вошедшие в основную группу (126 человек).

В основную группу вошло 98 пациентов, находившихся на лечении в отделениях общей и гнойной хирургии в 2011 гг., при обследовании и лечении которых системно использовалось ультразвуковое исследование как в до- так и послеоперационном периоде.

Это разделение связано не только с увеличением роли ультразвукового исследования при ОА, но и с внедрением в повседневную работу методов диапевтической санации послеоперационных осложнений.

С диагнозом острого аппендицита в 2000-2001 гг. в отделениях общей и гнойной хирургии ОКБ г. Курска пролечено 327 пациентов. При этом ультразвуковое исследование при поступлении было выполнено всего в 149 случаях, что составило 45,6%. УЗИ на тот момент не являлось обязательным и рутинным методом обследования у больных с острым аппендицитом, поэтому эпизоды его выполнения



были связаны с наличием специалиста по ультразвуковой диагностике в urgentные дни, типичностью клиники острого аппендицита, необходимостью диагностировать сопутствующую патологию, проводить дифференциальный диагноз и т.д.

В 2011 г. с диагнозом острый аппендицит в отделениях гнойной и общей хирургии пролечен 131 пациент (исключая пациентов, вошедших в основную группу). Ультразвуковое исследование при поступлении было выполнено 126 из них (96,1%). Очевидно, что на сегодняшний день ультразвуковое исследование у больных с подозрением на острый аппендицит входит в стандарт обследования и выполняется большинству пациентов.

В основную группу выделены пациенты, которым выполнено УЗИ брюшной полости при поступлении, а также проведен ультразвуковой мониторинг в послеоперационном периоде. Всем пациентам выполнено ультразвуковое исследование при поступлении в приемное отделение ОКБ. Далее в зависимости от поставленного ультразвукового диагноза пациенты либо были оперированы, и потом нами проводился ультразвуковой мониторинг послеоперационного периода, либо было продолжено динамическое наблюдение, включающее в себя в том числе и ультразвуковой контроль.

В ходе настоящего исследования использованы серо-шкальные эхосканеры среднего класса и подвижная рентгеновская дека с цифровой обработкой изображения. Первичная пункция патологического очага в брюшной полости осуществлялась эхотипированными иглами 17,5 G с последующим проведением по просвету иглы сверхжесткого коаксиального безопасного соразмерного с ней проводника. Целям малокалиберного дренирования соответствуют одноразовые пункционные дренажные наборы. Дренирование осуществлялось по методике Сельдингера, являющейся безопасной и универсальной для дренирования экссудативных образований в брюшной полости и забрюшинном пространстве. Полученные в ходе исследований показатели основных этапов диагностики и лечения ОА, имеющие вероятностный характер, подвергнуты статистической обработке стандартными вычислительными средствами программы "Microsoft Excel XP". В результате этой обработки были рассчитаны оценки средних значений анализируемых показателей, доверительные интервалы этих оценок, а также подтверждена по *t*-критерию достоверность равенства или различия средних значений с вероятностью безошибочного прогноза 0,95.

Результаты исследования и их обсуждение. В контрольной группе УЗИ в послеоперационном пе-

риоде выполнялось только при сомнениях в благополучном его течении, а именно: при сохраняющейся гипертермии, болевом синдроме за пределами послеоперационной раны, парезе кишечника.

В основной группе ультразвуковой мониторинг проводился всем пациентам, независимо от клинической картины течения послеоперационного периода.

В первой подгруппе контрольной группы послеоперационное УЗИ выполнено 37 пациентам (24,8%). Исследование проводилось на 2-26 сутки.

Его результаты были следующие.

1. Экссудация в ране – 11 пациентов. В 9 случаях выполнена пункция экссудата, при которой в 1 случае получена серозная жидкость, в 2 – геморрагическая, у 6 пациентов – гной в глубоких слоях раны.

Всего нагноений послеоперационной раны в подгруппе – 12, т.е. в 50% случаев диагноз поставлен на УЗИ. Необходимо отметить возможность проведения под контролем ультразвука пункции зон экссудации. Средний объем экссудата составил  $2,7 \pm 2$  мл.

2. Инфильтраты брюшной полости – 4 пациента.

3. Экссудативное поражение брюшной полости – 18 пациентов.

Пункция выполнена в 7 случаях. У 4 пациентов получен серозный экссудат, в 3 случаях диагностированы абсцессы брюшной полости. Дренирование абсцессов выполнено всем 3 пациентам: 2 – дренажами с памятью формы, 1 выполнено крупнокалиберное дренирование. УЗИ контроль после дренирования – на 6-16 сутки. В 1 – редукция экссудата и инфильтрата (дренаж удален на 9 сутки), в 2х случаях – дополнительно дренирование, все дренажи удалены на 8-9 сутки после дополнительного дренирования. Средний объем экссудата –  $23,4 \pm 16,6$  мл.

Т.о. у 33 (22,1% от всех и 89,1% от осмотренных в п/о периоде) из 37 обнаружены изменения, 16ти (10,7% и 43,2% соответственно) выполнены диапевтические вмешательства, в т.ч. дренирование абсцесса (2% и 8,1%). Средняя продолжительность лечения пациентов, дренированных под контролем УЗИ, –  $36,8 \pm 12,5$ .

В 2011 г. послеоперационное УЗИ проводилось 23 пациентам контрольной группы (18,25%) на 3-14 сутки. Выявленные находки:

1. Экссудация в ране – 5 пациентов, всем произведена пункция, получен серозно-геморрагический экссудат. Средний объем экссудата  $2,8 \pm 1,4$  мл.

2. Инфильтраты брюшной полости – 11.

3. Экссудативное поражение брюшной полости – 6, при пункции получен серозно-геморрагический

экссудат. Средний объем экссудата  $24,6 \pm 13,4$  мл. 1 пациенту выполнено дренирование ДПФ (дренаж удален на 10 сутки после дренирования, продолжительность лечения – 24 к/д).

4. Паракультевые абсцессы – 3 пациента. Одному из них выполнено дренирование с памятью формы, на 11 сутки выписан с дренажем. Двум дренирование не проводилось, выполнялся динамический ультразвуковой контроль. На 17-20 сутки – только незначительный инфильтрат.

Таким образом, у 19 (15,5% от всех и 82,6% от осмотренных в послеоперационном периоде) из 23 пациентов при ультразвуковом контроле обнаружены изменения, в 10 случаях (7,9% и 43,5% соответственно) потребовавшие диапевтического вмешательства, в т.ч. 1 дренирование абсцесса, 1 дренирование гематомы брюшной полости (1,6% и 8,6%). Продолжительность лечения пациентов, которым выполнялось дренирование, –  $28,6 \pm 7,1$  к/д.

В основной группе послеоперационный мониторинг проводился всем 85 прооперированным пациентам. Исследование выполнялось дважды: на 3-4 и 5-6 сутки послеоперационного периода. Мы исследовали особенности ультразвуковой картины в послеоперационном периоде у больных с различными формами острого аппендицита. Все изменения, найденные при послеоперационном ультразвуковом скрининге больных, представлены ниже.

При выполнении ультразвукового контроля на 3-4 сутки выявлены следующие изменения.

1. Экссудация в послеоперационной ране – 13 (15,3% от всех прооперированных в экстренном порядке и после наблюдения) пациентов. В 12 случаях выполнялась пункция под контролем УЗИ. Характеристика экссудата: серозный – 5 пациентов, геморрагический – 5, инфицированная гематома – 2.

2. Инфильтрат послеоперационной раны – 8 (9,4%).

3. Инфильтраты брюшной полости – 30 (35,3%), в т.ч. паракультевые – 5 (5,9%).

4. Экссудативные образования брюшной полости – 7 (8,2%) пациентов, средний объем до 20 мл, 3 из них выполнена пункция, получен серозно-геморрагический выпот. Экссудативное поражение забрюшинного пространства – 1 (1,2%) пациент, пункция не производилась в связи с отсутствием гипертермии и незначительным количеством экссудата.

5. Культя лоцировалась у 8 (9,4%) пациентов. Размеры – от 8,5 мм в диаметре до 17,5 мм. У 4 пациентов (4,7%) – признаков воспаления культы не выявлено (средний диаметр культы  $9,5 \pm 0,7$  мм), у 4 (4,7%) визуализированная культя была сни-

женной экзогенности, с утолщенными стенками участвующих структур (средний диаметр культы –  $15,8 \pm 1,7$  мм), что было расценено как культит (рисунки 1).



Рис.1. Культит. Курсорами указана культя червеобразного отростка.

Осложнений диапевтических вмешательств (в данной рубрике – пункций под контролем УЗИ) не было.

Всем пациентам основной группы на 5-6 сутки выполнен УЗ-контроль. Выявленные изменения.

1. Сохраняется экссудация в п/о ране – 2 (2,4%) пациента, при пункции у одного получен серозный выпот, у другого геморрагический. У 2 (2,4%) пациентов при УЗИ на 3-4 сутки выпота не было, на 5-6 при пункции получен серозный экссудат.

2. Сохраняется инфильтрат брюшной полости у 17 (56,7%) пациентов. Из них у 5 (5,9%) – отрицательная динамика. У 2 (2,4%) выявлен культит, у 2 (2,4%) – выраженная инфильтрация слепой кишки (оперированы по поводу ОФА и ОГА). У 1 (1,2%) пациента выявлен паракультевой абсцесс, хотя он был прооперирован по поводу ОКА.

У 2 (2,4%) пациентов инфильтрат выявлен впервые (оперированы по поду ОФА и ОКА)

3. Сохранение экссудативного поражения брюшной полости выявлено у 3 (3,5%) пациентов. При пункции получены следующие варианты экссудата: 1 – серозный, 1 – геморрагический, 1 – серозно-фибринозный. Последней пациентке выполнено дренирование дугласова пространства дренажем с памятью формы через задний свод влагалища. Дренаж удален на 7 сутки после дренирования, выписана без дренажа на 13 к/д.

У 4 (4,7%) пациентов отмечено появление незначительной экссудации в ППО, при пункции у 3 из них получен серозный выпот, у 1 – гной. Последнему пациенту выполнено дренирование абсцесса дренажем с памятью формы, выписан с дренажем на 7 сутки после дренирования (12 к/д).

4. Эволюция лоцированных культей ЧО: в 1 случае развился культит, в 6 – регресс, в 1 – появилась паракультевой абсцесс. У 3 пациентов кюльтя ЧО впервые визуализирована на повторном УЗИ, в т.ч. одна с признаками воспаления (рисунок 2).



Рис.2. Культит.

Результаты послеоперационного мониторинга пациентов основной группы представлены в таблице №1.

Таблица 1.

Результаты послеоперационного мониторинга пациентов основной группы

Изменения при УЗИ	3-4сут.	5-6сут.	
		Сохранение	Появление
Экссудация п/о раны	13 (15,3%)	2 (2,4%)	2 (2,4%)
Инфильтрат п/о раны	8 (9,4%)	-	-
Инфильтрат б/п	30 (35,3%)	17 (56,7%)	
Экссудативное поражение б/п	7 (8,2%)	3 (3,5%)	4 (4,7%)
Кюльтя ЧО, в т.ч. культит	8 (9,4%)	2 (2,4%)	3 (3,5%)
	4 (4,7%)	2 (2,4%)	1 (2,4%)

Таким образом, в основной группе выполнены следующие диапевтические вмешательства:

1. пункция раневого экссудата – 12 при ультразвуковом контроле на 3-4 сутки, 4 – на 5-6 сутки.
2. пункция экссудативных образований брюшной полости - 3 при ультразвуковом контроле на 3-4 сутки, 7 – на 5-6 сутки.
3. дренирование с памятью формы – 2, на 5-6 сутки. 1 пациентке дренаж удален на 7 сутки. 1 пациент выписан с дренажем. Средний к/д дренированных 12,5±0,7.

Осложнений диапевтических вмешательств не было.

Эти данные представлены в таблице №2.

Таблица 2.

Диапевтические вмешательства, выполненные в послеоперационном периоде у пациентов основной группы

Диапевтическое вмешательство	3-4 сутки	5-6 сутки	Всего
Пункция раневого экссудата	12 (42,9%)	4 (14,3%)	16 (57,1%)
Пункция экссудативных образований брюшной полости	3 (10,7%)	7 (25,0%)	10 (35,7%)
Дренирование с памятью формы		2 (7,1%)	2 (7,1%)
Итого	15 (53,6%)	13 (46,4%)	28 (100%)

Таким образом, диапевтические вмешательства в послеоперационном периоде выполнены у 28 пациентов, что составило 32,9% от всех прооперированных больных.

Мы анализировали средний койко-день в контрольной и основной группах, однако в связи с отсутствием нормального распределения и неоднородности групп (длительность лечения пациентов с ОГА определяется и длительностью лечения послеоперационной раны в том числе). Выделив пациентов с ОГА отдельно, мы получили следующие показатели длительности пребывания больных в стационаре (таблица №3).

Таблица 3.

Длительность пребывания больных ОА в стационаре

	Основная группа		1 подгруппа контрольной группы		2 подгруппа контрольной группы	
	ОГА	Остальные пациенты с ОА	ОГА	Остальные пациенты с ОА	ОГА	Остальные пациенты с ОА
Средний к/д	10,7±4,3	7,9±1,8	15,9±10,3	7,9±4,9	12,8±5,7	7,5±2,3

Очевидно, что достоверных различий в длительности стационарного лечения не выявлено, хотя средний койко-день в основной группе ниже. Поэтому мы выделили отдельно пациентов, которым выполнены разнообразные диапевтические вмешательства и сравнили длительность их стационарного лечения.

Результаты представлены в следующей таблице №4.

При сравнении продолжительности стационарного лечения всех пациентов с ОА выявлено снижение средних величин, но результат не признан достоверным. Это обусловлено тем, что длительность лечения данной категории пациентов обусловлена рядом разнообразных причин, таких как длительность заживления п/о раны, наличие/отсутствие ее нагноения, сроки наложения вторичных швов и т.д. Достоверное снижение средней продолжительности лечения отмечено в категории пациентов, которым выполнено дренирование экс-

судативных образований брюшной полости под контролем УЗИ ( $36,8 \pm 12,9$  и  $28,6 \pm 7,1$  в контрольной группе до  $12,5 \pm 0,7$  в основной), хотя число степеней свободы было минимальным. Поэтому этот аспект проблемы требует дополнительного изучения и большего количества наблюдений. Очевидно, что программированный ультразвуковой мониторинг пациентов с ОА в послеоперационном периоде позволяет раньше выявить осложнения послеоперационного периода и уменьшить сроки их лечения.

Мы также проанализировали результаты послеоперационного ультразвукового мониторинга пациентов с различными формами острого аппендицита.

С диагнозом острый катаральный аппендицит было пролечено 19 (22,4%) пациентов, из них при гистологическом исследовании были выявлены следующие формы:

1. Острый катаральный аппендицит (ОКА) – 12 (14,1%);
2. неизменный червеобразный отросток (НЧО) – 3 (3,6%);
3. Хронический аппендицит (ХА) – 4 (4,6%).

При ультразвуковом контроле на 3-4 сутки послеоперационного периода выявлены:

1. экссудация в послеоперационной ране – 3 (15,8%), при пункции – серозный экссудат;
2. инфильтрат п/о раны – 2 (10,5%);
3. инфильтрат брюшной полости – 9 (47,4%), в т.ч. 3 паракультевых – (21,4%);
4. экссудативные образования брюшной полости не выявлены;
5. 3 культы лоцировалось (15,8%), из них в 2 случаях имел место культит (10,5%).

При повторном УЗИ на 5-6 сутки обнаружены следующие изменения:

1. экссудация и инфильтрация в послеоперационной ране – 0 (0%);
2. сохранение инфильтрата брюшной полости – 3 (15,8% от всех пациентов с ОКА). Из них 1 – значительно уменьшился, 1 (5,3%) – вырос в паракультевой абсцесс (дренирование не проводилось).

С диагнозом острый флегмонозный аппендицит было выписано 56 (65,9%) пациентов (подтверждено гистологическим исследованием).

Данные УЗИ-мониторинга на 3-4 сутки:

1. экссудация в ране – 11 (19,2%). В 6 случаях проводилась пункция под контролем УЗИ, получен серозный выпот;
2. инфильтрат послеоперационной раны – 6 (10,7%);
3. инфильтрат брюшной полости – 31 (55,4%), в т.ч. вокруг культы ЧО – 1 (1,7%);
4. экссудативные образования брюшной полости – 11 (19,2%). Выполнено 5 пункций, получен

серозно-геморрагический выпот. Средний объем экссудата  $8,7 \pm 6,1$  мл.

5. в 4 случаях удалось лоцировать культы ЧО (7,1%), в т.ч. 1 с признаками воспаления (1,8%).

При контрольном УЗИ на 5-6 сутки выявлены следующие изменения:

1. сохранялась экссудация в ране – 2 (3,6%), при пункции – серозный характер экссудата. Появление экссудации – 4 (7,1%), при пункции у 3 пациентов получен серозный выпот, у 1-мутный серозный;
2. сохранение инфильтрата п/о раны – 3 (5,4%);
3. сохранение инфильтрата брюшной полости у 11 (19,6%) пациентов, при этом отрицательная динамика отмечена у 2 (3,5%) из них. У 2 инфильтрат впервые выявлен при повторном УЗИ (3,5%);
4. сохранение экссудативного поражения брюшной полости отмечено у 5 (8,9%) пациентов, появление – у 2 (3,5%), в т.ч. 1 – вокруг паракультевого абсцесса;

5. эволюция лоцированных культей ЧО: в 1 случае развился культит, в 2 – регресс, в 1 – появился паракультевой абсцесс. У двух пациентов культя ЧО впервые визуализирована на повторном УЗИ.

10 пациентам основной группы с диагнозом острый гангренозный аппендицит (11,8%) также проведен ультразвуковой мониторинг послеоперационного периода. На 3-4 сутки выявлены следующие изменения:

1. экссудация в ране – не исследовалось (провизорные швы, тампоны);
2. инфильтрат брюшной полости – 5 (50,0%) пациентов;
3. экссудативные образования брюшной полости – 1 (10,0%);
4. культит – 1 (10,0%).

На 5-6 сутки выявлено:

1. сохранение инфильтрата – 2 (20,0%), причем в 1 случае имела место положительная динамика инфильтрата (10,0%);
2. сохранение экссудативных образования брюшной полости – 1 (10,0%), объем поражения 50 мл, при пункции получен геморрагический экссудат, выполнено дренирование ДПФ. У 1 пациента выявлен абсцесс ППО, также выполнено дренирование;
3. выявленный на первом УЗИ культит регрессировал, у 1 культит вновь выявлен на повторном УЗИ.

Мы проанализировали полученные данные и представили их в сводной таблице (таблица №5).

Очевидно, что ультразвуковой мониторинг послеоперационного периода у больных с острым аппендицитом позволил выявить следующие закономерности его протекания при различных формах острого аппендицита.



1. Экссудативно-инфильтративные изменения в послеоперационной ране встречались приблизительно с одинаковой частотой случаев как при катаральных, так и при флегмонозных формах острого аппендицита. Но при этом на 5-6 сутки при катаральных аппендицитах они полностью нивелировались, при флегмонозных – часть их сохранялась, а у 7,1% пациентов экссудация появилась и наблюдалась тенденция к ее инфицированию.

2. Инфильтраты брюшной полости встречались приблизительно в одинаковом количестве случаев при всех формах аппендицита, две трети из них регрессировали уже на 5-6 сутки. Треть инфильтратов при катаральных аппендицитах были паракультевыми, при этом они сохранялись и на 5-6 сутки, часть переросли в паракультевой абсцесс, не требующий оперативного вмешательства. При флегмонозных аппендицитах отмечена отрицательная динамика инфильтрата в 6,5% случаев всех инфильтратов, у 2 пациентов (3,6%) инфильтрат появился на 5-6 сутки. Особенности течения инфильтратов при

гангренозных формах острого аппендицита не наблюдалось.

3. Экссудативные образования брюшной полости были редки при катаральных формах острого аппендицита, часто наблюдались при флегмонозных, но носили при этом стерильный характер, а появляющиеся серомы после гангренозных аппендицитов имели тенденцию к нагноению (судить об их частоте по 1 случаю не представляется возможным).

4. Лоцирование культи червеобразного отростка отмечено при всех формах аппендицитов, при этом признаки их воспаления при катаральных формах отмечены чаще.

Таким образом, программированный ультразвуковой мониторинг послеоперационного периода у больных с острым аппендицитом позволяет раньше выявить наличие послеоперационных осложнений, предложить варианты их санации методами малоинвазивной хирургии, а также уменьшить продолжительность их стационарного лечения.

Таблица 4.

Длительность стационарного лечения пациентов с ОА, подвергшихся диапевтическим вмешательствам

Средний к/д	Основная группа			1 подгруппа контрольной группы			2 подгруппа контрольной группы		
	Пациенты с ОГА	Остальные пациенты с ОА	Пациенты, которым выполнялось дренирование	Пациенты с ОГА	Остальные пациенты с ОА	Пациенты, которым выполнялось дренирование	Пациенты с ОГА	Остальные пациенты с ОА	Пациенты, которым выполнялось дренирование
	16,1±4,9	8,6±2,4	12,5±0,7	25,2±21,9	14,4±6,9	36,8±12,9	17,2±2,7	12,4±2,3	28,6±7,1

Таблица 5.

Данные ультразвукового мониторинга послеоперационного периода у пациентов с различными формами острого аппендицита

Данные УЗИ	ОКА (n=19)		ОФА (n=56)			ОГА (n=10)		
	3-4сут.	5-6сут.	3-4сут.	5-6сут.		3-4сут.	5-6сут.	
		Сохр.		Сохр.	Появл.		Сохр.	Появл.
Экссудация п/о раны	3 (15,8%)	-	11 (19,2%)	2 (3,6%)	4 (7,1%)	-	-	-
Инфильтрат п/о раны	2 (10,5%);	-	6 (10,7%)	3 (5,4%)	-	-	-	-
Инфильтрат б/п	9 (47,4%)	3 (15,8%)	31 (55,4%)	11 (19,6%)	2 (3,5%)	5 (50,0%)	2 (20,0%)	-
Экссудативное поражение б/п	-	-	11 (19,2%)	5 (8,9%)	2 (3,5%)	1 (10,0%)	1 (10,0%)	1 (10,0%)
Культи ЧО, в т.ч. культит	3 (15,8%) 2 (10,5%)	- -	4 (7,1%) 1 (1,8%)	1 (1,2%)	2 (3,5%)	1 (10,0%)	1 (10,0%)	1 (10,0%)



**Библиографический список**

1. Андреев А. В., Приходько А. Г., Половинко И. Н. Ультразвуковая диагностика и малоинвазивные вмешательства у больных с осложнениями острого аппендицита. «Радиология 2004»: Материалы Всероссийского научного форума «Достижения и перспективы современной лучевой диагностики». Москва, 2004. С. 10-11.
2. Бойко В.В. Хирургический подход к лечению внутрибрюшных послеоперационных гнойных осложнений / В.В.Бойко, И.А.Криворучко, Н.К.Голобородько. Клінічна хірургія. 2003. №4-5, С. 10-11.
3. Ибадильдин А.С., Кравцов В.И. Место релапаротомии в лечении осложнений после аппендэктомии. Скорая медицинская помощь. 2004. Т. 5, № 3. С. 38-39.
4. Кригер А.Г., Шуркалин Б.К., Глушков П.С. и др. Диагностика и лечение послеоперационных внутрибрюшных осложнений. Хирургия 2003; №8. С. 19-23.
5. Бебуришвили А.Г., Михин И.В., Акинчиц А.Н. Малоинвазивные технологии в коррекции интраабдоминальных послеоперационных осложнений. Материалы Всероссийского научного форума «Хирургия 2005», Москва, С. 21-23.
6. Косильников С.О., Карпенко С.О., Тарнопольский С.О. и др. Применение миниинвазивных технологий в лечении абсцессов брюшной полости и забрюшинного пространства // Клінічна хірургія. 2009 №11-12, С. 47-48.
7. Goletti O. Percutaneous Ultrasound-guided drainage of intra-abdominal abscesses / O. Goletti // Br. J. Surg. 2000. 80(3): 336-9.

**O.I. OKHOTNIKOV, E.V. BLIZHENSKAIA**

**SPECIFICITY OF POSTOPERATIVE ULTRASOUND MONITORING IN DIFFERENT CASES OF ACUTE APPENDICITIS AND ULTRASOUND SEMIOTICS OF LOCAL POSTOPERATIVE COMPLICATIONS**

*Ultrasound postoperative monitoring of patients with acute appendicitis let us to define general principles of its course in different cases of the disease. Programmable postoperative ultrasound monitoring of patients with acute appendicitis allows one to diagnose postoperative complications, to suggest sanitations procedures by means of minimally invasive surgery and also to decrease hospitalization period.*

*Key words: acute appendicitis, appendectomy, postoperative period, ultrasound diagnostics, radial diapervic.*

Ю.Н. ПАНИНА

врач отделения для ветеранов войн Орловской  
областной клинической больницы  
Тел. (4862) 55 87 91

## ФАКТОРЫ РИСКА ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ СЕРДЦА У ЛИЦ МОЛОДОГО ВОЗРАСТА

*В статье рассмотрены факторы риска ишемической болезни сердца у лиц молодого возраста.*

*Ключевые слова:* ишемическая болезнь сердца, атеросклероз, инфаркт миокарда, факторы риска.

Заболевания сердечно-сосудистой системы являются ведущей причиной смертности и инвалидности во всем мире. По данным исследователей, в Российской Федерации смертность от сердечно-сосудистых заболеваний в 8 раз выше, чем во Франции, и составляет примерно 58% от общей структуры смертности. Ежегодно от сердечно-сосудистых болезней в нашей стране умирает более 1,2 миллиона человек, в то время как в Европе чуть более 300 тыс. Ведущая роль в структуре смертности от сердечно-сосудистых заболеваний принадлежит *ишемической болезни сердца (ИБС)* – 35%. Если так продолжится и далее, то население России к 2030 году может составить примерно 85 млн.

Особую озабоченность и тревогу у клиницистов вызывает наметившаяся неблагоприятная тенденция к «омоложению» коронарной болезни сердца. Известно, что у лиц моложе 40 лет частота этого заболевания составляет 0,1-0,6 на 1000 мужчин и 0,03-0,4 на 1000 женщин; это примерно 2-7 % от всех инфарктов миокарда, регистрируемых в возрасте до 65 лет. При беременности он возникает обычно в 1 случае на 10000 родов. Анализ заболеваемости инфарктом миокарда свидетельствует о ее преимущественном росте за счет молодого возраста.

Сложным и трудным для клинического изучения является вопрос о причинах возникновения инфаркта миокарда у лиц молодого возраста. Возможные причины развития инфаркта миокарда у лиц молодого возраста:

- ранние атеросклеротические изменения венечных артерий;
- вазорегуляторные нарушения коронарного кровотока, приводящие к спазму венечных артерий миокарда;
- нарушения свертывающей и противосвертывающей систем крови с последующими тромбозами и тромбоземболиями сосудов сердца;
- инфекционно-аллергические или токсические поражения коронарных артерий с их вторичным фиброзом;
- артериопатии невоспалительного характера;

- аномалии развития коронарных артерий;
- идиопатическое расслоение венечных сосудов сердца и др.

Атеросклероз является ведущим фактором коронарной недостаточности и обнаруживается примерно в 90-92 % случаев. У женщин развитие атеросклеротических изменений в венечных сосудах сердца «отстает», по сравнению с мужчинами, в среднем на 10 лет в Европейском регионе и на 15 лет в Среднеазиатском. При этом считается, что распространенность ишемической болезни сердца в каждом последующем десятилетии жизни увеличивается почти в 2 раза. Полагают, что если у мужчин молодого возраста преобладают атеросклеротические причины инфаркта миокарда, то у женщин ведущую роль играет неатеросклеротический генез этого заболевания. При коронарографическом исследовании, согласно данным литературы, у мужчин и женщин, перенесших инфаркт миокарда в возрасте от 18 до 35 лет, стеноз нескольких коронарных артерий выявлен у 92 % мужчин и только у 23 % женщин.

В настоящее время не вызывает сомнений, что атеросклероз закладывается еще в детском и юношеском возрасте. Большое значение в развитии атеросклероза отводится трем факторам:

- тромбогенному (активация тромбоцитов и системы свертывания крови);
- нарушению функции эндотелия сосудов (вследствие его повреждения, старения, ухудшения регенерации);
- изменениям липидного и углеводного обмена. Считают, что инфаркт миокарда у лиц молодого возраста обычно развивается двумя путями. При поражении одной коронарной артерии главную роль играет тромбоз, причем после спонтанного лизиса тромба ангиографически не выявляется причина некроза миокарда. Чем старше возраст больных, тем чаще наблюдается прогрессирующее атеросклеротическое поражение коронарных артерий с вовлечением в процесс нескольких сосудов.

К факторам риска, способствующим ускоренно-

му развитию атеросклероза у лиц молодого возраста, относятся:

- неблагоприятная по ИБС наследственность;
- дислиппротеидемия;
- курение;
- артериальная гипертензия;
- избыточная масса тела;
- малоподвижный образ жизни;
- психологический поведенческий тип А;
- прием гормональных противозачаточных средств;
- нарушенная толерантность к глюкозе.

При сравнительном анализе значимости факторов риска ИБС у больных моложе и старше 40 лет, перенесших инфаркт миокарда, выявлено, что у лиц молодого возраста из факторов риска чаще встречаются ожирение, гиперлипидемия, курение, сахарный диабет, атеросклероз у родственников, а у больных старше 40 лет - артериальная гипертензия. Особенно характерно для лиц молодого возраста, перенесших инфаркт миокарда, сочетание нескольких факторов риска. Известно, что при наличии неблагоприятной наследственности частота возникновения стенозов в коронарных артериях возрастает в 2 раза, а внезапной смерти – в 4 раза. Для женщин моложе 40 лет главными факторами риска являются артериальная гипертензия, гиперлипидемия и наличие атеросклеротических заболеваний у родственников. Немаловажным фактором риска у них считается также прием гормональных противозачаточных средств эстрогенно-прогестинового ряда, которые используют примерно 20-40 % женщин. Под влиянием этих препаратов увеличивается вязкость крови и, вероятно, активность свертывающей системы крови, что приводит к тромбоэмболическим осложнениям, инфаркту миокарда. Необходимо помнить также об атерогенном влиянии противозачаточных средств на обмен веществ. Особенно резко возрастает риск возникновения инфаркта миокарда при использовании их женщинами, которые курят. Важным и независимым фактором риска ИБС является дислиппротеидемия, характер которой у больных молодого и пожилого возраста весьма схож. Независимо от уровня холестерина в сыворотке крови и артериального давления значительно повышается риск развития ИБС у курящих. Из числа больных, перенесших инфаркт миокарда в молодом возрасте, курение как фактор риска ИБС отмечалось у 89. Поэтому наблюдающееся в последние годы увеличение частоты инфаркта миокарда у людей молодого возраста достаточно убедительно объясняют более ранним началом курения. Справедливо в связи с этим и утверждение о том, что инфаркт миокарда у лиц молодого возраста –

это, прежде всего, болезнь мужчин-курильщиков с отягощенным семейным анамнезом. Так, риск развития коронарной болезни сердца у курильщиков в 1,5 раза выше, чем у некурящих, а при курении более 20 сигарет в день – в 2 раза. По сравнению с некурящими женщинами, инфаркт миокарда у бывших курильщиц наблюдается в 2,1 раза чаще. Установлено, что курение повышает активность липопротеиновой липазы, за счет чего содержание липопротеидов высокой плотности уменьшается, а это, в свою очередь, приводит к ускоренному развитию атеросклероза. Кроме того, никотин повышает потребность миокарда в кислороде и усиливает агрегацию тромбоцитов, провоцируя тромбообразование в коронарных сосудах.

Увеличение частоты инфаркта миокарда у лиц молодого возраста связано и с возрастанием количества стрессовых ситуаций, снижением физической активности. Даже у школьников отмечено увеличение артериального давления, уменьшение физических нагрузок. Риск развития инфаркта миокарда и внезапной коронарной смерти прямо связан с поведенческим типом А. Повышенная поведенческая активность людей типа А, сопровождающаяся их постоянной эмоциональной напряженностью, приводит к достоверному повышению концентрации в крови АКТГ, кортизола, норадреналина, способствуя возникновению атерогенных сдвигов в липидном обмене. Возникновению инфаркта миокарда у лиц молодого возраста нередко способствуют неблагоприятные психосоциальные условия. У перенесших инфаркт миокарда достоверно чаще отмечается сочетание высоких требований к качеству выполняемой работы с ее монотонностью и отсутствием возможностей для повышения квалификации. На фоне атеросклероза коронарных артерий нервное перенапряжение может сыграть роль пускового механизма, приводящего к острой коронарной недостаточности.

В генезе инфаркта миокарда особое значение имеют нарушения свертывающей и противосвертывающей систем крови. При атеросклерозе коагулирующие свойства крови усиливаются, характеризуются увеличением содержания протромбина, тромбина, V и VII факторов, фибриногена, а также тромбопластической активности крови. При этом отмечается и угнетение противосвертывающей системы крови за счет снижения количества свободного гепарина и фибринолитической активности крови.

Риск возникновения инфаркта миокарда весьма велик у лиц молодого возраста, имеющих профессиональный контакт с тяжелыми металлами и вредными микроэлементами (Pb, Hg, Mn, Sn, Zn) из-за

опасности развития токсических коронаритов.

Из причин развития инфаркта миокарда в молодом возрасте можно назвать также воспалительно-аллергические изменения коронарных сосудов. Описан некроз миокарда, возникший вследствие коронаритов при ревматизме, подостром септическом эндокардите, болезнью Такаясусу, Кавасаки. Коронариты воспалительно-аллергической этиологии или токсическое поражение венечных артерий сердца приводят к их вторичному фиброзу и кальцинозу, способствуя проявлению коронарной недостаточности у лиц молодого возраста. При болезни Такаясусу, в отличие от ИБС, поражаются устья коронарных артерий или их проксимальные участки, а гистологически отмечаются гиперплазия всех слоев артерии, отек, дезорганизация соединительной ткани, участки фибриноидного некроза и фиброза. Возникновение коронарной недостаточности у больных с аортитом Такаясусу связано также с аортальной регургитацией. Снижение коронарной перфузии вследствие низкого диастолического давления и увеличение конечно диастолического давления в левом желудочке способствуют развитию субэндокардиальной ишемии. Болезнь Кавасаки – аутоиммунное заболевание неясной этиологии, поражающее преимущественно мальчиков. Для этого заболевания характерно довольно частое вовлечение в процесс коронарных артерий с последующим образованием аневризм, окклюзионных поражений, массивных тромбов, что может обусловить развитие инфаркта миокарда.

К редким и недостаточно изученным синдромам, приводящим к развитию инфаркта миокарда у лиц молодого возраста, относится синдром Снеддона – прогрессирующая окклюзирующая артериопатия невоспалительного характера, при которой поражаются артерии мелкого или среднего калибра, в том числе и коронарные сосуды сердца. Возникновение инфаркта миокарда при этом объясняется мышечно-эластической гиперплазией интимы коронарных артерий с последующим сужением или окклюзией их просвета.

Единичные случаи развития инфаркта миокарда наблюдаются у больных с интермиттирующей порфирией, характеризующейся, наряду с поражением периферической части вегетативной нервной системы, изменениями сердечно-сосудистой системы. К довольно редким причинам инфаркта миокарда в молодом возрасте относят также аномалии развития крупных коронарных артерий, которые обнаруживаются в 0,8 % случаев, а также идиопатическое расслоение коронарных артерий. Спонтанное расслоение коронарных артерий приводит к высокой летальности: лишь 1/3 больных выживает в течение

первых 24 ч от начала болевого приступа, причем и в последующие дни частота смертельных исходов также остается высокой. Обычно расслоение происходит в проксимальной части левой коронарной артерии. При этом гистологически в медию обычно выявляют гематому, сдавливающую просвет сосуда, и локальное периадвентициальное воспаление. Причина заболевания по-прежнему не известна. Предполагается, что в его генезе немаловажное значение могут иметь гормональные нарушения и дефекты метаболизма коллагена. Возникновение идиопатического расслоения коронарных артерий возможно прежде всего при развитии инфаркта миокарда у женщин молодого возраста спустя некоторое время после родов.

Следует отметить, что инфаркт миокарда у людей молодого возраста чаще развивается без предшествующих эпизодов стенокардии, на фоне кажущегося полного здоровья. Согласно данным литературы, приступы стенокардии до развития инфаркта миокарда регистрировались лишь у 35% больных с коронарографически выявленным поражением коронарных артерий. После перенесенного инфаркта миокарда частота типичных ангинозных проявлений у этих больных молодого возраста увеличивалась до 65 %. Известно, что течение инфаркта миокарда у людей молодого возраста менее благоприятное, чем у лиц старшей возрастной группы. Это относится к глубине и обширности некроза миокарда, а также к частоте развития постинфарктных аневризм. Действительно, у 80 % лиц молодого возраста регистрируется трансмуральный инфаркт миокарда больших размеров, причем у 27 % больных острая фаза инфаркта миокарда сопровождается развитием желудочковых нарушений сердечного ритма. Несколько реже у этих больных в связи с более совершенными компенсаторными механизмами наблюдаются симптомы сердечной декомпенсации. Однако частота последних резко увеличивается при возникновении повторных инфарктов миокарда, отмечающихся в среднем у 8,6 % больных. Понятно, что развитие грозных проявлений сердечной недостаточности обуславливает необходимость назначения кардиотонических средств. Вместе с тем, поскольку чувствительность пораженного миокарда к токсическому действию гликозидных кардиотонических средств, чаще всего применяющихся при этом в клинической практике, резко возрастает, возникает необходимость в лекарственной коррекции сниженной толерантности к сердечным гликозидам с помощью фармакопротекторов от их кардиотоксичности.

Таким образом, анализ данных литературы свидетельствует о различиях факторов коронар-

ного риска, клинических характеристик инфаркта миокарда, коронарографической картины и возможных патогенетических механизмов развития инфаркта миокарда у больных молодого возраста по сравнению с лицами пожилого и старческого

возраста. Несомненно, эти особенности необходимо учитывать при проведении дифференциальной диагностики кардиалгии и назначении лечебных мероприятий, направленных на восстановление трудоспособности лиц молодого возраста.

#### Библиографический список

1. Болдуева С.А., Шабров А.В., Нестеренко А.О. и др. Факторы, влияющие на наступление внезапной смерти, и стратификация на группы риска больных, перенесших инфаркт миокарда. Кардиология. 2006. Т.46, № 6. С. 64-65.
2. Когламазашвили А.И. Состояние клеточно-гуморальных факторов системы гемостаза при ангионевротической стенокардии и инфаркте миокарда у больных молодого возраста : дис. . д-ра мед. наук. Тбилиси, 1991. 258 с.
3. Гордиенко А.В. Структура летальных исходов у людей молодого и среднего возраста, перенесших инфаркт миокарда. Гордиенко А.В., Гуляев Н.И., Яковлев В.В., Маркевич Н.С., Сотников А.В. Научные труды IX международного конгресса «Здоровье и образование в XXI веке». «Влияние космической погоды на биологические системы в свете учения А. Л. Чижевского». М.: РУДН, 2008.
4. Скрибник Э.Я. Редкие варианты инфаркта миокарда у больных молодого возраста. Клинич. медицина. 1991. Т. 69, № 11. С. 32-35.
5. Гуляев Н.И. Диастолическая дисфункция в постинфарктном периоде у лиц молодого и среднего возраста. Гуляев Н.И., Гордиенко А.В., Сотников А.В. Вести. Рос. Воен.-мед. акад. Прил. ~ 2009. - №1 (25), ч. 2: IX Всерос. науч.-практ. конф. «Актуальные вопросы клиники, диагностики и лечения больных в многопрофильном лечебном учреждении»: материалы конф. С. 546.

U.N. PANINA

#### RISK FACTORS OF THE ISCHEMIC HEART TROUBLE AT PERSONS OF YOUNG AGE

*In article risk factors of an ischemic heart trouble at persons of young age are considered.*

*Key words: Ischemic heart trouble, atherosclerosis, myocardiumheart attack, risk factors.*



**Ю.Н. ПАНИНА***врач отделения для ветеранов войн Орловской областной клинической больницы  
Тел. (4862) 55 87 91***А.П. ЯКОВЛЕВ***доктор медицинских наук, профессор кафедры психиатрии и неврологии Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 46 58 51, 45 37 23***ЛАБОРАТОРНЫЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ  
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕЧЕНИЯ ИНФАРКТА МИОКАРДА**

*В статье рассмотрены лабораторные и инструментальные аспекты прогнозирования течения инфаркта миокарда.*

*Ключевые слова: инфаркт миокарда, прогнозирование, лабораторная и инструментальная диагностика, сердечно-сосудистая система.*

Инфаркт миокарда в течение многих лет является одной из главных причин инвалидизации и смертности населения во многих экономически развитых странах. В Российской Федерации в 2010 году заболеваемость инфарктом миокарда составила 155,3 тыс. ч., умерло более 60 тысяч человек. Госпитальная летальность сохраняется на уровне 15 – 20% при первичном инфаркте миокарда и достигает 40% при повторном. В Орловской области заболеваемость инфарктом миокарда – 1400 чел. (17,3%) в 2010 г. Таким образом, инфаркт миокарда является не только медицинской, но и важной социальной проблемой современного общества.

Стоимость лечения включает в себя обслуживание машин скорой медицинской помощи и затраты на нахождение в стационаре, включая дорогостоящее реанимационное отделение, а затем и наблюдение в течение 6 месяцев на амбулаторном этапе лечения, затраты на медикаменты и т. д. Смерть от инфаркта миокарда человека трудоспособного возраста — это значительная экономическая потеря для государства, существенно превышающая затраты на лечение в случае его благополучного исхода. В силу демографических процессов, происходящих в России, в настоящее время трудовые ресурсы постоянно сокращаются, поэтому потеря каждого трудоспособного человека, способного благодаря своим знаниям и навыкам производить ВВП, очень значима. Так в 2010 году ВВП на 1 занятого в экономике составил 436 тыс. руб., а затраты системы здравоохранения на лечение 1 пациента с инфарктом миокарда составили 57 тыс. руб.

В последние несколько лет наметилась тенденция к снижению смертности от сердечно-сосудистых заболеваний. Это стало возможным в связи с более широким внедрением тромболити-

ческой терапии, в том числе и на догоспитальном этапе, и высокотехнологичных методов восстановления проходимости коронарных артерий.

В настоящее время доказано, что основной причиной развивающегося инфаркта миокарда является тромбоз коронарных артерий, возникающий, как правило, на месте имеющейся атеросклеротической бляшки с поврежденной поверхностью. Поэтому основной патогенетический метод лечения инфаркта миокарда – это скорейшее восстановление проходимости пораженной инфаркт-связанной артерии, а также борьба с её реокклюзией. С целью восстановления коронарного кровотока в настоящее время используются тромболитическая терапия, ангиопластика, аортокоронарное шунтирование. На сегодня тромболитическая терапия – самый доступный путь достижения коронарной реперфузии у больных инфарктом миокарда. Тромболитическая терапия успешно восстанавливает антеградный кровоток у 60-90% пациентов. Если тромболитическая терапия безуспешна, кровоток, как правило, может быть восстановлен при помощи транслюминальной ангиопластики, проводимой немедленно после неудачного тромболитизиса. Создание четкого алгоритма оценки эффективности тромболитизиса позволит провести точный отбор пациентов для ангиопластики и избежать необоснованных экстренных катетеризаций.

Оценка степени риска при остром инфаркте миокарда необходима для выявления тех больных, у кого определенные медицинские вмешательства могут улучшить клинические исходы. На прогноз после перенесенного инфаркта миокарда оказывают влияние такие факторы, как возраст больного, пол, наличие инфаркта миокарда в анамнезе, сахарный диабет, артериальная гипертензия, дислипидемия,

курение и предшествующие цереброваскулярные события. Ведущее место в работах по определению прогноза жизни больных с ишемической болезнью сердца занимают тесты с физической нагрузкой, сочетающие возможность многосторонней оценки состояния сердечно-сосудистой системы. Нагрузочный тест позволяет косвенно судить о степени снижения насосной функции левого желудочка, о характере индуцируемой нагрузкой ишемии миокарда и нарушениях ритма. В настоящее время этот метод используется как тест первой ступени для оценки степени риска кардиологических больных, определяющий дальнейшее направление исследования.

Совершенствование лабораторной и инструментальной диагностики позволило расширить возможности врача в прогнозировании течения инфаркта миокарда. Роль нарушения процессов перекисного окисления липидов при остром инфаркте миокарда хорошо изучена, однако остается открытым вопрос о диагностической ценности этих изменений в разные сроки заболевания и их связи с развитием различных осложнений инфаркта миокарда. В последние годы появились сообщения о том, что некоторые показатели, в частности С-реактивный белок, гомоцистеин, могут быть маркерами неблагоприятного течения инфаркта миокарда.

В последние годы активно изучается значение неинвазивных показателей для прогнозирования ближайших и отдаленных исходов инфаркта миокарда. Сравнительно новым неинвазивным методом оценки прогноза у больных инфарктом миокарда является исследование вариабельности ритма

сердца, обладающей независимой прогностической ценностью в определении риска смерти и, как полагают, позволяющей оценить вегетативную регуляцию сердечной деятельности у данной категории больных. Клиницистам трудно разобраться в потоке информации, исходящей из различных научных центров, и выбрать из множества обсуждаемых переменных (корректированных и некорректированных) наиболее воспроизводимые и прогностически важные показатели, равно как и определиться со сроками их регистрации. Несмотря на то, что исследованию дисперсии QT и вариабельности ритма сердца при остром инфаркте миокарда посвящено значительное количество работ, многие вопросы еще требуют уточнения. В частности, представляет интерес, зависят ли данные электрокардиографические показатели от клинических особенностей инфаркта миокарда, наличия или отсутствия реперфузии после проведенной тромболитической терапии.

Таким образом, представляется актуальным разработка эффективного критерия оценки эффективности тромболитической терапии, оценка прогностического значения нарушений в системе перекисного окисления липидов и гемостаза, роль С-реактивного белка и гипергомоцистеинемии в прогнозировании течения инфаркта миокарда, влияние неинвазивных диагностических тестов на отдаленный прогноз заболевания в зависимости от эффективности тромболитической терапии и наличия осложнений, проведение многофакторного анализа показателей с целью выявления наиболее четких маркеров тяжести течения инфаркта миокарда после системного тромболизиса.

#### Библиографический список

1. Кокорин В.А., Гордеев И.Г., Люсов В.А., Волов Н.А., Ильина Е.Е., Матюшков Н.С. Эволюция лечения инфаркта миокарда по данным проспективного наблюдения Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2006, 5; 6 (приложение). С. 184 – 185.
2. Кокорин В.А., Гордеев И.Г., Люсов В.А., Волов Н.А., Ильина Е.Е., Кокориным И.А. Результаты лечения инфаркта миокарда в стационарном и отдаленном периодах по данным 8-летнего наблюдения Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2006, 5; 6 (приложение) С. 185.
3. Влияние гипергомоцистеинемии на клиническое течение инфаркта миокарда. Кардиоваскулярная терапия и профилактика, 2005, 4; 4(приложение) С. 197.
4. Федулаев Ю.Н., Гордеев И.Г., Клыков Л.Л., Щелкунова И.Г., Ромашенко О.В. О взаимосвязи дисперсии интервала QT, продолжительности ишемии миокарда и степени выраженности коронарного атеросклероза у больных ИБС с эпизодами безболевого ишемии миокарда. Российский кардиологический журнал, №5 2006г. С.29 – 33.
5. Люсов В.А., Волов Н.А., Гордеев И.Г., Цеденовой Е.А. Динамические изменения фракции выброса ЛЖ и толерантности к физической нагрузке у больных с малосимптомным течением ИБС, перенесших инфаркт миокарда и тромболитическую терапию, в ближайшем и отдаленном периодах в зависимости от тактики лечения. Сборник материалов 14 Российского национального конгресса «Человек и лекарство» 16-20 апреля 2007, С. 400-401.
6. Корочкин И.М., Федулаев Ю.Н., Клыков Л.Л. и др. Организационно-методический опыт формирования групп риска для последующей инструментальной диагностики безболевого ишемии миокарда. Медицинский

вестник МВД, №6, 2007.

7. Волов Н.А., Цеденова Е.А. Выбор метода диагностики для оценки степени риска сердечно-сосудистых осложнений и летальности у больных Q-образующим инфарктом миокарда. Российский кардиологический журнал. №4 (66). 2007. С. 81-88.

*Y.N. PANINA, A.P. JAKOVLEV*

**LABORATORY AND TOOL ASPECTS OF FORECASTING  
OF THE CURRENT OF THE HEART ATTACK OF THE MYOCARDIUM**

*In article laboratory and tool aspects of forecasting of a current infarct a myocardium are considered.*

*Key words: myocardiumheart attack, forecasting, laboratoryand tool diagnostics, cardiovascular system.*

**Д.И. ПИСАРЕВ**

кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры фармацевтической химии и фармакогнозии Белгородского государственного университета

E-mail: pisarev@bsu.edu.ru

**О.О. НОВИКОВ**

доктор фармацевтических наук, зав. кафедрой фармацевтической химии и фармакогнозии Белгородского государственного университета

E-mail: novikov@bsu.edu.ru

**Н.В. АВТИНА**

кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры фармацевтической технологии, управления и экономики здравоохранения Белгородского государственного университета

E-mail: avtina@bsu.edu.ru

**Н.А. ПИСАРЕВА**

студентка фармацевтического факультета Белгородского государственного университета

E-mail: 443630@bsu.edu.ru

## ХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЛИСТЬЕВ РЕПЕШКА ОБЫКНОВЕННОГО

*В статье изложены данные о химическом изучении листьев репешка обыкновенного как перспективного источника биологически активных полифенолов-флавоноидов, оксикоричных кислот, процианидинов. Методами высокоэффективной жидкостной хроматографии и масс-спектрометрии установлен качественный состав основных фенольных соединений репешка обыкновенного, который включает в себя флавоноиды производные лютеолина, оксикоричные кислоты – кофейную и хлорогеновую и процианидины. Наличие флавоноидов, оксикоричных кислот и процианидинов в листьях репешка обыкновенного открывает широкую перспективу для получения лекарственных препаратов антиоксидантного, противовоспалительного, противодиабетического и противовирусного действия.*

*Ключевые слова:* листья репешка обыкновенного, высокоэффективная жидкостная хроматография, масс-спектрометрия, флавоноиды, оксикоричные кислоты, процианидины.

В последние годы во всем мире возрастает интерес к лекарственным препаратам, созданным на основе природного сырья, поскольку они не обладают теми недостатками, которые свойственны многим средствам синтетического происхождения. Перспективным для использования в научной медицине растением является репешок обыкновенный.

Репешок обыкновенный – *Agrimonia eupatoria* в настоящее время не является официальным растительным сырьем в нашей стране, хотя успешно применяется в нетрадиционных лечебных практиках [3].

По последним данным зарубежных исследователей, у репешка обыкновенного выявлен ряд интересных фармакологических свойств. В первую очередь следует подчеркнуть влияние полифенольных соединений репешка на ингибирование вируса гепатита В, герпеса, гриппа и вируса Ауески. Также в эксперименте у спиртовых извлечений выявлено

противодиабетическое, антиоксидантное и противовоспалительное действие [2].

Вышеперечисленные фармакологические эффекты определяют несомненную актуальность всестороннего изучения данного растения, в том числе с позиции химического состава. Это позволит разработать нормативную документацию на данное растение, а также получать лекарственные формы на его основе и успешно проводить их стандартизацию.

Поскольку действующим началом репешка обыкновенного следует считать полифенольный комплекс, следовательно, целью настоящего исследования является изучение химического состава полифенольного комплекса репешка обыкновенного с использованием передовых физико-химических методов.

Объектом настоящего исследования явились листья репешка обыкновенного.

Результаты анализа доступных нам литературных источников свидетельствуют о разноречивых данных в отношении химического состава репешка обыкновенного. Поэтому в задачу фитохимического анализа входило установление качественного состава основных действующих веществ репешка обыкновенного.

#### Материалы и методы исследования

Поскольку действующие вещества репешка обыкновенного – полифенольные соединения, то на первом этапе был подобран оптимальный экстрагент для получения полифенольного комплекса.

Для этого сырьё экстрагировали методом циркуляционной экстракции в аппарате Сокслета последовательно спиртом этиловым 96%-ным, 70%-ным и 40%-ным.

Полученные извлечения отстаивали в холодильнике в течение 3-х суток. Выпавшие осадки отфильтровывали под вакуумом с помощью колбы Бунзена и воронки Бюхнера.

Полученные фракции далее анализировали на предмет содержания фенольных соединений. В основу анализа положен метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Анализ проводили на хромато-масс-спектрометре *Agilent Technologies 1260 Infinity*.

При выборе условий хроматографирования испытывались различные подвижные фазы состава ацетонитрил – фосфорная кислота – вода (I), спирт этиловый – уксусная кислота – ацетонитрил (II), 10%-ный раствор уксусной кислоты в спирте этиловом (III). В ходе эксперимента установлено, что при элюировании в градиентном режиме с применением первых двух элюентов с изменением концентрации ацетонитрила от 2% до 80% удовлетворительных результатов не получено. Наибольшей селективностью по отношению к разделяемым компонентам обладала подвижная фаза – 10%-ный раствор кислоты уксусной в спирте этиловом.

Для хроматографирования использовали следующие условия: колонка -ZORBAX SB-C18 600 Var, 2,1×150mm, 1,8µm, давление = 350-380 bar, скорость подачи подвижной фазы 0,150 см<sup>3</sup>/мин, температура колонки – 25°C, детекцию проводили в диапазоне длин волн от 220 – 400 нм. Сигналы регистрировали при длинах волн  $\lambda = 250$  и 370 нм.

Установление строения полученных после хроматографирования веществ проводили с помощью УФ-детектора и масс-спектрометрически. Масс-спектры исследуемых веществ определяли после разделения на хроматографе, собирали элюаты и регистрировали на приборе масс – спектрометр «Autoflex II» «MALDI TOF/TOF» фирмы Bruker Daltonics.

Пробу полученных элюатов наносили на мишень «MTP 384 target plate matt steel TF», высушивали и сверху наносили каплю матрицы. В качестве матрицы использовали  $\alpha$ -цианокоричную кислоту, регистрацию спектров вели с помощью программы «Flex Control», обработку данных осуществляли в программе «Flex Analis».

#### Результаты и их обсуждение

При анализе 96%-ного и 40%-ного извлечений из травы репешка обыкновенного установлено, что содержание фенольных компонентов в них небольшое.

Анализ хроматограммы, полученной при элюировании 70%-ного извлечения из репешка, свидетельствует о присутствии в основном компонентов фенольного характера (рисунок 1).

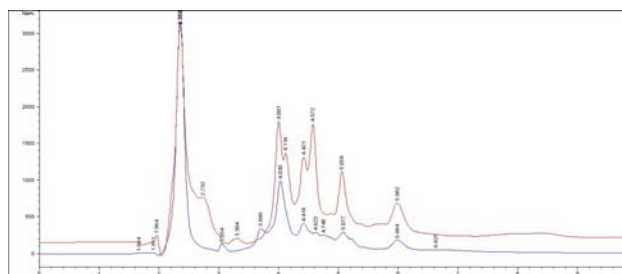


Рис. 1. Хроматограмма 70%-ного спиртового извлечения из травы репешка обыкновенного.

Компонент со временем удерживания 1.91 имеет в ультрафиолетовой области максимум поглощения  $\lambda_{\max} = 280$  нм, что характерно для многих фенольных соединений, в том числе дубильных веществ (рисунок 2).

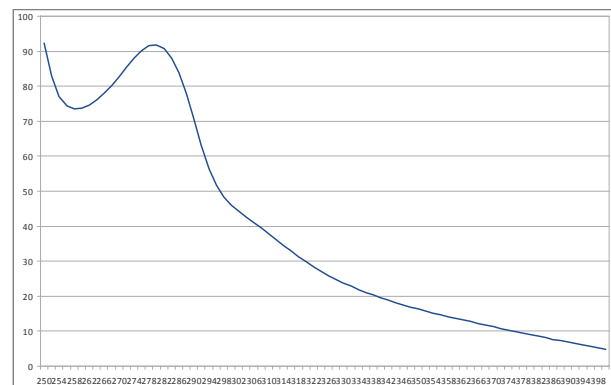


Рис. 2. Ультрафиолетовый спектр поглощения компонента со временем удерживания 1.91.

В масс-спектре данного компонента наблюдался интенсивный пик иона с зарядом  $m/z = 593,304$  (рисунок 3), что может являться доказательством наличия проантоцианидина [4].



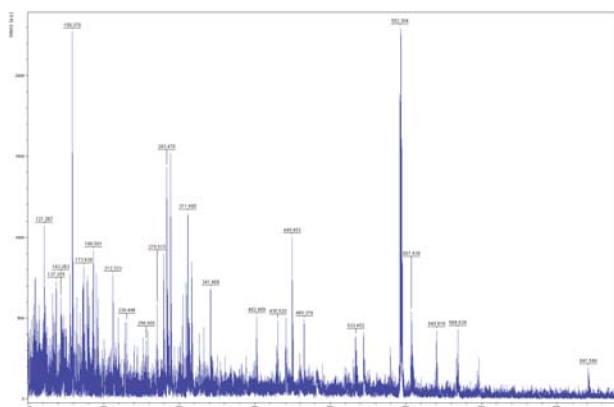


Рис. 3. Масс-спектр компонента со временем удерживания 1.91.

Компонент со временем удерживания 2.35 мин в ультрафиолетовой области имеет максимумы поглощения  $\lambda_{\max} = 254, 266, 346$  нм, что характерно для флавонов со свободной ортодиоксигруппой в кольце В [1] (рисунок 4).

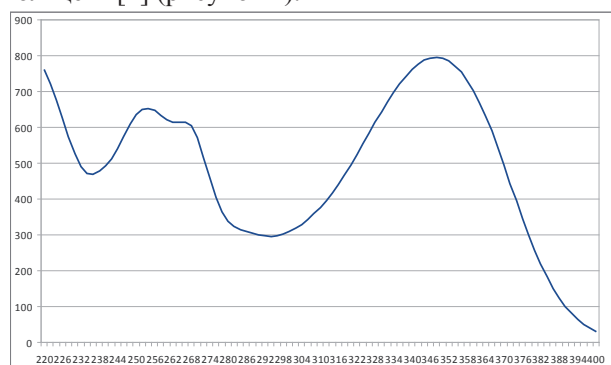


Рис. 4. Ультрафиолетовый спектр поглощения компонента со временем удерживания 2.35.

Положение максимумов полос поглощения, и особенно I-ой (длинноволновой), указывает на то, что соединение относится к флавонам. У флавонолов максимум этой полосы более батохромирован и располагается в области 350-370 нм [1].

В масс-спектре данного вещества наблюдался интенсивный пик иона с зарядом  $m/z = 449,604$  (рисунок 5).

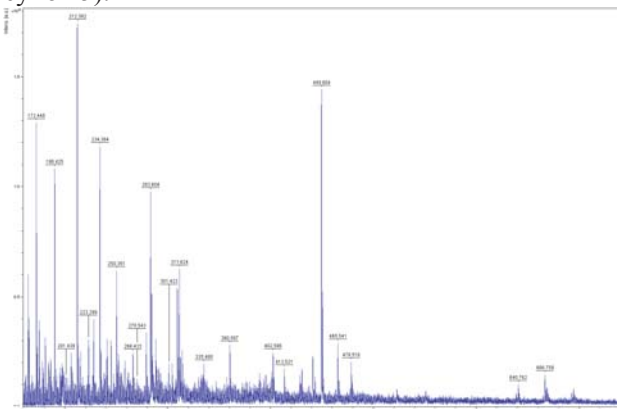


Рис. 5. Масс-спектр компонента со временем удерживания 2.35.

На основании полученных результатов можно утверждать, что данное вещество является глюкозидом лютеолина.

Вещество со временем удерживания 4.0 мин имеет максимумы поглощения в области  $\lambda_{\max} = 242, 298, 326$  нм, что характерно для оксикоричных кислот, а именно кофейной кислоты (рисунок 6).

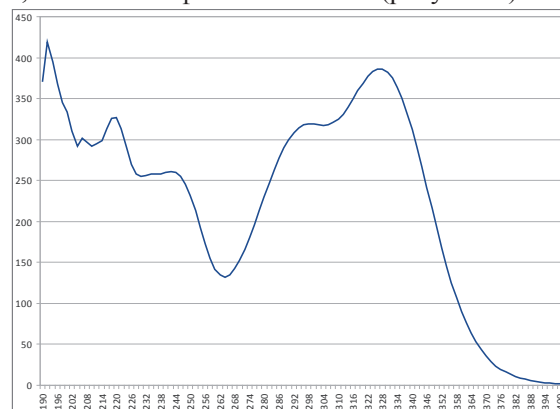


Рис. 6. Ультрафиолетовый спектр поглощения компонента со временем удерживания 4.0.

Компонент со временем удерживания 4.21 мин имеет максимумы поглощения при длинах волн  $\lambda_{\max} = 210, 230, 310$  нм, что также характерно для оксикоричных кислот, а именно п-кумаровой кислоты (рисунок 7).

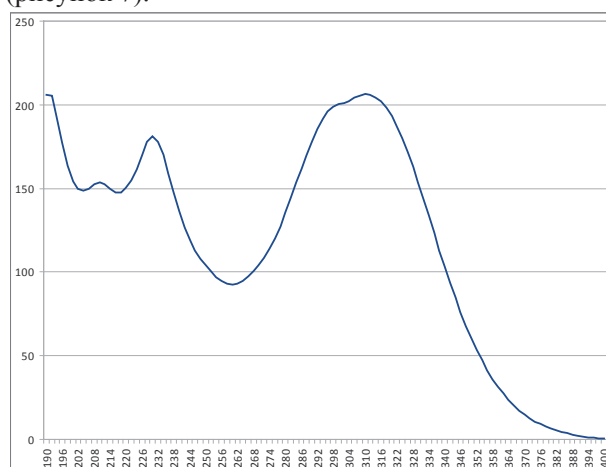


Рис. 7. Ультрафиолетовый спектр поглощения компонента со временем удерживания 4.57

Компоненты со временем удерживания 5.058 и 5.982 имеют одинаковый максимум поглощения при длине волны  $\lambda_{\max} = 408$  нм (рисунок 8), в масс-спектре первого имеется интенсивный пик иона с зарядом  $m/z = 607.440$  (рисунок 9), второго 593.291 (рисунок 10). Присутствие данных пиков ионов характерно для процианидинов [4], а наличие максимума поглощения в УФ-области, не характерного для данной группы веществ, свидетельствует о присутствии их окисленных форм, поскольку известно,

что окисление фенольных соединений сопровождается характерными изменениями в их спектрах и появлением новой полосы поглощения в видимой области спектра.

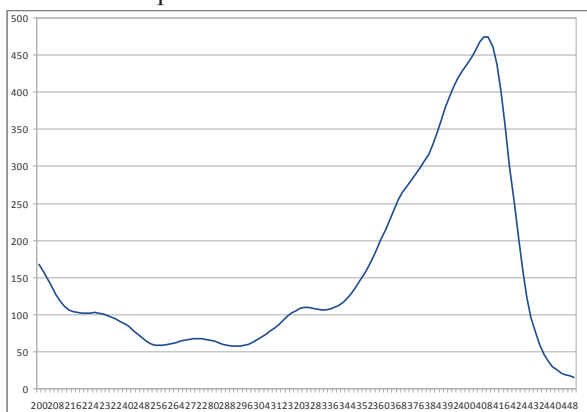


Рис. 8. Ультрафиолетовый спектр поглощения компонентов со временем удерживания 5.058 и 5.982.

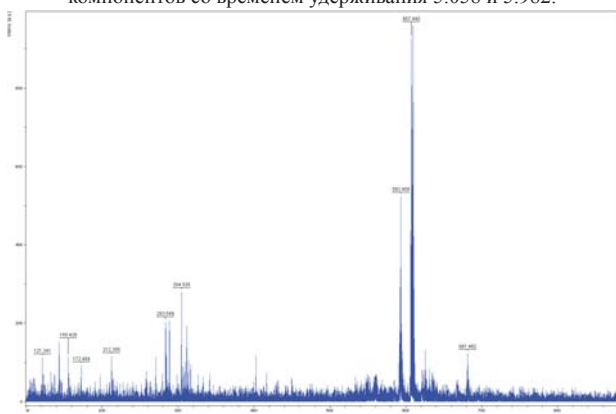


Рис. 9. Масс-спектр компонента со временем удерживания 5.058.

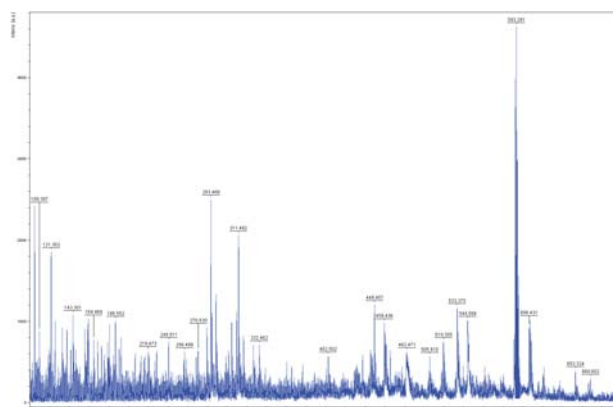


Рис. 10. Масс-спектр компонента со временем удерживания 5.982.

Таким образом, в ходе эксперимента подобран наиболее оптимальный экстрагент – спирт этиловый 70%-ной концентрации. Методами высокоэффективной жидкостной хроматографии и масс-спектрометрии установлен качественный состав основных фенольных соединений репешка обыкновенного, который включает в себя флавоноиды производные лютеолина, оксикоричные кислоты – кофейную и хлорогеновую и процианидины.

Наличие флавоноидов, оксикоричных кислот и процианидинов в листьях репешка обыкновенного открывает широкую перспективу для получения лекарственных препаратов антиоксидантного, противовоспалительного, противодиабетического и противовирусного действия.

#### Библиографический список

1. Корулькин Д. Ю. Природные флавоноиды. Д.Ю. Корулькин, Ж.А. Абилов, Р.А. Музычкина, Г.А. Толстикова; РАН, Сиб. отд., Новосибир. ин-т органической химии. Новосибирск: Академическое изд-во 'Тео», 2007. 232 с.
2. Растительные ресурсы России и сопредельных государств: Часть I – Семейства Licopodiaceae – Euphorbiaceae, часть II – Дополнения к 1–7-му томам. Отв. редактор А.Л. Буданцев. СПб.: Мир и семья-95, 1996. 571 с.
3. Энциклопедический словарь лекарственных растений и продуктов животного происхождения: Учеб. пособие. Под ред. Г.П. Яковлева и К.Ф. Блиновой, 2-е изд., испр. и доп. СПб.: СпецЛит, Изд-во СПХФА, 2002. 407 с.
4. Flavonoids: chemistry, biochemistry, and applications / Edited by Qyvind M. Andersen and Kenneth R. Markham. - Taylor & Francis Group, LLC CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group. London, New York. 2006. 1197 p.

**D.I.PISAREV, O.O.NOVIKOV, N.V.AVTINA, N.A.PISAREVA**

#### CHEMICAL STUDY OF AGRIMONIA EUPATORIA'S LEAVES

*The article presents data on the chemical study of the leaves of Agrimonia eupatoria a potential source of biologically active polyphenols - flavonoids, oxycinnamic acids, procyanidins.*

*High performance liquid chromatography and mass spectrometry were used for estimation of the main phenolic compounds such as luteolin, caffeic and chlorogenic acids and procyanidins.*

*Key words: leaves Agrimonia eupatoria, high-performance liquid chromatography, mass spectrometry, flavonoids, oxycinnamic acid, procyanidins.*

**В.Н. ПОКУСАЕВА**

кандидат медицинских наук, доцент кафедры акушерства и гинекологии с курсом пренатальной диагностики Смоленской государственной медицинской академии

E-mail: vita.pokusaeva@yandex.ru

Тел. 8 910 769 23 10

**Е.И. МАРИНОВИЧЕВА**

кандидат медицинских наук, зав. акушерским отделением Смоленской клинической больницы скорой медицинской помощи

Тел 8 910 789 00 71

**Г.А. БЕДЕНКОВА**

кандидат медицинских наук, доцент кафедры акушерства и гинекологии с курсом пренатальной диагностики Смоленской государственной медицинской академии

Тел. (4812) 55 90 28

**А.С. ВАХРУШИНА**

аспирант кафедры акушерства и гинекологии с курсом пренатальной диагностики Смоленской государственной медицинской академии

Тел. (4812) 55 90 28

**ЭНДОКРИННО-МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ НАРУШЕНИЯ И ЛАКТАЦИЯ**

**Цель:** изучить влияние прегравидарных и гестационных нарушений метаболизма матери на продолжительность лактации.

**Материалы и методы исследования:** проспективное когортное исследование 116 женщин. Изучались исходный индекс массы тела, гестационное увеличение массы тела, процент жировой массы тела и продолжительность лактации.

**Результаты:** пациентки с исходным ожирением (ИМТ более 36 кг/см<sup>2</sup>), большим процентом жировой массы тела (более 34%), метаболическим синдромом имеют непродолжительную лактацию. Длительность лактации зависит также от увеличения массы беременной во втором триместре. Стройные женщины (ИМТ менее 21,5 кг/см<sup>2</sup>) и/или недостаточным увеличением массы при беременности имеют наиболее продолжительную лактацию.

**Заключение:** исследование показало связь продолжительности лактации с прегравидарными и гестационными нарушениями метаболизма матери.

**Ключевые слова:** лактация, прегравидарная масса тела, гестационная прибавка массы тела.

Одним из аспектов реализации репродуктивной функции женщины является лактация. Бесспорно, что грудное вскармливание – предпочтительный способ обеспечения новорожденного необходимыми макро- и микронутриентами, факторами иммунной защиты. От его продолжительности во многом зависит здоровое развитие детей [1]. Оптимальный срок кормления грудью составляет около 1,5 лет [2]. В свою очередь, становление и поддержание лактации зависит от многих факторов: продолжительности беременности, способа родоразрешения, наличия гестационных осложнений и экстрагениальных заболеваний [3, 4, 6].

Немаловажное значение в патологии лактоге-

неза имеют метаболические нарушения как прегравидарные, так и сформировавшиеся во время беременности и после родов. Так, в некоторых исследованиях показано, что избыток массы тела часто сопровождается гиполактией [5, 7, 8].

В то же время, в литературе практические не освещен вопрос влияния гравидарного увеличения массы на грудное вскармливание. Поэтому целью нашего исследования явилось изучение влияния метаболических нарушений, в том числе, патологической гестационной прибавки массы, на лактационную функцию женщины.

Мы проанализировали продолжительность лактации, включая период исключительно груд-

ного вскармливания, в течение первого года после родов у 116 женщин. Средний возраст пациенток составил  $26,8 \pm 0,4$  года (95% ДИ 26,7- 27,2 лет). По паритету родов распределение было следующим: первородящие – 78 (67,2%) и повторнородящие – 38 (32,8%). 13 (11,2%) женщин имели прегравидарный дефицит массы тела, 78 (67,2%) нормальную массу тела, 18 (15,5%) – избыток и 7 (6,0%) – ожирение. Во время беременности у 25 (21,6%) отмечено недостаточное, у 42 (36,2%) – физиологическое и у 49 (42,2%) – чрезмерное гестационное увеличение веса.

В среднем продолжительность лактации составила 7,5 месяцев (95% ДИ 6,9-8,4 месяцев), исключительно грудное вскармливание – 5,9 месяцев (95% ДИ 4,8-7,0 месяцев). Около половины женщин (53 – 45,7%) кормили детей грудью менее 6 месяцев, 22 (19,0%) пациентки прекратили грудное вскармливание в срок от 6 до 12 месяцев, у трети (41 - 35,3%) лактация продолжалась более года.

Результаты проведенного анализа свидетельствуют, что общая продолжительность лактации не имеет прямолинейной связи с исходным нутриционным статусом (табл. 1).

В целом ожирение, избыток веса и его дефицит не оказывали влияние на длительность кормления грудью (рис. 1). Можно констатировать, что в большей степени лактация определяется не количеством жировой ткани, а характером ее распределения, то есть наличием метаболического синдрома. Выявленная тенденция к уменьшению продолжительности лактации ( $p=0,079$ ), в том числе исключительно грудного вскармливания ( $p=0,066$ ), с увеличением абсолютного показателя индекса массы тела (ИМТ) обусловлена в основном влиянием выраженных форм ожирения, сопровождающихся значимыми метаболическими отклонениями. При исходном ИМТ выше  $36 \text{ кг/см}^2$  лактация часто не превышала полугода ( $p=0,041$ ), а пациентки с большим «запасом» жира (34% и более от общей массы тела), независимо от исходной массы, имеют меньше шансов (17 из 20) кормить ребенка грудью в течение года по сравнению с более стройными (46

из 82) ( $\chi^2=5,69$ ;  $p=0,014$ ). Максимальные шансы на длительную лактацию до года и более имеют женщины с исходным ИМТ менее  $21,5 \text{ кг/см}^2$  (25 из 47 против 21 из 69,  $\chi^2=6,05$ ;  $p=0,012$ ).

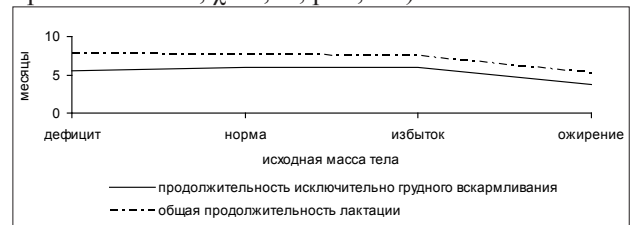


Рис. 1. Средняя продолжительность лактации (месяцы) у пациенток с различной прегравидарной массой тела.

Отрицательную связь с продолжительностью кормления ребенка грудью имеют и другие маркеры метаболического синдрома. Чем больше прегравидарное соотношение окружности талии к окружности бедер ( $R=-0,20$ ,  $p=0,048$ ) и толщина кожно-жировой складки в области живота ( $R=-0,23$ ,  $p=0,021$ ), тем короче лактация. Причем корреляции между отложением жира на животе и продолжительностью лактации сохраняются на протяжении всей беременности:  $R=-0,33$  ( $p=0,021$ ) – во втором триместре,  $R=-0,27$  ( $p=0,033$ ) – к моменту родов. С толщиной КЖС в области плеча и бедра аналогичных связей не выявлено.

Гестационное увеличение веса, независимо от прегравидарной массы, коррелирует с продолжительностью лактации: абсолютные показатели прибавки ( $R=-0,19$ ,  $p=0,045$ ) и ее категория ( $R=-0,20$ ,  $p=0,027$ ) имеют отрицательную связь с продолжительностью грудного вскармливания (рис. 2, табл. 2).

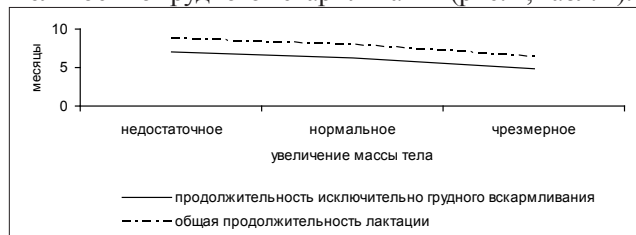


Рис. 2. Средняя продолжительность лактации, в том числе периода исключительно грудного вскармливания, у беременных с различным уровнем гестационного увеличения массы тела

Таблица 1.

Продолжительность лактации при различном прегравидарном индексе массы тела

Продолжительность лактации	ИМТ <18,5 n=13		ИМТ=18,5-24,9 n=78		ИМТ =25-29,9 n=18		ИМТ ≥ 30 n=7	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Менее 6 месяцев	5	38,5	36	46,2	7	38,9	5	71,4
6-12 месяцев	5	38,5	11	14,1	5	27,8	1	14,3
Более 1 года	3	23,0	31	39,7	6	33,3	1	14,3

Таблица 2.

Продолжительность лактации в зависимости от гестационного увеличения массы тела

Продолжительность лактации	Увеличение массы тела при беременности					
	Недостаточное n=25		Рекомендованное n=42		Чрезмерное n=49	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Менее 6 месяцев	7	28,0	18	42,9	28	57,2
6-12 месяцев	8	32,0	6	14,2	8	16,3
Более 1 года	10	40,0	18	42,9	13	26,5

Нужно отметить, что в большей степени с лактацией связана гестационная прибавка во втором триместре ( $R=-0,26$ ,  $p=0,004$ ), тогда как в первом ( $p=0,508$ ) и третьем ( $p=0,135$ ) подобной связи не выявлено. Аналогичной является ситуация с изменением процента жировой ткани при беременности – чем больше жира накапливается к 24-26 неделям гестации, тем короче ожидается лактация ( $R=-0,21$ ,  $p=0,037$ ), в том числе эпизод исключительно грудного вскармливания ( $R=-0,20$ ,  $p=0,042$ ).

Для уточнения вклада жирового компонента в продолжительность и адекватность лактации мы выделили 2 группы пациенток: с очень кратковременной лактацией – менее 3 месяцев ( $n=36$ ) и пролонгированной – до года и более ( $n=46$ ). При сравнении исходного количества жира значимых различий в этих группах не получено, однако во втором триместре ( $p=0,039$ ) и к моменту родов ( $p=0,014$ ) появляется значимая разница. Физиологическое течение липидного обмена с увеличением массы жира к 24-26 неделям беременности ( $p=0,000$ ), а затем активный липолиз после 34 недель ( $p=0,002$ ) с восстановлением исходного состава тела – одно из важнейших условий длительной лактации. При краткосрочной лактации в конце беременности не только отсутствует адекватный липолиз, но и отмечен прирост жира в организме ( $p=0,039$ ).

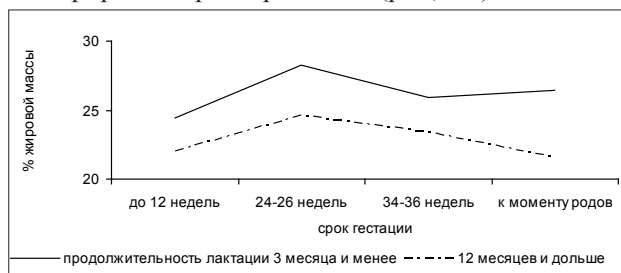


Рис. 3. Динамика гестационных изменений жировой массы тела у пациенток с короткой (3 месяца и менее) и пролонгированной (1 год и более) продолжительностью лактации

Преимущественно абдоминальный тип отложения жира может служить фактором риска для неадекватности периода грудного кормления (рис. 4). Уже с первых недель гестации и до ее конце при определении толщины кожно-жировой складки

(КСЖ) в области живота выявляются значимые различия между группами с кратковременной и пролонгированной лактацией ( $p=0,009$ ,  $p=0,001$ ,  $p=0,027$ ,  $p=0,013$ , соответственно в 1, 2, 3 триместре и к моменту родов).

При анализе оказалось, что на протяжении всей беременности толщина КЖС в области плеча и бедра не имеет принципиальных отличий в группах с короткой и длительной лактацией.

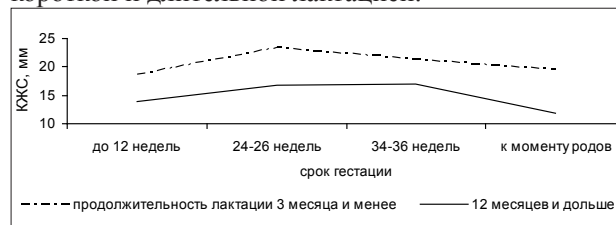


Рис. 4. Динамика гестационных изменений толщины КЖС на животе у пациенток с короткой (3 месяца и менее) и пролонгированной (1 год и более) продолжительностью лактации

Углубленный анализ влияния гестационного увеличения массы тела на лактацию проведен у пациенток с исходно нормальным весом ( $n=78$ ): 16 – с недостаточным, 35 – с нормальным, 27 – с избыточным увеличением массы. Полученные результаты подтверждают гипотезу о важной роли накопления жировой ткани в последующем лактогенезе. Накопление жира во втором триместре гестации коррелирует как с продолжительностью ( $R=-0,24$ ,  $p=0,049$ ), так и с адекватностью ( $R=-0,29$ ,  $p=0,014$ ) лактации.

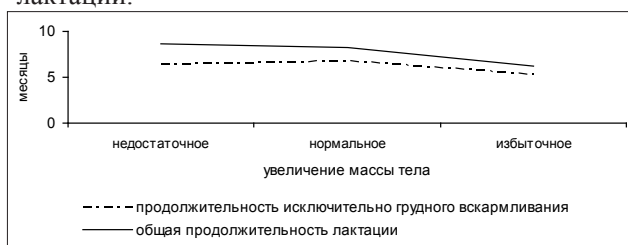


Рис. 5. Продолжительность лактации, в том числе периода исключительно грудного вскармливания, у беременных с исходно нормальным ИМТ в зависимости от гестационного увеличения массы тела.

Таким образом, пациентки с исходным ИМТ менее  $21,5 \text{ кг/см}^2$  и/или недостаточной прибавкой



веса имеют наиболее продолжительную лактацию. Факторами риска кратковременной лактации являются метаболические нарушения, сопровождающиеся выраженным ожирением (ИМТ более 36 кг/см<sup>2</sup>), избытком жировой массы (34% и более

от общей массы тела), особенно при абдоминальном типе ее распределения. Из гравидарных изменений наиболее важным являются большой прирост массы тела с накоплением жира во втором триместре без адекватного липолиза в конце гестации.

#### Библиографический список

1. Глобальная стратегия по кормлению детей грудного и раннего возраста. Всемирная организация здравоохранения. ЮНИСЕФ. 2003: 30. ISBN: 9244562219.
2. Гмошинская М.В. Обоснование оптимальной длительности лактации. *Вопр. дет. диетологии.* 2005; 3 (4) С. 16-19.
3. Дуленков А.Б., Мухина Ю.Г., Чубарова А.И., Потапова О.В., Грибакин С.Г. Особенности становления лактации у матерей после преждевременных родов. *Вопр. практ. пед.* 2011; 6(3). С. 69-73.
4. Магомедова Г.А. Лактационная функция у родильниц при сочетании гестоза с ожирением. *Вест. новых мед. Техн.* 2009; XVI (3). С. 160-162.
5. Низамова А.Ф., Шахмаева А.Б., Глебова Н.Н., Трубин В.Б., Трубина Т.Б. Особенности течения беременности, родов, состояния лактации у женщин с недостаточным фактическим питанием. *Мать и дитя в Кузбассе.* 2005; 4. С. 15-17.
6. Сидорова И.С., Унанян А.Л. Роль витаминно-минерального комплекса в прегравидарной подготовке, при беременности и лактации. *Гинеколог.* 2011; 5. С. 53-56.
7. Baker J. L., K. F. Michaelsen, T. I. Sorensen and K. M. Rasmussen. High prepregnant body mass index is associated with early termination of full and any breastfeeding in Danish women. *Am J Clin Nutr.* 2007; 86(2): P. 404-411.
8. Manios Y, Grammatikaki E., K. Kondaki, Ioannou E., Anastasiadou A., Birbilis M. The effect of maternal obesity on initiation and duration of breast-feeding in Greece: the GENESIS study. *Public Health Nutrition.* 2008. P. 1-8.

V.N. POKUSAeva, E.I. MARINOVICHEVA, C.A. BEDENKOVA, A.S. VAHRYSHINA

#### MATERNAL METABOLISM AND LACTATION

**Objective:** to study associations between maternal pregravid/gestational metabolic parameters and duration of lactation.

**Subjects and methods.** Prospective cohort study of 116 women. Maternal body mass index, gestational weight gain, free fat mass (FFM) and duration of lactation were analyzed.

**Results.** Prepregnant obesity (BMI>36 kg/cm<sup>2</sup>), FFM>34%, metabolic syndrome may include increased risk for short lactation. Gestational second-trimester weight gain was associated with duration of lactation. Prolong lactation is likely for slim (BMI<21,5 kg/cm<sup>2</sup>) women or/and in inadequate gestational weight gain.

**Conclusion.** This study has consistently linked increased risk of short lactation with prepregnant and gestational metabolic disorders.

**Key words:** lactation, pregravid body weight, gestational weight gain.

**М.С. САВУШКИН**

ассистент курса урологии кафедры специализированных хирургических дисциплин Орловского государственного университета, врач-уролог поликлиники №2  
Тел. 8 910 206 66 97

**И.Б. БЕЛОВА**

доктор медицинских наук, профессор, зав. курсом лучевой диагностики и терапии кафедры специализированных клинических дисциплин Орловского государственного университета  
E-mail: sms20111975@bk.ru

## ВОЗМОЖНОСТИ ТРАНСРЕКТАЛЬНОЙ ДОПплЕРОГРАФИИ В ДИАГНОСТИКЕ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

*В статье приводятся результаты трансректальной доплерографии предстательной железы у 100 пациентов. Представлен сравнительный анализ показателей гемодинамики в сосудах предстательной железы в норме и при различных её заболеваниях. Полученные результаты могут иметь значение в дифференциальной диагностике заболеваний предстательной железы при трансректальном ультразвуковом исследовании.*

*Ключевые слова:* предстательная железа, трансректальное ультразвуковое исследование, трансректальная доплерография, дифференциальная диагностика заболеваний предстательной железы.

### **Введение**

Хронический простатит, рак и доброкачественная гиперплазия предстательной железы (ДГПЖ) являются наиболее распространенной патологией у мужчин. Часто имеет место сочетание этих заболеваний [1-15]. Учитывая высокую медицинскую и социальную значимость болезней предстательной железы, их ранняя и точная диагностика имеет большое практическое значение. Среди методов диагностики заболеваний предстательной железы ультразвуковое исследование (УЗИ) играет важную роль [4;6-11]. В результате использования высокочастотных датчиков трансректальное ультразвуковое исследование (ТРУЗИ) обладает неоспоримым преимуществом перед другими методами ультразвукового исследования предстательной железы [16-20]. Возможности ТРУЗИ значительно расширились с появлением цветового доплеровского и энергетического картирования, импульсной доплерографии, трехмерной и эхоконтрастной ультразвуковой ангиографии. Использование этих методик позволяет визуализировать сосудистые структуры железы, производить оценку сосудистого рисунка, степени васкуляризации и изменений гемодинамики при различных заболеваниях предстательной железы [20-25]. Однако разные авторы дают неоднозначную оценку возможностям трансректальной доплерографии в выявлении и дифференциальной диагностике заболеваний предстательной железы, что требует дальнейшего изучения этого вопроса [23-29].

### **Цель исследования**

Улучшение диагностики заболеваний предстательной железы с использованием ТРУЗИ с доплерографией.

### **Задачи исследования**

Уточнить диагностические возможности ТРУЗИ с доплерографией при заболеваниях предстательной железы, сопоставив результаты ТРУЗИ с гистологическим материалом (биопсийным или послеоперационным).

### **Материалы и методы исследования**

Для определения возможностей ТРУЗИ в диагностике заболеваний предстательной железы нами в 2011 и 2012 годах было обследовано 100 пациентов. Из общего числа обследованных 15 пациентов в возрасте от 18 до 55 лет (средний возраст 34 года) составили контрольную группу – без патологии предстательной железы, у 25 пациентов в возрасте от 53 до 82 лет (средний возраст 69 лет) нами был заподозрен рак предстательной железы (РПЖ), у 30 пациентов в возрасте от 51 до 81 лет (средний возраст 67 лет) выявлена ДГПЖ и у 30 пациентов в возрасте от 29 до 62 лет (средний возраст 47 лет) был простатит. Им проводилось пальцевое ректальное исследование, трансабдоминальное ультразвуковое исследование (ТАУЗИ) и ТРУЗИ с доплерографией на УЗ сканере Esaote MyLab 30. При этом использовались трансабдоминальный конвексный

датчик с частотой 3,5 МГц и функцией улучшенной визуализации тканей (ТЕI), а также внутрислопостной конвексный датчик с частотами 6,6 и 7,5 МГц. Определялся уровень общего простатического специфического антигена (ПСА). Трансректальная доплерография включала цветное доплеровское картирование (ЦДК), исследование в режиме энергетического доплера (ЭД), регистрацию и анализ характеристик кровотока в импульсно-волновом доплеровском режиме (спектральный доплер). Пациентам с подозрением на рак предстательной железы выполнялась трансректальная мультифокальная биопсия предстательной железы. Часть пациентов с ДГПЖ подвергалась радикальному оперативному лечению (чреспузырная аденомэктомия или трансуретральная резекция), а при повышенном уровне ПСА – трансректальной биопсии. В дальнейшем проводилось сопоставление данных пальцевого ректального исследования, уровня ПСА, результатов ТАУЗИ и ТРУЗИ и полученного гистологического материала. Выполнено сравнение показателей гемодинамики в сосудах предстательной железы в норме и при различных её заболеваниях. Математическая обработка результатов выполнена по стандартному плану.

#### *Результаты исследования*

У здоровых добровольцев контрольной группы при доплерографии нормальный (неизмененный) тип васкуляризации характеризовался сохранением нормальных размеров и хода сосудов, симметричностью сосудистого рисунка, отсутствием его очаговых или диффузных изменений (усиление или обеднение).

В режиме импульсной доплерографии регистрировались показатели кровотока в уретральных, капсулярных и интрапростатических артериях простаты у добровольцев контрольной группы и пациентов с простатитами, а также в сосудах узлов гиперплазии при ДГПЖ и сосудах опухолевой ткани при РПЖ. При этом определялись: максимальная линейная скорость кровотока ( $V_{max}$ ), минимальная линейная скорость кровотока ( $V_{min}$ ), средняя линейная скорость кровотока ( $V_{сред}$ ), индекс пульсации (PI), индекс резистентности (RI), систоло-диастолическое соотношение (S/D).

При ТРУЗИ в режимах ЦДК и ЭД у всех 30 пациентов с ДГПЖ на узлах гиперплазии выявлен усиленный сосудистый рисунок гиперпластического типа. Для которого характерны одинаковый калибр и отсутствие прерывистости сосудов, огибание сосудами аденоматозного узла, расположение сосудов по периферии узла.

При трансректальной доплерографии у паци-

ентов с РПЖ злокачественные очаги в основном были гиперваскулярные с дезорганизованным типом сосудистого рисунка (извитые, прерывистые, разного калибра, хаотично расположенные сосуды). Корректно измерить количественные показатели гемодинамики непосредственно в сосудах опухолевой ткани (РПЖ) удалось у 18 из 25 пациентов, в остальных случаях это не представлялось возможным из-за малого калибра, хаотичного расположения и выраженной извитости опухолевых сосудов.

У большинства пациентов с простатитами при ТРУЗИ в режимах ЦДК и ЭД сосудистый рисунок был обычный (симметричный без очаговых или диффузных изменений). У пациентов с выраженными фиброзными изменениями в простате сосудистый рисунок был диффузно ослаблен, обеднен, но оставался симметричным. У пациентов с обострением простатита сосудистый рисунок был диффузно усиленный, симметричный. Сравнительный анализ показателей гемодинамики в артериях простаты в норме и при различных её заболеваниях представлен в таблице №1 и диаграммах №1 и №2. При анализе полученных данных установлено, что самые низкие средние значения  $V_{max}$ ,  $V_{min}$  и  $V_{сред}$  обнаружены в сосудах опухолевой ткани у пациентов с РПЖ: 13,8см/с; 1,18см/с; 7,49см/с соответственно.

Эти параметры оказались меньше, чем у обследованных добровольцев без заболеваний простаты (контрольная группа): 16,78см/с; 2,8см/с; 9,8см/с соответственно. Самые высокие средние значения  $V_{max}$ ,  $V_{min}$  и  $V_{сред}$  обнаружены у пациентов с ДГПЖ: 23,15см/с; 3,5см/с; 13,23см/с соответственно.

У пациентов с простатитами среднее значение  $V_{max}$  (16,19см/с) было меньше чем в контрольной группе, но больше, чем в группе РПЖ; среднее значение  $V_{min}$  (3,46см/с) было больше, чем в контрольной группе и приблизительно равнялось таковому в группе ДГПЖ; среднее значение  $V_{сред}$  (9,83см/с) было приблизительно равно аналогичному показателю контрольной группы.

Самые высокие средние значения PI, RI, S/D были выявлены у пациентов с РПЖ: 1,7; 0,92; 12,67 соответственно. Эти параметры оказались больше, чем в контрольной группе: 1,44; 0,83; 7,2 соответственно. Самые низкие средние значения PI, RI, S/D были выявлены у пациентов с простатитами: 1,26; 0,76; 5,27 соответственно. Средние значения PI, RI, S/D у пациентов с ДГПЖ (1,51; 0,86; 8,18 соответственно) были меньше, чем в группе РПЖ, но больше, чем в контрольной группе. Таким образом, в нашем исследовании выявлено, что показатели гемодинамики у больных РПЖ, ДГПЖ и простатитами отличались от контрольной группы.

Таблица 1.

Показатели гемодинамики в артериях простаты в норме и у пациентов с различными заболеваниями предстательной железы.

Группа		Vmax см/с	Vmin см/с	Vсред. см/с	PI см/с	RI см/с	S/D см/с
Контрольная группа (n=15)	Разброс значений	16 - 18	1,55 - 5	8,78 - 11,5	1,1 - 1,65	0,7 - 0,9	3,6 - 10,3
	Средние значения	16,78 ± 1,2	2,8 ± 1,9	9,8 ± 1,5	1,44 ± 0,3	0,83 ± 0,11	7,2 ± 3,9
Простатит (n=30)	Разброс значений	11,6 - 28,4	1,9 - 5,3	7,5 - 16,05	0,92 - 1,63	0,63 - 0,9	2,72 - 9,84
	Средние значения	16,19 ± 4,5	3,46 ± 0,99	9,83 ± 2,2	1,26 ± 0,23	0,76 ± 0,09	5,27 ± 2,4
РПЖ (опухолевая ткань) (n=18)	Разброс значений	5,3 - 21,5	0,3 - 1,9	2,8 - 11,7	1,6 - 1,79	0,89 - 0,94	9 - 17,67
	Средние значения	13,8 ± 1,5	1,18 ± 0,9	7,49 ± 2,2	1,7 ± 0,1	0,92 ± 0,03	12,67 ± 5,1
ДГПЖ (n=30)	Разброс значений	13,4 - 35,3	1,6 - 7,5	7,5 - 19,5	1,12 - 1,7	0,72 - 0,9	3,55 - 16,9
	Средние значения	23,15 ± 3,1	3,5 ± 0,9	13,23 ± 1,9	1,51 ± 0,08	0,86 ± 0,03	8,18 ± 1,6

В таблице: Vmax – максимальная линейная скорость; Vmin – минимальная линейная скорость; Vсред. – средняя линейная скорость; PI – индекс пульсации; RI – индекс резистентности; S/D – систоло-диастолическое соотношение.

Диаграмма 1.

Сравнительный анализ показателей гемодинамики в артериях простаты в норме и при различных её заболеваниях.

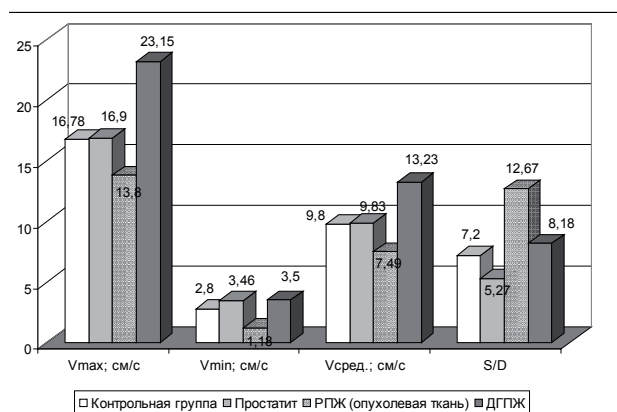
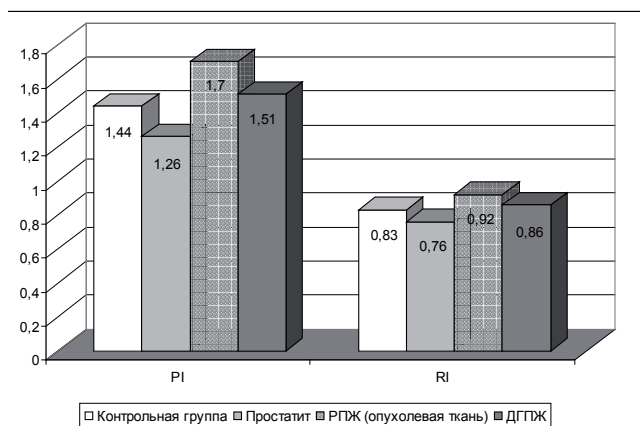


Диаграмма 2.

Сравнительный анализ индексов пульсации и резистентности в артериях простаты в норме и при различных её заболеваниях.



**Выводы**

Таким образом, проведенное исследование показало, что ТРУЗИ улучшает качество выявления и дифференциальной диагностики заболеваний предстательной железы. Современные доплерографические методики расширяют диагностические возможности ТРУЗИ. Гемодинамические показатели у больных РПЖ, ДГПЖ, простатитами отличаются от контрольной группы. Показатели информативности комплексного ТРУЗИ в нашей работе оказались следующими: чувствительность – 80 %; специфичность – 93 %; точность – 75 %. Полученные нами результаты исследования в целом соответствуют литературным данным. Однако данные исследований разных авторов о методике измерений и показателях кровотока в сосудах предстательной железы имеют заметные различия. Вопрос использования трансректальной ультразвуковой доплерографии в дифференциальной диагностике заболеваний предстательной железы требует дальнейшего изучения.

## Библиографический список

1. *Мартов А.Г., Лопаткин Н.А.* Руководство по трансуретральной эндоскопической электрохирургии доброкачественной гиперплазии простаты/ издательство «Триада – Х» Москва, 1997г. 144с.
2. *Ткачук В.Н.* Медикаментозное лечение доброкачественной гиперплазии предстательной железы. М.: МДВ, 2009г. 128с.
3. *Переверзев А.С., Сергиенко Н.Ф.* Аденома предстательной железы. Киев 1998; изд. «Ваклер». 277с.
4. Руководство по урологии: В 3-х т. Т.3/ Под ред.Н.А. Лопаткина. М.: Медицина, 1998. 672с.
5. *Berry S.J., Coffey D.S., Walsh P.C., Ewing L.* The development of human benign prostatic hypertrophy with age // *J Urol.* 1984. Vol. 132. P. 474-479.
6. *Щетинин В.В., Зотов Е.А.* Простатит. М.: Медицина, 2003. 488с.
7. *Молочков В.А., Ильин И.И.* Хронический уретрогенный простатит. М.: Медицина, 1998. 304с.
8. Руководство по урологии. Под ред. Н.А. Лопаткина. в 3 томах. Т.2. М.: Медицина, 1988. 768с.
9. *Щеплев П.А. др.* Простатит. М.: ИД Медпрактика. М, 2005, 224с.
10. *Александров В.П., Карелин М.И.* Рак предстательной железы. СПб.: Издательский дом СПб МАПО, 2004.
11. *Ракул С.А.* Рак предстательной железы: диагностика, результаты хирургического лечения и качество жизни: Автореферат на соискание ученой степени доктора медицинских наук. Санкт- Петербург, 2009.
12. Статистика злокачественных новообразований в России и странах СНГ в 2007 году. Давыдов М.И., Аксель Е.М. Вестник РОНЦ им.Н.Н.Блохина РАМН, т.20, №3(прил.1), 2009.
13. Статистика злокачественных новообразований в России и странах СНГ в 2008 г.// Вестник РОНЦ им.Н.Н.Блохина РАМН. 2009. Т.20.№3с.
14. Prostate Cancer: ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up // *Ann. Oncol.* 2010. Vol.21 (Suppl. 5). P.129-133.
15. [http:// www.seer.cancer.gov/statfacts/html/prost.html](http://www.seer.cancer.gov/statfacts/html/prost.html) (по данным 12 апреля 2011г.).
16. *Громов А.И.* Ультразвуковое исследование предстательной железы. М.: Медицина, 1999.
17. *Зубарев А.В., Гажонова В.Е.* Диагностический ультразвук. Уронефрология. М.: Стром, 2002.
18. *Аляев Ю.Г., Амосов А.В., Газимиев М.А.* Ультразвуковые методы функциональной диагностики в урологической практике. М.: Р.Валеит, 2001.
19. Практическое руководство по ультразвуковой диагностике. Общая ультразвуковая диагностика. Под ред. В.В. Митькова. М.: ИД Видар-М, 2004.
20. *Капустин С.В., Оуен Р., Пиманов С.И.* Ультразвуковое исследование в урологии и нефрологии. Минск, Вараксин, 2007.
21. *Aarnink R.G., Beerlage H.P., De La Rosette J.J. et al.* Transrectal US of the prostate: innovations and future applications // *J. Urol.* 1998. V.159. P.1568-1579.
22. *Loch T.* Urologic imaging for localized prostate cancer in 2007 // *World J. Urol.* 2007. V.25. №2. P.121-129.
23. *Аляев Ю.Г., Амосов А.В., Винаров А.З., Локишин К.Л., Спивак Л.Г.* Трансректальная доплерография у больных с заболеваниями предстательной железы. ФГУИПП «Кострома», 2004.
24. *Гажонова В.Е.* Ультразвуковая цветовая ангиография предстательной железы: Диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук. Москва, 1998.
25. *Гажонова В.Е.* Новые ультразвуковые технологии в диагностике и мониторинге лечения заболеваний предстательной железы: Диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук. Москва, 2002.
26. *Богданова Е.О., Трофимова Т.Н., Сафронова О.Б., Худякова Т.Г.* Роль комплексной эхографической диагностики в обследовании пациентов с подозрением на рак предстательной железы. Эхография. 2004. Т.5, №4. С.319-322.
27. *Михалева Л., Пушкарь Д., Ткаченко Е., Рудоманова И.* Кровоснабжение предстательной железы при её доброкачественных и злокачественных новообразованиях. Врач. 2006. №6. С.66-67.
28. *Янаков Р.В.* Кровообращение предстательной железы при хроническом простатите, доброкачественной гиперплазии и раке по данным цветного дуплексного сканирования: Диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук. Новосибирск, 1997.
29. *Rifkin M.D., Sudakoff G.S., Alexander A.A.* Prostate: techniques, results and potential applications of color doppler US scanning // *Radiology.* 1993. V.186. p. 509-513.



M.S. SAVUSHKIN, I.B. BELOVA

POSSIBILITIES TRANSRECTAL DOPPLEROGRAPHY IN DIAGNOSTICS OF DISEASES  
OF A PROSTATE GLAND

*In article results transrectal dopplerography a prostate at 100 patients are resulted. The comparative analysis of indicators of a hemodynamic in prostate vessels in norm is presented and at its various diseases. The received results can matter in differential diagnostics of diseases of a prostate at transrectal ultrasound examinations.*

*Key words: prostate gland, transrectal ultrasound examinations, transrectal dopplerography, differential diagnostics of diseases of a prostate gland.*



**О.С. САУРИНА***доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой общественного здоровья, здравоохранения и гигиены Орловского государственного университета**E-mail: saurina051@mail.ru**Тел. 8 919 201 88 79***А.Б. БОЧКАРЕВ***кандидат медицинских наук, главный врач поликлиники №2**E-mail: bochkarev71@mail.ru**Тел. (4862) 45 53 47, (4862) 45 40 09***В.С. АДОНЬЕВА***зав. отделением инфекционных заболеваний и иммунопрофилактики поликлиники №2**E-mail: mlpu2poliklinika@yandex.ru**Тел. (4862) 45 53 47, (4862) 45 40 09*

## ОПТИМИЗАЦИЯ ДОСТУПНОСТИ И КАЧЕСТВА АМБУЛАТОРНОЙ ПОМОЩИ ПАЦИЕНТАМ С ХРОНИЧЕСКИМИ ВИРУСНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ПЕЧЕНИ\*

*В работе представлено влияние организационно-клинических аспектов амбулаторной помощи пациентам с хроническими вирусными заболеваниями печени на результативность их лечения, расширение доступа к специфической противовирусной терапии. Проанализированы результаты эластографии у пациентов с хроническими вирусными гепатитами. Быстрое и неинвазивное определение стадии фиброза печени позволяет своевременно выделять группы риска по неблагоприятным исходам заболеваний и определять показания к применению противовирусных средств.*

*Ключевые слова:* организационно-клинические подходы, амбулаторная помощь, хронические вирусные заболевания печени, фиброз печени, эластография.

Введение. Хронические вирусные заболевания печени, цирроз печени остаются одной из центральных проблем для здравоохранения всего мира и России. В мире насчитывается более 350 миллионов человек, инфицированных вирусом гепатита В, и от 500 000 до 700 000 человек ежегодно умирают от инфекции вируса гепатита В. Около 130-170 миллионов человек инфицируются вирусом гепатита С, и, согласно оценкам, ежегодно от болезней печени, связанных с гепатитом С, умирают более 350 000 человек. [1,2].

Заболеваемость впервые выявленным в Российской Федерации хроническим вирусным гепатитом колеблется в пределах от 47,5 в 2001 г. до 54,5 человек на 100 тыс. населения в 2010 г. [3.]. В Орловской области этот показатель составил 14,2 человек на 100 тыс. населения [4].

В качестве одного из стратегических направлений лечения вирусных гепатитов ВОЗ считает чрезвычайно важным расширение доступа к медико-санитарной помощи, систематический контроль и

противодействие лекарственной устойчивости [5]. При этом обеспечение населения квалифицированной помощью на амбулаторном уровне требует разработки перспективных организационных форм и внедрения в практику эффективных способов диагностики и лечения хронических вирусных заболеваний печени.

Создание технологической модели амбулаторной помощи пациентам с хроническими вирусными заболеваниями печени, опасность которых обусловлена преимущественной бессимптомностью на ранних этапах развития, склонностью к прогрессированию, является острой проблемой научно-практической медицины. По мере развития патологического процесса последовательно растут стадия фиброза с формированием цирроза печени, риском развития гепатоцеллюлярной карциномы. Высокую степень фиброза печени рассматривают как главный достоверный фактор неблагоприятного исхода заболевания. Уровень фиброза до и после проведения терапии служит критерием эффектив-

\* Работа выполнялась в рамках государственного задания ФГБОУ ВПО «Орловский государственный университет» по теме научного прикладного исследования №43562. 2011.

ности лечения [6,7,8,9].

**Цель работы** – повышение качества амбулаторной помощи пациентам с хроническими вирусными заболеваниями печени.

**Материалы и методы.** В исследовании представлены: структурные схемы оказания медицинской помощи пациентам с хроническими вирусными заболеваниями печени в Орловской области по состоянию на 01.01.2008г., в период 2009–2011 годов и по состоянию на 01.01.2012г.; показатели заболеваемости хроническими гепатитами в Орловской области в 2009–2011 годах; комплексная оценка фиброза печени у больных хроническими вирусными гепатитами, обследованных на базе МЛПУ «Поликлиника №2» г. Орла, ОГУЗ «Центр борьбы со СПИД» Орловской области и Гепатологического центра Орловской областной клинической больницы в 2011г методом эластометрии. Обследовано 63 человека, из них 34 – с хроническим вирусным гепатитом С; 25 – с хроническим вирусным гепатитом В; 4 – с хроническим поражением печени двумя вирусами, в т.ч. 3 пациента с гепатотропными вирусами В и С, 1 – с гепатотропными вирусами В и Д.

Во время обследования ставилась задача определить сроки специфической противовирусной терапии. Наряду со стандартным клинико-лабораторным обследованием по общепринятым методикам, для установления степени фиброза печени использован новый неинвазивный инструментальный метод – ультразвуковое исследование печени на аппарате (Aixplorer MultiWave) с функцией эластографии сдвиговой волны. Степень фиброза оценивалась по шкале METAVIR.

**Результаты.** Технологическая модель оказания медицинской помощи пациентам с хроническими диффузными заболеваниями печени реализуется по следующим основным направлениям: организационное, лечебное, научное.

Организационное направление предусматривает создание структурных форм, соподчиненных с видом деятельности (кабинет первичного гепатологического приема и последующего лечения, лабораторная, инструментальная, организационно-методическая база), территориальное расположение, функциональное назначение (поликлинические и госпитальные), уровень подсистемы здравоохранения (федеральный, субъекта Российской Федерации, муниципального образования) [10]. Объем специализированной помощи при хронических вирусных гепатитах непосредственно связан с инфраструктурой учреждения, в том числе включающей койки дневного или круглосуточного пребывания.

Лечебное направление обеспечивает осуществление лечебного процесса от первичного приема

с определением показаний и сроков лечения, через консультативный прием и коррекцию терапии во время лечения, до «пребывания на койке», в т.ч. круглосуточного (при выполнении операций – биопсии печени).

Задачей научного направления является внедрение и апробация новых схем лечения и лекарственных средств, научно-методический анализ.

Структурная схема оказания медицинской помощи пациентам с хроническими диффузными заболеваниями печени, действовавшая в Орловской области по состоянию на 01.01.2008г., не обеспечивала полноценного скрининга, ухода и лечения. Организационно эта структурная форма реализации целевых установок первичной медико-санитарной помощи на уровне муниципальных лечебных учреждений не нацелена на оказание специализированной помощи при хронических вирусных гепатитах и осуществление взаимодействия с другими уровнями национального здравоохранения.

Госпитализация в многопрофильный стационар показана при клинико-биохимическом обострении хронического вирусного гепатита, а также при тяжелом состоянии, в частности, впервые выявленном циррозе в стадии декомпенсации или кровотечении из варикозно расширенных вен пищевода. Амбулаторных больных целесообразно направлять из поликлиники непосредственно в специализированный гепатологический центр. [11]. В условиях отсутствия в регионе гепатологического центра пациенты с хроническими диффузными заболеваниями печени ставились на диспансерный учет, а бремя их лечения возлагалось на участковую службу.

Для полноценного функционирования первичной медико-санитарной помощи, преемственности диагностики, адекватной тактики ведения и лечения больных с хроническими диффузными заболеваниями печени МЛПУ «Поликлиника №2» г. Орла в 2009 году вошла в Федеральную целевую программу «Предупреждение заболеваний социального характера на 2007–2010 годы» (в редакции от 09.04.2009 г.). В поликлинике на базе кабинета врача-инфекциониста было развернуто инфекционное отделение, взявшее на себя в рамках г. Орла функцию оказания специализированной помощи при хронических вирусных заболеваниях печени (Рис.1). В 4 кв. 2010 года ОГУЗ «Центр борьбы со СПИД» Орловской области был приобретен ультразвуковой сканер с функцией эластографии сдвиговой волны. Создание специализированного отделения в поликлинике и организация взаимодействия с ОГУЗ «Центр борьбы со СПИД» позволили повысить эффективность диагностики и лечения хронических вирусных гепатитов.



Рис.1. Структурная схема оказания медицинской помощи пациентам с хроническими вирусными заболеваниями печени в Орловской области (2009 –2011 г.г.).

Однако административные барьеры, связанные с муниципальным уровнем подсистемы здравоохранения, негативно сказывались на экономической эффективности деятельности учреждения. В первую очередь это проявлялось в том, что поликлиника, не имея соответствующего финансирования, вынуждена была оплачивать областным и муниципальным фармацевтическим учреждения услуги хранения и отпуска «бесплатных для пациентов» лекарственных препаратов, получаемых по Федеральной целевой программе. Единственным источником в условиях разорванности государственного финансирования здравоохранения на бюджетную и страховую системы являлись средства, получаемые от платных услуг, что также отрицательно сказывалось на мотивации медицинского персонала. Кроме того, структурная схема оказания медицинской помощи пациентам с хроническими диффузными заболеваниями печени в остальных муниципальных образованиях Орловской области оставалась без изменения.

Передача полномочий по организации первичной медико-санитарной помощи гражданам от органов местного самоуправления, органам государственной власти субъекта Федерации [12] позволила снять административные барьеры, обусловленные уровнем подсистем здравоохранения. В 4 кв. 2011 года в Орловской области на базе консультативной поликлиники областной клинической больницы был создан гепатологический центр. В то же время структурная схема оказания медицинской помощи пациентам с хроническими диффузными заболеваниями печени, действующая в Орловской области по состоянию на 01.01.2012г., требовала организации взаимодействия всех участников лечебно-диагностического процесса (Рис.2), в том числе по оценке степени фиброза печени.

Весомыми аргументами в пользу изучения фиброза печени у больных хроническими вирусными гепатитами служат следующие обстоятельства. Выраженный фиброз влияет на эффективность курса лечения, его обнаружение может потребовать продления сроков терапии и увеличения доз препаратов. Выявление стадии и риска прогрессирования фиброза у пациентов, на фоне лечения которых раз-

виваются нежелательные эффекты терапии, вносит существенный вклад в определение дальнейшей лечебной тактики и приверженности пациента к назначенному лечению. Возможность обратного развития фиброза на фоне лечения служит основным критерием эффективности лекарственной терапии и активно изучается в ходе клинических испытаний новых препаратов. Пациенты с выраженным фиброзом входят в группу высокого риска развития осложнений цирроза и рака печени [13].

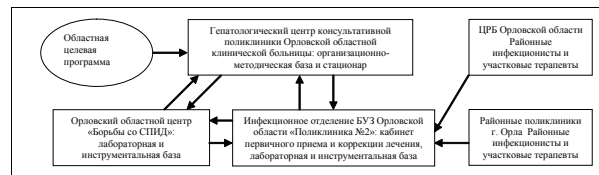


Рис.2. Структурная схема оказания медицинской помощи пациентам с хроническими вирусными заболеваниями печени в Орловской области по состоянию на 01.01.2012г.

Результаты комплексной, с применением эластометрии, оценки фиброза печени у 63 больных хроническими вирусными гепатитами, проведенной в ходе организованного в 2011г взаимодействия МЛПУ «Поликлиника №2», ОГУЗ «Центр борьбы со СПИД» Орловской области и Гепатологического центра Орловской областной клинической больницы, представлены на диаграмме (Рис.3).



Рис.3. Результаты комплексной оценки фиброза печени.

По степеням фиброза группа из 34 (53,97% n=63) пациентов с хроническим вирусным гепатитом С (средний возраст: 39,8 лет) распределилась следующим образом.

Фиброз F0-F1: 13 (38,2% n=34) человек. Давность инфицирования (ДИ) в этой группе составила менее 5 лет. Средний показатель эластичности ткани (СПЭТ) печени – 5,2 ±0,4 кПа. Фиброз F2: 11 (32,4% n=34) человек. ДИ составила от 3 до 10 лет. СПЭТ печени – 7,7 ±0,3 кПа. Фиброз F3: 3 (8,8% n=34) больных. ДИ - от 13 до 20 лет. СПЭТ печени – 11,6 ±0,7 кПа. Фиброз F4: 7 (20,6% n=34) человек. ДИ – от 15 до 30 лет. СПЭТ печени – 19,2 ±0,7 кПа.

По степеням фиброза группа из 25 (39,7% n=63) пациентов с хроническим вирусным гепатитом В

(средний возраст 35,7 лет) распределилась следующим образом.

Фиброз F0-F1: 6 (24% n=25) человек. ДИ до 9 лет. СПЭТ печени –  $4,9 \pm 0,5$  кПа. Фиброз F2: 9 (36% n=25) человек. ДИ – 10 лет. СПЭТ печени –  $8,1 \pm 0,4$  кПа. Фиброз F3: 4 (16% n=25) человека. ДИ – 15-17 лет. СПЭТ печени –  $11,2 \pm 0,7$  кПа. Фиброз F4: 6 (24% n=25) человек. ДИ – более 15 лет. СПЭТ ткани печени –  $18,9 \pm 0,3$  кПа.

Отдельно рассматривалась группа пациентов из 4 (6,4% n=63) человек с хроническим поражением печени двумя вирусами, в т.ч. 3 пациента с гепатотропными вирусами В и С, 1- с гепатотропными вирусами В и Д (средний возраст 40,3 лет). Распределение по степеням фиброза: Фиброза F2: 1 (25% n=4) пациент. ДИ – 13 лет. СПЭТ печени –  $6,8 \pm 0$  кПа.; Фиброза F3: 1 (25% n=4) пациентка. ДИ – 7 лет. СПЭТ печени –  $9,8 \pm 0$  кПа.; Фиброз F4: 2 (50% n=4) пациентки. ДИ – 18,5 лет. СПЭТ печени –  $20,1 \pm 0,2$  кПа.

При анализе полученных данных выявлена зависимость степени фиброза от давности инфицирования и возраста пациентов на момент исследования. Эта зависимость характерна как для поражения печени вирусами гепатита С и В, так и для сочетанных поражений гепатотропными вирусами (В+С, В+Д). Отмечена более высокая скорость формирования фиброза печени при инфицировании

вирусом гепатита Д. Выявленные зависимости соответствуют литературным данным. [14].

В результате реализации рассмотренных выше организационно-клинических мероприятий в Орловской области с 2009г. наметилась положительная тенденция к снижению показателя заболеваемости ХГ, который за последние 3 года уменьшился с 31,5 на 100 тыс. населения в 2009г. до 14,2 на 100 тыс. населения в 2011г. [4.]

**Заключение.** Проведенное исследование организационных и клинических вопросов оказания амбулаторной помощи больным с хроническими вирусными заболеваниями печени обосновывают необходимость дальнейшего совершенствования взаимодействия учреждений, оказывающих первичную медико-санитарную и специализированную помощь. Внедрение нового неинвазивного инструментального метода – ультразвукового исследования печени на аппарате с функцией эластографии сдвиговой волны позволяет на основе оценки степени фиброза: своевременно выделять группы риска по неблагоприятным исходам хронических гепатитов, определять показания к противовирусному лечению.

Совокупность всех рассмотренных в исследовании организационных и клинических мероприятий обеспечивает повышение качества и доступности амбулаторной помощи пациентам с хроническими вирусными заболеваниями печени.

#### Библиографический список

1. Вирусный гепатит. Доклад секретариата. 63 сессия всемирной ассамблеи здравоохранения. Документ А63/15. Всемирная организация здравоохранения. 25 марта 2010 г. 8 с.
2. Вирусный гепатит. Документ EB126.R16 / Резолюции и решения, приложения, Сто двадцать шестая сессия Исполнительного комитета Всемирной организации здравоохранения Женева, 18-23 января 2010 года С. 39-42
3. О санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации в 2010 году: Государственный доклад. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. 431 с.
4. О санитарно-эпидемиологической обстановке в Орловской области в 2011 году: Доклад: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Орловской области. Орел. 2012. 179 с.
5. Вирусный гепатит (резолюция WHA63.18) Документ EB130/35 Add.2 / Доклад Секретариата Сто тридцатая сессия Исполнительного комитета Всемирной организации здравоохранения Женева, 1 декабря 2011 года С. 2-3.
6. *Ивашкин В.Т.* Оценка функционального состояния печени. Болезни печени и желчевыводящих путей. 2-е изд., испр. и доп. М.: Изд. дом «М-Вести», 2005. С. 66 – 84.
7. *Павлов Ч.С.* Возможность обратимости цирроза печени (клинические и патогенетические предпосылки) / Ч.С. Павлов [и др.] // Рос. журн. гастроэнтерол., гепатол., колопроктол. 2006. Т. 16, № 1. С. 20 – 29.
8. *Павлов Ч.С.* Как оценить и уменьшить риск фиброза, цирроза и гепатоцеллюлярной карциномы (ГЦК) у пациентов с хронической инфекцией вирусами гепатита В (HBV) и С (HCV). Рос. журн. гастроэнтерол., гепатол., колопроктол. 2007. Т. 17, № 5. С. 16 – 23.
9. *Постнова Н.А.* Эластография сдвиговой волны: новые возможности в диагностике очаговых и диффузных заболеваний печени. Диагностическая и интервенционная радиология: Матер. V Всероссийского Национального конгресса лучевых диагностов и терапевтов «Радиология 2011» Москва 25-27 мая. 2011 №2 том 5 С.323-324.
10. *Найговзина Н.Б.* Система здравоохранения в Российской Федерации: организационно-правовые аспекты / Н.Б. Найговзина, М.А. Ковалевский. М.: Классик-Консалтинг, 1999. 192 с.



11. Диагностика и лечение диффузных заболеваний печени: Методическое пособие. Под ред. В.Т Ивашкина, Н.Д. Ющука. М.: Медицина, 2003. 112 с.
12. Федеральный закон РФ от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации»/ Российская газета от 23.11.2011г.
13. *Лопаткина Т.Н.* Клиника гепатита С. Вирусные гепатиты. 1997. № 1. С. 12-16.
14. *Pol S., Fontaine H, Carnot F, et al.* Predictive factors for development of cirrhosis in parenterally acquired chronic hepatitis C: a comparison between immunocompetent and immunocompromised patients./S. Pol et al. // J Hepatol 1998. Vol 29-P 9-12.

**O.S. SAURINA, A.B. BOCHKARYOV, V.S. ADONYEVA**

**SEPARATE ORGANIZATIONAL AND CLINICAL APPROACHES TO INCREASE  
OF AVAILABILITY OF THE OUT-PATIENT HELP TO PATIENTS  
WITH CHRONIC VIRUS DISEASES OF A LIVER**

*The work presents the impact of organizational and clinical aspects of outpatient care for patients with chronic viral liver diseases on the effectiveness of their treatment, increasing access to specific antiviral therapy. Analysis of the results elastography of patients with chronic viral hepatitis. Quick and non-invasive determination of the stage of liver fibrosis allows to allocate the risk of adverse outcomes of disease and to determine the indications for use of antivirals.*

*Key words: organizational and clinical approaches, outpatient care, chronic viral diseases of the liver, liver fibrosis, elastography.*



**О.С. САУРИНА**

доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой общественного здоровья, здравоохранения и гигиены Орловского государственного университета

E-mail: saurina051@mail.ru

Тел. 8 919 201 88 79

**Г.Л. ЗАХАРЧЕНКО**

кандидат медицинских наук, доцент кафедры общественного здоровья, здравоохранения и гигиены Орловского государственного университета, руководитель Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Орловской области

E-mail: 488111@gmail.com

Тел. 8 910 308 81 11

**А.В. УДОДОВ**

главный врач Орловского онкологического диспансера

E-mail: oguzood@mail.ru

Тел. (4862) 41 00 11

**А.А. ВАСИЛЬЕВ**

аспирант кафедры общественного здоровья, здравоохранения и гигиены Орловского государственного университета, заместитель начальника отдела социально-гигиенического мониторинга Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Орловской области

E-mail: aavorel@yandex.ru

Тел. 8 920 286 54 51

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫМИ НОВООБРАЗОВАНИЯМИ ТРАХЕИ, БРОНХОВ И ЛЕГКОГО НА ТЕРРИТОРИИ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ\*

*В статье проведен анализ заболеваемости злокачественными новообразованиями трахеи, бронхов и легкого на территории Орловской области. Представлены региональные факторы риска развития онкопатологии органов дыхания, выявленные в результате анкетирования пациентов, находившихся на лечении БУЗ Орловской области «Орловский онкологический диспансер». Полученные данные являются основой для разработки системы профилактических мероприятий с целью снижения заболеваемости злокачественными новообразованиями органов дыхания.*

*Ключевые слова:* онкологическая заболеваемость, новообразования трахеи, бронхов и легкого, Орловская область.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) прогнозирует в 1999-2020 годах рост заболеваемости злокачественными новообразованиями (с 10 млн. до 20 млн. новых случаев) и смертности от них (с 6 млн. до 12 млн. регистрируемых смертей к 2030 году) во всем мире. Европейское бюро ВОЗ в первые два десятилетия XXI столетия ожидает

значительное увеличение числа случаев диагностированного рака. [7]

Ежегодно в мире регистрируется более 1 миллиона новых случаев рака легкого (12,8% от всех вновь выявленных заболеваний) и более 900 тысяч смертей (17,8% от общего числа злокачественных новообразований). На развитые страны мира при-

\* Работа выполнялась в рамках государственного задания ФГБОУ ВПО "Орловский государственный университет" по теме научного прикладного исследования №43562.2011

ходится 58% заболевших.[1]

Злокачественные новообразования являются второй по частоте и социальной значимости после сердечно-сосудистых заболеваний причиной смертности населения, формирующей отрицательный демографический баланс в Российской Федерации. В Российской Федерации в 2010 году было впервые выявлено 51,9 тыс. больных со злокачественными новообразованиями органов дыхания (трахея, бронхи, легкое), что составляет 10,5% от всех случаев злокачественных новообразований.[1, 11]

В структуре общей смертности населения Орловской области злокачественные новообразования также занимают II ранговое место (14,4%). Онкологическая заболеваемость характеризуется тенденцией к росту в 2007-2011 годах в среднем на 2,7% в год, с превышением аналогичного показателя по Российской Федерации на 7,9%. [6]

Риск развития злокачественных новообразований органов дыхания, связанный с курением, составляет 85-95% случаев рака легкого у мужчин и 65-80% у женщин. У людей, имеющих контакт с химическими канцерогенными веществами, такими как бензпирен, асбест, хром, никель и их соединения, продуктами, образующимися при выплавке алюминия, и радоном, риск возникновения рака легкого может составлять до 40% случаев. Наличие рецидивирующих хронических заболеваний легких в анамнезе может также явиться фактором риска онкологических заболеваний органов дыхания. [2, 3]

Заболеваемость злокачественными новообразованиями трахеи, бронхов и легкого занимает 2 ранговое место в структуре злокачественных новообразований, регистрируемых на территории Орловской области, и превышает уровень заболеваемости по Российской Федерации в 2010 году на 25%. [8]

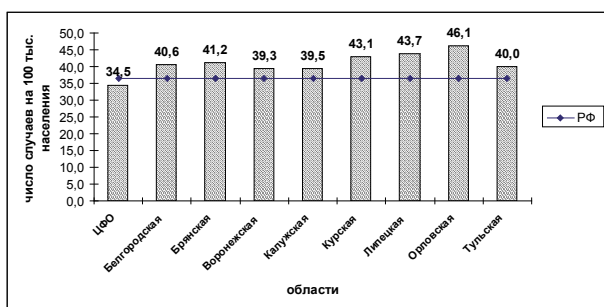


Рис.1. Заболеваемость злокачественными новообразованиями трахеи, бронхов и легких на территории Орловской области и соседних областей в 2010 году (число случаев на 100 тыс. населения).

На территории Орловской области за период 2007-2011 годов уровень заболеваемости злокачественными новообразованиями трахеи, бронхов и легких стабильной находится в интервале от 45 до

51 случаев на 100 тыс. населения.[10]

Повышенные уровни заболеваемости за период 2007-2011 годов отмечались на территории Сосковского (68,2 случаев на 100 тыс. населения), Хотынецкого (76,0 случаев на 100 тыс. населения), Знаменского (72,8 случаев на 100 тыс. населения), Кромского (60,0 случаев на 100 тыс. населения) и Троснянского (51,4 случаев на 100 тыс. населения) районов. Минимальная заболеваемость регистрировалась на территории М-Архангельского (39 случаев на 100 тыс. населения), Дмитровского (44,0 случаев на 100 тыс. населения), Орловского (44,2 случаев на 100 тыс. населения), Мценского (41,8 случаев на 100 тыс. населения), Новосильского (32,2 случаев на 100 тыс. населения) и Краснозоренского районов (43,2 случая на 100 тыс. населения).[9]

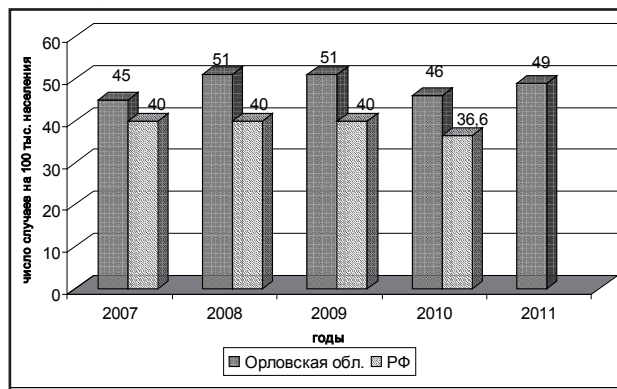


Рис.2. Динамика заболеваемости злокачественными новообразованиями трахеи, бронхов и легких на территории Орловской области в 2007- 2011 годах (число случаев на 100 тыс. населения).

Мужчины болеют в 5,4 раза чаще, чем женщины: в 2011 году зарегистрировано 355 случаев злокачественных новообразований трахеи, бронхов, легких среди мужского населения и 65 случаев среди женского.

Средний возраст выявления заболевания и наибольшее число выявленных случаев в 2011 году у мужчин отмечается в возрасте 60-64 года, у женщин – 70-74 года.

В структуре онкологической заболеваемости среди мужчин злокачественные новообразования органов дыхания находятся на первом ранговом месте и составляют от 20,1 до 23,6 % ежегодно регистрируемых случаев.

Заболеваемость мужского населения Орловской области – 100,1 случаев на 100 тыс. мужского населения, что на 30% выше заболеваемости по Российской Федерации (70,1 на 100 тыс. населения в 2010 году).

Контингентами риска являются мужчины в возрасте от 55 до 79 лет. В 2011 году, по сравнению с 2007 годом, рост заболеваемости новообразованиями трахеи, бронхов и легкого среди мужчин

отмечен в возрастных интервалах 40-44 года, 55-59 лет, 60-64 года, 70-74 года, 85 лет и старше; во всех остальных возрастных интервалах наблюдается снижение заболеваемости.

Заболеваемость женского населения Орловской области составляет 18,2 случая на 100 тыс. женского населения, что на 17,1% выше заболеваемости по Российской Федерации (15,1 на 100 тыс. населения в 2010 году).

В 2011 году в сравнении с 2007 годом рост заболеваемости новообразованиями трахеи, бронхов и легкого среди женщин отмечался в возрастных интервалах 70-79 лет и возрасте 85 лет и старше, во всех остальных возрастных интервалах наблюдается снижение заболеваемости (рис.3).

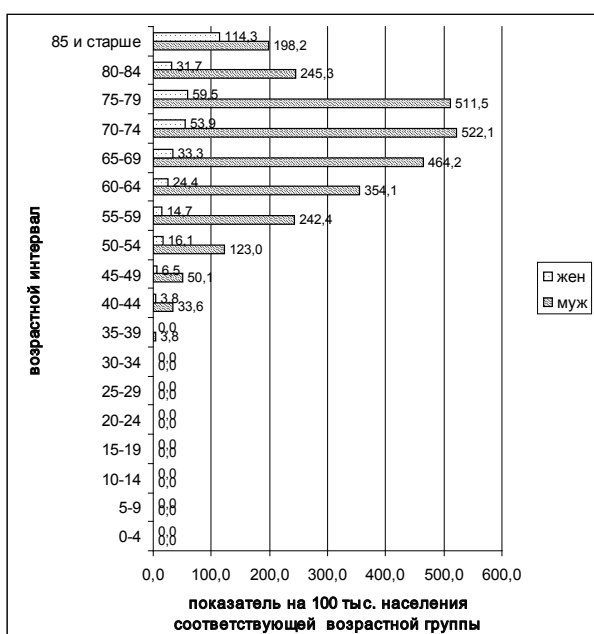


Рис.3. Показатели заболеваемости злокачественными новообразованиями трахеи, бронхов, легкого мужского и женского населения Орловской области по возрастным группам в 2011 году.

В декабре 2011 года на диспансерном учете со злокачественными новообразованиями с локализацией трахея, бронхи, легкие состояло 877 человек, в том числе 294 (33,5%) наблюдаются по поводу онкозаболевания в течение 5 и более лет. В 2011 году 1 или 2 стадия заболевания диагностирована у 101 больного (24,1%), 3 стадия – у 90 человек (21,9%), 4 стадия – 166 (39,6%). Активно выявлено 58 человек (14,9%) от числа лиц с впервые установленным диагнозом.

На территории Орловской области в 2011 году среди всех причин смертности смертность от злокачественных новообразований, как и в предыдущие годы, занимает второе ранговое место. Динамика смертности от злокачественных новообразований за период 2007-2011 годов стабильная, на уровне 200 случаев на 100 тыс. населения. Средний темп

прироста 1,5% в год.

В структуре причин смерти лиц трудоспособного возраста на территории Орловской области новообразования занимают 3 ранговое место (14-17%), уступая только болезням органов кровообращения, травмам и отравлениям. Злокачественные новообразования трахеи, бронхов, легкого среди причин смертности от всех злокачественных заболеваний составляют от 18,1% до 19,7%. [6]

В 2011 году от злокачественных новообразований органов дыхания умерло 293 человека из числа учтенных, из них 80,5% (236 человек) – менее чем через 1 год с момента установления диагноза.

С целью установления возможных региональных факторов риска развития онкологических заболеваний у населения Орловской области сотрудниками кафедры общественного здоровья, здравоохранения и гигиены медицинского института Орловского государственного университета в БУЗ Орловской области «Орловский онкологический диспансер» проведено анкетирование больных, находящихся на лечении в отделении химиотерапии. Специально разработанная анкета состояла из 60 вопросов, характеризующих социальный и профессиональный статус, вредные привычки, пищевые пристрастия. Заполнение анкеты проводилось анонимно, на добровольной основе. Опрошенные больные постоянно проживают на территории Орловской области.

В анкетировании приняли участие 104 человека с диагнозом рак легкого. 35,1% респондентов имели 1 или 2 стадии рака легкого, 42,9% – 3 стадию, 12,9% – 4 стадию. Средний возраст лиц, принявших участие в анкетировании, – 54 года.

Статистическая обработка анкетных данных проведена с использованием программы Statistica 6.0.

По результатам анкетирования мы проанализировали факторы риска возникновения злокачественных новообразований.

21,8% респондентов перенесли инфекционные заболевания (в том числе вирусные инфекции с доказанной канцерогенностью). Курение, как фактор риска, установлен у 84,2% опрошенных, из них 40,6% – курят, 35,9% – бросили курить. 37,5% анкетированных лиц указали на курение членов семьи. На хроническое стрессовое воздействие указали 70,3% опрошенных.

Зависимость сочетания онкологического заболевания и курения представлена на рис. 4.

У 53,1% в анамнезе имелся контакт с вредными факторами производственной среды; не использовали С-витаминацию с профилактической целью 79,6% опрошенных.

Мультифакторное воздействие рисков, в том

числе два и более положительных ответа, отмечается у 81,3% больных.

Анализ полученных результатов подтвердил общепризнанные факторы риска возникновения и развития онкологических заболеваний органов дыхания. Анкетирование больных в 70,3 % выявило в анамнезе онкологические заболевания у родственников, перенесенные инфекционные заболевания, гормональные нарушения, тяжелые условия труда, вредные привычки.



Рис.4. Сравнительная характеристика частоты встречаемости курения как фактора риска у онкологических больных.

Приоритетной задачей становится предотвращение возникновения факторов риска; необходимо внедрение уроков по воспитанию здорового образа жизни в стандарт обучения для учащихся младших и средних классов, в частности, профилактика курения. Расширение социальной рекламы здорового образа жизни в средствах массовой информации: прессе, на телевидении, в интернет-сообществе, в социальных сетях. Взаимодействие по данному

направлению работы с представителями всех религиозных конфессий и общественных организаций.

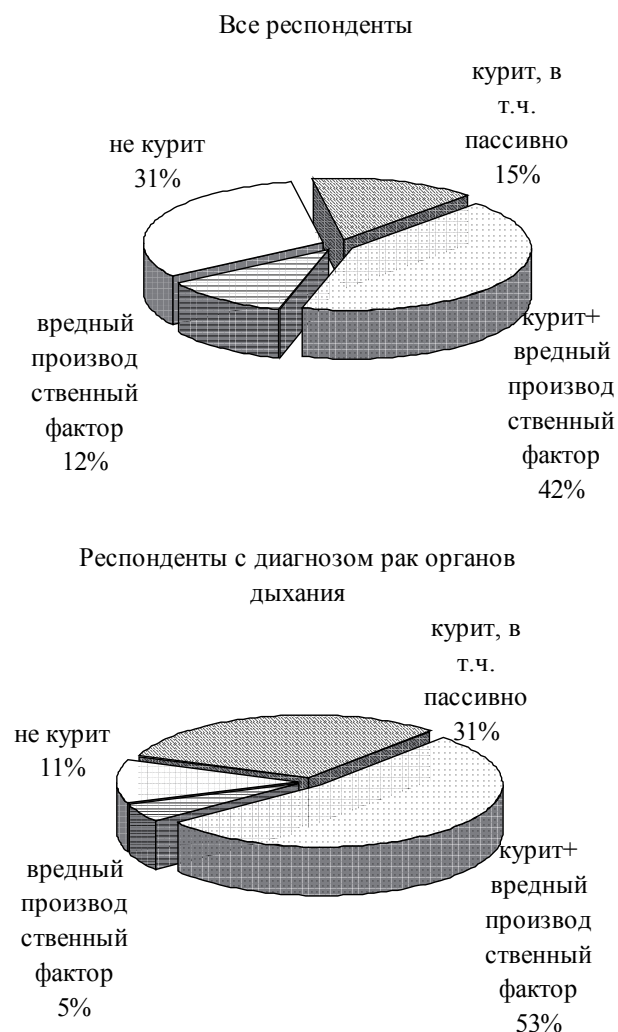


Рис.5. Сочетанное влияние факторов риска

Полученные результаты показывают необходимость принятия управленческих решений по снижению потребления табака, обеспечив защиту некурящего населения от вредного воздействия табачного дыма. Органам здравоохранения на муниципальном уровне необходимо направить усилия на первичную профилактику заболеваемости злокачественными новообразованиями путем формирования у населения адекватного отношения к диагнозу «злокачественное новообразование»; информацию о мерах профилактики злокачественных новообразований, ранних признаках заболевания и алгоритму действий в случае подозрения на их возникновение [5]. Проведение паспортизации канцерогенно-опасных производств, разработка



профилактических мероприятий по снижению риска возникновения профессиональных и профессионально-обусловленных онкологических заболеваний. Обеспечение комплексной работы органов Роспотребнадзора и работодателей всех

форм собственности, с привлечением специалистов лечебно-профилактических учреждений, по снижению канцерогенного влияния факторов производственной среды.

#### Библиографический список

1. Аксель Е.М. Давыдов М.И. Злокачественные новообразования в России и странах СНГ в 2000 г.-М.: 2002
2. Заридзе Д.Г. Вопросы онкологии. 2002. № 4-5. С. 489-495.
3. Захарченко М.П. Современные проблемы эко-гигиены ч.2. М.П.Захарченко, Е.И. Гончарук. К. Хрещатик, 1993, С. 32-64.
4. Онкологическая статистика (традиционные методы, новые информационные технологии). Руководство для врачей Часть 1. Ред. В.М. Мирабишвили. СПб., 2011. С. 221.
5. МР 2.2.9.0012-10 «Модель региональной программы первичной профилактики рака». М, 2010. С.15-18.
6. О санитарно-эпидемиологической обстановке в Орловской области в 2011 году. Доклад Управление Роспотребнадзора по Орловской области, Орел: 2012. С. 179.
7. Профилактика рака и борьба с ним. Доклад Секретариата ВОЗ 58-ой сессии Всемирной ассамблеи здравоохранения/ВОЗ. Документ А58/16. 2005г.
8. Состояние онкологической помощи населению России в 2010 году. Ред. В.И. Чисов, В.В. Старинский, Г.В. Петрова. М., 2011. 188с.
9. Саурина О.С. Оценка состояния здоровья населения Орловской области с использованием гис-технологий. О.С. Саурина, О.М. Пригоряну. Ученые записки Орловского государственного университета. Орел, 2010. №4 (38). С.241 – 251.
10. Саурина О.С. Структура заболеваемости злокачественными новообразованиями на территории Орловской области. О.С.Саурина, А.А.Васильев. Сборник тезисов Всероссийской научно-практической конференции "Общественное здоровье и здравоохранение XXI века: проблемы, пути решения, подготовка кадров". М. 2012.С. 432-436.
11. Указ Президента Российской Федерации от 9.10.2007 № 1351 «Об утверждении концепции демографической политики Российской Федерации на период до 2025 г.»

**O.C. SAYRINA, G.L. ZAKHARCHENKO, A.V. UDODOV, A.A. VASILIEV**

#### MODERN STATE OF THE PROBLEM OF MORBIDITY MALIGNANT NEOPLASMS OF TRACHEA, BRONCHUS, AND LUNG ON THE TERRITORY OF THE OREL REGION

*In the article the analysis of morbidity malignant neoplasms of trachea, bronchus, and lung on the territory of the Orel region. Represented by the regional factors of risk of development of oncological of respiratory organs from the questioning of patients who were on treatment of BOOZE Oryol region «Orlovsky Oncology dispensary». The obtained data are the basis for the development of the system of preventive measures with the purpose of reduction of morbidity malignant neoplasms of respiratory organs.*

*Key words: cancer incidence, neoplasms of respiratory organs, Orel region.*

**О.С. САУРИНА***доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой общественного здоровья, здравоохранения и гигиены Орловского государственного университета**E-mail: saurina051@mail.ru**Тел. 8 919 201 88 79***И.В. МАМОШИНА***врач анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реанимации Орловской областной клинической больницы**E-mail: i.micheeva@mail.ru**Тел. 8 920 805 73 85***А.В. МАМОШИН***кандидат медицинских наук, доцент кафедры общей хирургии и анестезиологии Орловского государственного университета, врач-хирург хирургического отделения Орловской областной клинической больницы**E-mail: dr.mamoshin@mail.ru**Тел. 8 920 287 70 07*

## АНАЛИЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ОСТРЫМ ПАНКРЕАТИТОМ НА ТЕРРИТОРИИ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ\*

*В настоящее время острый панкреатит занимает одно из первых мест в структуре заболеваний органов пищеварения, для которого характерны частые и тяжелые осложнения, высокая летальность. Распространенность и прогрессирующее увеличение количества пациентов с острым панкреатитом, по данным показателей здоровья населения, учитывая этиологические факторы, отражает социальное состояние общества и необходимость совершенствования лечебно-диагностического процесса. Для успешного лечения необходимы правильно построенная работа и взаимодействие целого ряда служб стационара, так как от своевременно поставленного диагноза, раннего выявления осложнения и срока начала лечения зависит исход заболевания.*

*Ключевые слова:* острый панкреатит, заболеваемость, летальность, организация.

Острый панкреатит в настоящее время является одним из самых распространенных заболеваний в экстренной абдоминальной хирургии. Это асептическое воспаление демаркационного типа, в основе которого лежит некробиоз панкреатоцитов и ферментная аутоагрессия с последующим некробиозом, дистрофией железы и присоединением вторичной гнойной инфекции [1, 2, 3, 5].

Актуальность проблемы лечения острого панкреатита обусловлена возрастанием количества больных (за последние 30 лет число больных увеличилось вдвое, и доля его среди болезней органов пищеварения достигла 20%), стабильно высокой летальностью, сопровождающейся высокой частотой развития тяжелого панкреатогенного шока, полиорганной недостаточностью и выраженными гнойно-некротическими осложнениями [1, 3, 5]. В

структуре смертности от острой хирургической патологии органов брюшной полости панкреонекроз прочно занимает первое место, опережая острый холецистит, ущемленную грыжу, острый аппендицит, кишечную непроходимость и прободную гастродуоденальную язву [2, 5].

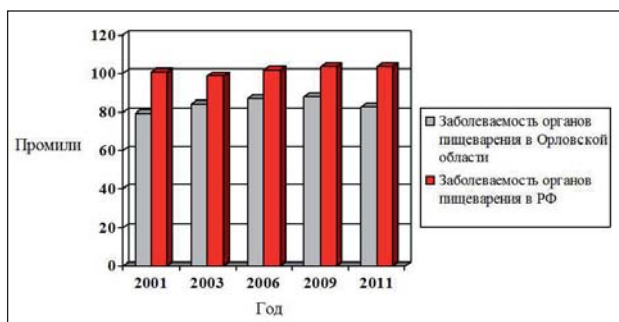
Наиболее частыми причинами развития острого панкреатита являются желчнокаменная болезнь, злоупотребление алкоголем, нарушение питания. И если раньше, согласно литературным данным, наличие камней в желчном пузыре было причиной развития острого панкреатита в 55-60% случаев, то в последнее десятилетие на первое место как этиологический фактор развития заболевания прочно вышло злоупотребление алкоголем и нарушение питания (так называемый алкогольный или алиментарный панкреатит). Этот факт подтверждается

\* Работа выполнялась в рамках государственного задания ФГБОУ ВПО "Орловский государственный университет" по теме научного прикладного исследования №43562.2011

и тем, что несмотря на уменьшение количества людей с камненосительством, благодаря широкому внедрению в практику лапароскопических методик лечения и выполнению операций даже при латентном или бессимптомном течении желчнокаменной болезни, общее количество больных с острым панкреатитом продолжает увеличиваться из года в год. Особенно удручающей ситуация выглядит в сельской местности и в небольших городах, где имеется безработица, плохие социально-экономические условия проживания, относительно ниже уровень медицинской помощи [1, 3, 4, 5, 6].

В Орловской области отмечается высокий уровень заболеваемости не только острым панкреатитом, но и по классу заболеваний органов пищеварения в целом. За последние 10 лет заболеваемость органов пищеварения в Орловской области увеличилась на 3%, и такая же динамика наблюдается по стране в целом: 2001 г. – 79,5‰ (в РФ – 100,7‰); 2003 г. – 84,1‰ (в РФ – 98,8 ‰); 2006 г. – 87,2‰ (в РФ - 102,1‰); 2009 г. – 88,0‰ (в РФ – 103,4‰); 2011 г. – 82,5‰ (в РФ – 103,5‰) (рис. 1) [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14].

**Рис.1.** Динамика заболеваемости органов пищеварения в Орловской области и Российской Федерации за 10 лет.

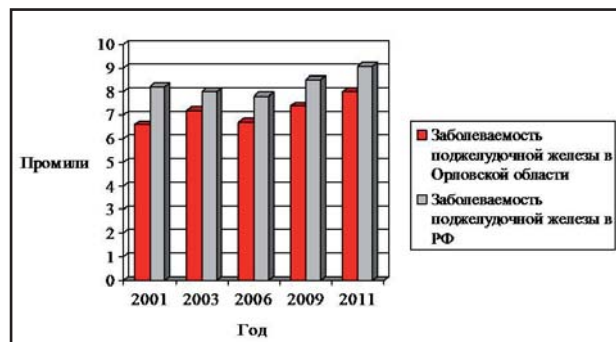


Таким образом, заболеваний органов пищеварения по Орловской области регистрируется меньше, чем по Российской Федерации на 15-20%. В то же время в структуре общей заболеваемости населения области болезни органов пищеварения занимают одно из ведущих мест – в ранговой таблице на шестой позиции (5-6%). В абсолютных числах – это около 60 тысяч случаев патологии органов пищеварения, из них с диагнозом, установленным впервые, свыше 16 тысяч. Среди больных, пролеченных в стационарах Орловской области, каждый 10–12 пациент – с патологией органов пищеварения (11–12 тысяч чел.), а среди госпитализированных в экстренном порядке – каждый 5–6 соответственно. Показатель смертности в Орловской области от болезней органов пищеварения фиксируется выше, чем по Российской Федерации (в 2011 году – 7,6 на 10 тыс. среднегодового населения против 6,5 по

стране) [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14].

В структуре заболеваний органов пищеварения патология поджелудочной железы составляет значительную долю и является проблемной по результатам лечения.

Распространенность заболеваний поджелудочной железы по Орловской области в динамике за 10



лет составляет: 2001 г. – 6,6‰, по РФ – 8,2‰; 2003 г. – 7,2‰, по РФ – 8,0‰; 2006 г. – 6,7‰, по РФ – 7,8‰; 2009 г. – 7,4‰, по РФ – 8,5‰; 2011 г. – 8,0‰, по РФ – 9,1‰ (рис.2) [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14].

**Рис.2.** Распространенность заболеваний поджелудочной железы в Орловской области и Российской Федерации.

Особое место среди заболеваний поджелудочной железы отводится панкреатиту, как наиболее тяжелой патологии по исходам и затратной в плане диагностики и лечения [4, 6]. В большей степени это относится к острым и деструктивным формам панкреатита. По данным Орловской области, больные с острым панкреатитом составляют 5-10% от общего числа пациентов хирургического профиля, и большая их часть обращается за медицинской помощью позже суток от начала заболевания (свыше 50%).

Результаты лечения острого панкреатита напрямую зависят от сроков госпитализации от начала заболевания. Данное заболевание прогрессирует быстро, на ранних этапах возникают тяжелые осложнения (панкреонекроз, ферментативный перитонит, полиорганная недостаточность). И чем позже больной доставлен в стационар, тем серьезнее осложнения и выше летальность. Доставлено в стационар больных с острым панкреатитом позже 24 часов от начала заболевания (% к экстренным хирургическим случаям): 2001 г. – 51,3%, РФ – 46,2%; 2003 г. – 54,2%, РФ – 49,1%; 2006 г. – 57,4%, РФ – 53,4%; 2009 г. – 60,5%, РФ – 56,0%; 2011 г. – 50,3%, РФ – 48,2% (рис.3) [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14].

Мы проанализировали заболеваемость острым

панкреатитом в Орловской областной клинической больнице с 1999 по 2011 гг. Постепенное нарастание заболеваемости сменяется внезапным увеличением в 2006 году, а затем следует незначительное снижение (рис. 4).

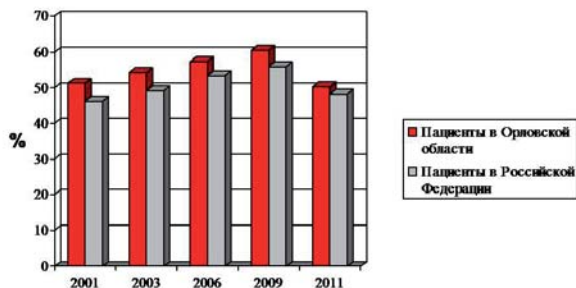


Рис. 3. Доставленные в стационар пациенты с острым панкреатитом позже 24 часов от начала заболевания.

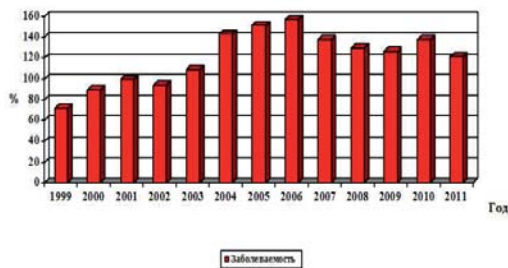


Рис. 4. Частота случаев острого панкреатита в Орловской областной клинической больнице.

За период с 1999 по 2001 гг. в среднем на стационарное лечение в Орловскую областную клиническую больницу поступало 87 больных с острым панкреатитом в год, в период 2002-2004 гг. эта цифра составила 115 больных. В период 2005 – 2008 гг. количество данных пациентов в среднем составляло 144 больных в год и в период 2009-2011 гг. данный показатель составил 128 больных, с максимальным подъемом в 2006 году – до 157 человек в год.

Нередко результаты лечения острого панкреатита остаются неудовлетворительными из-за поздней обращаемости пациентов, несвоевременного распознавания патологических изменений в поджелудочной железе. Между тем, острый панкреатит относится к заболеваниям, при которых в полном объеме действует правило «золотого часа». Именно в первые часы от начала заболевания во многом определяется величина структурно-функционального ущерба и возможность его компенсации, запускаются различные механизмы, которые затем в различные сроки реализуются на клиническом уровне в виде тяжелых гнойно-септических осложнений.

По статистическим данным областной клинической больницы, среди оперированных и неопе-

рированных пациентов с острым панкреатитом преобладали больные, поступившие после 24 часов от момента начала заболевания. При этом в группе неоперированных, пациентов, поступивших до 24 часов, было больше, чем в группе оперированных. Зависимость тактики лечения от времени поступления в стационар отражена в рис. 5, 6.

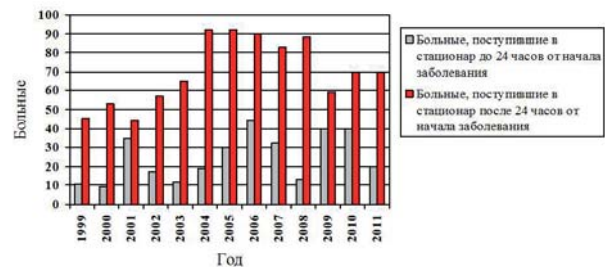


Рис. 5. Выбор консервативной тактики лечения острого панкреатита в зависимости от времени поступления в стационар.

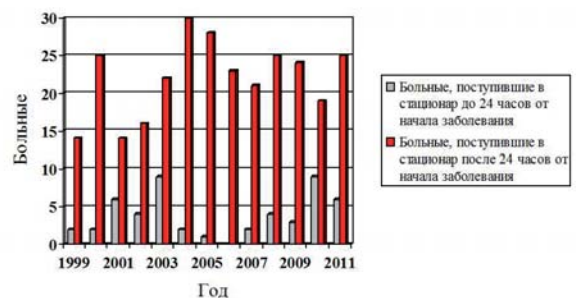


Рис. 6. Выбор оперативного лечения больным острым панкреатитом в зависимости от времени поступления в стационар.

Несмотря на определенные успехи и достижения за последнее десятилетие в диагностике и лечении различных форм панкреатитов, динамики в улучшении исходов заболевания не отмечается. Консервативное и оперативное лечение острого панкреатита сопровождается высокой летальностью, составляющей в среднем от 15-25% и достигающей при панкреонекрозе 30-40% [1, 2, 5].

В Орловскую областную клиническую больницу госпитализируются пациенты с наиболее тяжелыми формами панкреатита (в том числе переводятся из учреждений здравоохранения районов области). Соответственно показатель летальности при остром панкреатите среди всех госпитализированных (не оперированных и оперированных) фиксируется выше, чем по области в целом (рис. 7).

Среди госпитализированных позже 24 часов летальность выше в 2-3 раза, чем среди пациентов, поступивших в стационар в первые сутки от начала заболевания. Особенно высокая летальность при остром панкреатите среди оперированных пациентов (рис. 8), что обусловлено быстрым прогрессированием деструкции поджелудочной железы и



тяжестью состояния больных. Удельный вес больных, которым выполняется хирургическое вмешательство, составляет от 25 до 30% от общего числа госпитализированных.

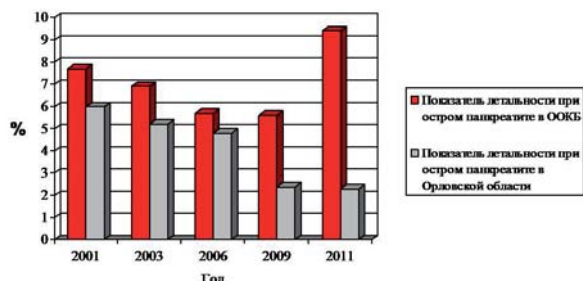


Рис. 7. Показатель летальности при остром панкреатите среди всех госпитализированных (не оперированных и оперированных) в Орловской областной клинической больнице и в Орловской области.

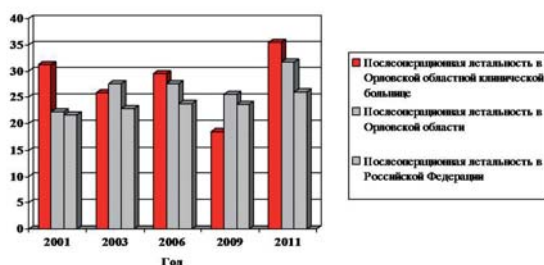


Рис. 8. Оценка послеоперационной летальности при остром панкреатите в Орловской областной клинической больнице, в Орловской области и в Российской Федерации.

При анализе послеоперационной летальности в Орловской областной клинической больнице отмечается ее прогрессирующее снижение, начиная с 2006 года, но с 2011 года происходит увеличение показателя. По Орловской области аналогичная динамика. В Российской Федерации послеоперационная летальность при острых панкреатитах несколько ниже, чем в Орловской области, но также

есть тенденция к росту показателя.

Наиболее вариабельны показатели летальности при панкреонекрозе, а это прямо связано с организацией доставки больных, своевременностью выявления патологии и лечебными возможностями территориальных медицинских учреждений.

Таким образом, острый панкреатит – достаточно распространенное неотложное состояние при болезнях органов пищеварения, характеризующееся прогрессирующим ростом заболеваемости. Данная патология наносит существенный экономический ущерб, поскольку поражает преимущественно (до 70% заболевших) лиц трудоспособного возраста [1].

Учитывая этиологические факторы заболевания, особое внимание следует уделить активному информированию населения о факторах риска развития острого панкреатита и необходимости своевременного обращения за медицинской помощью. Ведь именно в первые часы от начала заболевания во многом определяется объем и обратимость патологического процесса, возможность его компенсации. Прогноз исхода заболевания зависит не столько от вида оказываемой медицинской помощи, сколько от тяжести патологического процесса и своевременного его распознавания. Следует акцентировать внимание на результатах первого контакта пациента с медицинским работником, развитии преемственности между стационаром и поликлиническим звеном.

Полученные результаты представляют научно-практический интерес для сравнительной оценки распространенности острого панкреатита среди населения и особенностей распространения этого заболевания на территории Орловской области. Полученные данные являются основой для проведения организационных и профилактических мероприятий по снижению заболеваемости.

#### Библиографический список

1. Бурневич С.З., Гельфанд Б.Р., Орлов Б.В., Цыденжапов Е.Ц. Деструктивный панкреатит: современное состояние проблемы. Вестник хирургии. 2000. 1. С.116-123.
2. Нестеренко Ю.А., Лантев В.В., Михайлусов С.В. Диагностика и лечение деструктивного панкреатита. М 2007; С.283-295.
3. Рыбаков Г.С., Дибров М.Д., Брискин Б.С. Алгоритм обследования и лечения больных острым панкреатитом. Хирургия. 2008. №4. С.20.
4. Савельев В.С., Филимонов М.И., Гельфанд Б.Р. и др. Панкреонекроз: актуальные вопросы классификации, диагностики и лечения (результаты анкетирования хирургических клиник Российской Федерации). CONSILIUMMEDICUM. 2000. Т.2. № 7.
5. Толстой А.Д., Панов В.П., Красногоров В.Б., Вашетко Р.В., Скородумов А.В. Панкреатит. Санкт-Петербург, 2003. 255с.
6. Шевченко Ю.Л. Протоколы комплексного лечения деструктивного панкреатита на ранних стадиях. Хирургия. 2009. №6. С.4.
7. Сборник статистических материалов «Здоровье населения Орловской области и деятельность учрежде-



ний здравоохранения в 2000 году», Орел, 2001 г. 142 с.

8. Сборник статистических материалов «Здоровье населения Орловской области и деятельность учреждений здравоохранения в 2002 году», Орел, 2003 г. 140 с.

9. Сборник статистических материалов «Здоровье населения Орловской области и деятельность учреждений здравоохранения в 2003 году», Орел, 2004 г. 127 с.

10. Сборник статистических материалов «Здоровье населения Орловской области и деятельность учреждений здравоохранения в 2004 году», Орел, 2005 г. 130 с.

11. Сборник статистических материалов «Здоровье населения Орловской области и деятельность учреждений здравоохранения в 2006 году», Орел, 2007 г. 153 с.

12. Сборник статистических материалов «Здоровье населения Орловской области и деятельность учреждений здравоохранения в 2009 году», Орел, 2010 г. 223 с.

13. Сборник статистических материалов «Здоровье населения Орловской области и деятельность учреждений здравоохранения в 2010 году», Орел, 2010 г. 190 с.

14. Сборник статистических материалов «Здоровье населения Орловской области и деятельность учреждений здравоохранения в 2011 году», Орел, 2012 г. 135 с.

**O.S. SAURINA, I.V. MAMOSHINA, A.V. MAMOSHIN**

#### **ANALYSIS OF THE INCIDENCE OF ACUTE PANCREATITIS IN THE OREL REGION**

*Currently, acute pancreatitis is one of the first diseases of the digestive system, which is characterized by frequent and severe complications and high mortality. Prevalence and a progressive increase in the number of patients with acute pancreatitis, according to health outcomes, etiological factors, reflects the social status of society and the need to improve the diagnostic and treatment process. Successful treatment requires well-formed work and interaction of different hospital services because of the outcome of the disease depends directly on timely diagnosis, early detection of complications and duration of treatment.*

*Key words: acute pancreatitis, morbidity, mortality, organization.*



**Е.А. СЕМЕНОВА***аспирант кафедры внутренних болезней  
Орловского государственного университета  
Тел. 8 926 169 48 44***В.И. ВИШНЕВСКИЙ***доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой внутренних болезней Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 42 94 53*

## СТРЕСС И ГИПЕРТОНИЯ

*Эмоциональные перенапряжения, обусловленные нарастанием темпа жизни, урбанизацией, экологическими катастрофами, информационными перегрузками и конфликтами, являясь причиной многих сердечно-сосудистых заболеваний. Фактором, провоцирующим развитие артериальной гипертонии, является стресс.*

*Ключевые слова: стресс, сердечно-сосудистые заболевания, артериальное давление, профилактика, здоровый образ жизни.*

Стресс – это естественная реакция организма на кризисные ситуации, в которых необходима скорая мобилизация сил. Стрессом называют психоэмоциональное перенапряжение человека. Интересно высказывание Ганса Селье, который еще в 1946 г. писал: «Стресс – это все, что ведет к быстрому старению организма или вызывает болезни». [3]

Действительно, стресс является приметой нашего времени, неотъемлемой частью нашей повседневной жизни. Современная жизнь с ее напряженностью и ускоренным темпом, постоянное напряжение, нехватка времени, тысяча забот и неприятностей, широкая зона межличностных контактов, создающих возможность конфликтов, является чрезмерной нагрузкой для организма. Длительные эмоциональные расстройства, сочетающиеся с гипертензивными реакциями, постепенно «изменяют» поведение сердечно-сосудистой системы, приводя к формированию сначала прессорной доминанты ее реагирования, а затем и к стойкой артериальной гипертонии. (Ю.М. Губачев, Е.М. Стабровский [1])

Полностью избежать стресса невозможно. Формы стресса различны и многообразны. Он может быть полезным и разрушительным. В состоянии стресса нарушаются механизмы жизнедеятельности организма, истощаются защитные силы. Тем не менее, чрезмерное «количество» стресса может привести к эмоциональным, психологическим и даже физиологическим проблемам, включая болезни сердца и сосудов. Кроме того стресс может усугублять течение хронических заболеваний.

Следует отметить, что стрессовые ситуации, как правило, непродолжительные. Проходит некоторое время, и все становится на свои места.

Человек может вести полноценную жизнь и быть в гармонии с собой. Однако у отдельных людей стресс может играть роль пускового механизма в развитии артериальной гипертонии. Здесь стресс является не только фактором, провоцирующим развитие артериальной гипертонии, но и меняет характер течения заболевания. У таких больных часто наблюдаются резкие подъемы артериального давления (АД), головокружение, беспокойный сон, сердцебиение, тошнота, головная боль, шум в ушах, усталость, состояние депрессии, потеря аппетита, ломота в суставах, обложенный язык, сухость во рту, кишечные расстройства.

Наблюдения, беседы, анкетирование пациентов, посещающих школу гипертонии Центра здоровья при поликлинике № 191 г. Москвы, свидетельствуют, что всем пациентам хорошо знакомо стрессовое состояние, и как его результат – испорченное настроение, напряжение, отрицательные эмоции, производственные конфликты.

Кроме того, наблюдения показали, что стресс оказывает влияние на развитие гипертонической болезни, и здесь огромную роль играют личностные особенности больных. Личность человека страдает в случае нарушения деятельности регуляторных механизмов эмоциональной системы. При этом проявляются как экзогенные, так и эндогенные факторы. Так у больных после 50 лет (25 %) визит к врачу, ожидание в очереди, разговоры о болезни приводят к внутренней напряженности, тревоге, беспокойству, нервозности и как результат – повышению артериального давления. У больных после 40 лет (35 %) при поверхностном анализе хотя и наблюдается самообладание, искренность, обаяние и дружелюбие, однако за этим нормальным и поло-

жительным состоянием при беседе выявляется чувствительность, нерешительность, неуверенность в себе, ранимость, что также свидетельствует о дисгармоничности в структуре личности, которая приводит к неадаптивному поведению вегетативных реакций и повышению артериального давления. У мнительных пациентов (10 %), которые начитались или наслушались о симптомах различных заболеваний и пытаются обнаружить их у себя, на приеме резко повышается АД, учащается сердцебиение, которое восстанавливается до нормы после беседы, а по возвращении домой поднимается вновь. У 5 % больных проявлением стресса является повышенная нервозность, резкие перепады настроения, быстрая утомляемость и повышение АД.

Изменение погоды, резкие перепады атмосферного давления, колебания температур и смена влажности воздуха, как правило, вызывают не только подъемы АД, но и стресс. Пациенты жалуются на головную боль, нарушение сна, нервозность, рассеянность и множество других изменений настроения (35 %).

Следует отметить, что люди, у которых остро развито чувство ответственности, сочетающееся с честолюбием, стремлением к успеху, много работают, пренебрегают отдыхом. У них в условиях стресса нередко отмечается беспомощность, отчаяние, элементы тревожной мнительности, вспыльчивости, они постоянно мучаются и изматывают себя, а склонности к депрессии увеличивают остроту их восприятия, провоцируют патологическую личностную реакцию на заболевание и увеличивают степень повышения АД и тяжесть сосудистых нарушений (65 %). Люди же неторопливые, уравновешенные, умеющие отдыхать, радоваться жизни легче переносят трудности и жизненные невзгоды (20 %).

Таким образом, наличие в организме человека внутреннего напряжения, опустошенности и подавленности, обиды или растерянности, душевного дискомфорта, чувства психологической незащищенности может стать причиной стресса, вызывающего повышение артериального давления. Этими причинами могут быть:

- личностные особенности;
- профессия;
- характер деятельности;
- стрессорные нагрузки на рабочем месте;
- интенсивное нервно-психическое напряжение;
- бессонница или сонливость;
- повышенная раздражительность или апатия;
- утомляемость или упадок сил;
- ощущение собственной бесполезности или чувства вины;

- подавленное настроение;
- длительные психоэмоциональные перенапряжения, сочетающиеся с неудовольствием;
- психологические факторы (чувствительность к критике, нарушение внутреннего равновесия, сложность адаптации в новом коллективе или при смене руководства, неудовлетворенность собой и окружением);
- длительные отрицательные эмоциональные расстройства (неуверенность, враждебная настроенность, неадаптивное поведение);
- значительное снижение или увеличение веса;
- межличностные конфликты на работе, в семье;
- переживания, неудачи;
- социальное положение в семье;
- семейные ссоры;
- дисгармония сексуальных отношений;
- потеря близкого человека;
- депрессивное состояние;
- неблагоприятная экологическая обстановка;
- катаклизмы, стихийные бедствия;
- дорожно-транспортное происшествие;
- экономические потрясения;
- смена погоды;
- визит к врачу.

Исследования К.В. Судакова [4], проведенные над животными, показали, что формирование устойчивого повышения АД не происходит без включения гормонов надпочечников. Надпочечники при эмоциональном стрессе возбуждаются ранее повышения АД, а выделяющиеся при этом кортикостероиды и адреналин при определенных условиях могут воздействовать на адренергические образования ретикулярной формации, усиливая и продлевая ее тоническое влияние на центры продолговатого мозга. Таким образом, формируется «порочный» круг: первично возникающее в условиях эмоционального стресса возбуждение лимбикоретикулярных структур мозга вторично усиливается и поддерживается действием на них гормонов надпочечников.

Известно, что адреналин и норадреналин учащают пульс и дыхание и повышают кровяное давление. Они способствуют также увеличению в крови некоторых веществ (в частности, триацетилглицеролов), что по цепной реакции приводит к возникновению сердечно-сосудистых заболеваний: атеросклероза, инфаркта миокарда, инсульта.

В этой связи, современный человек обязан уметь защититься от стресса и его последствий, которым может стать артериальная гипертония. Вот почему так важно знать, как противостоять стрессу, как в борьбе с физическим и нервным напряжением научиться контролировать и адекватно выражать

свои эмоции, умело использовать различные методы профилактики. (Ю.В.Красиков [2])

Что может способствовать уменьшению влияния стресса:

- соблюдение здорового образа жизни;
- регулярные физические упражнения;
- соблюдение диеты, ограничение калорийности;
- питание с пониженным содержанием соли, животных белков, богатое фруктами и овощами, морской рыбой;
- способ приготовления пищи;
- прогулки на свежем воздухе;
- общение с интересными и позитивными людьми;
- теплые, доверительные отношения с другими людьми;
- занятия для души;
- самосовершенствование;
- высокая самооценка, что рано или поздно вы справитесь со всеми трудностями;
- создание собственного комфортного окружения;
- слушание произведений классиков;
- различные техники расслабления;
- релаксация;
- отказ от вредных привычек;
- подбор лекарственной терапии.

В работе с пациентами школы мы ставили своей задачей научить их понимать механизмы проявления стресса, противостоять ему, использовать и управлять им, чтобы сделать жизнь полноценной. Мы советовали пациентам не подавлять отрицательные эмоции, а дать им выйти: так, оставшись наедине с собой, хорошо поплакать, покричать, побить подушку или порвать бумагу, можно написать рассказ о своих переживаниях или рассказать о них близкому человеку. Борьба со стрессом и его болезненными проявлениями можно, нужно только взять в руки самого себя, свой режим, диету, свое поведение и даже настроение. Важную роль в умении противостоять стрессу играют соблюдение здорового образа жизни, правильное питание, физическая активность и релаксация.

Вот некоторые правила правильного питания.

1. Ешьте продукты в их самом свежем виде. Покупайте овощи и фрукты, выращенные в вашем регионе.

2. Постройте питание на основе естественных продуктов. Это мясо, морская рыба, домашняя птица, молоко, сыр, яйца, творог, злаки, стручковые, орехи, сушеные фрукты.

3. Ешьте пищу, богатую сложными углеводами (цельные зерна, хлеб из муки грубого помола, каши).

4. Ешьте фруктовые салаты, заправленные йогуртом.

5. Исключите из рациона острую, пряную и очень жирную пищу.

6. Не смешивайте компоненты пищи. Пользуйтесь принципом раздельного питания.

7. Принимайте пищу 4-5 раз в день.

8. Покупая продукты в упаковке, проверьте, не содержат ли они консервантов, красителей или ненужных добавок.

9. Обращайте внимание на надписи на упаковке продуктов. В них не должны содержаться соль, сахар, крахмал и другие ингредиенты.

10. Уменьшите употребление соли и сахара.

11. Следите за количеством и калорийностью пищи.

12. Избегайте алкоголя, особенно пива.

13. Замените чай и кофе на фруктовый чай, чай на травах, они не содержат кофеина.

Борьба со стрессом можно с помощью релаксации. Релаксация – это метод, с помощью которого можно частично или полностью избавиться от физического или психического напряжения. Мы учили пациентов целенаправленно и вдумчиво осваивать релаксацию, разучивать и отрабатывать релаксационные упражнения. Объясняли, что только терпение, упорство и систематичность проведения упражнений могут обеспечить успех. Все упражнения рекомендовали выполнять лежа на спине, при этом ноги разведены в стороны, ступни развернуты носками наружу, руки свободно лежат вдоль тела, ладонями вверх. Голова слегка запрокинута назад. Все тело расслаблено, дыхание через нос. Упражнения выполняются в медленном темпе, с закрытыми глазами. Первоначально упражнения выполнялись под руководством инструктора ЛФК. Затем по мере овладения комплексом его давали каждому пациенту для самостоятельного выполнения дома. Через несколько занятий проверяли качество выполнения упражнений. В 85 % случаев к пациентам возвращалось спокойствие и хорошее настроение, они смотрели на свои «неразрешимые» проблемы более спокойно и трезво. Кроме того, они с удовольствием выполняли предложенные комплексы релаксации.

Далее в нашу задачу входило научить пациентов, особенно среднего возраста, следить за собственной походкой, осанкой, прямым положением головы, движениями рук. Показывали, как с помощью гордо поднятой головы и упругой походки можно постепенно снять внутреннее напряжение, избавиться от страха и тревоги, противостоять стрессу.

Следующий этап – занятия физическими упражнениями и спортом. Физическая активность

способствует не только укреплению здоровья, но и умению противостоять стрессу. Здесь рекомендовали оздоровительный бег, плавание, ходьбу на лыжах. Наиболее полезным является оздоровительный бег. Он не требует специальной подготовки – бегать можно где угодно, когда угодно, в любое время года. Только бегать нужно регулярно, не пропуская ни одного дня, не делая себе никаких послажек. Бегать нужно для себя, для своего здоровья, ради удовольствия, чтобы со временем это стало привычкой на всю жизнь.

Кроме того всем пациентам раздавали памятки «Совет борьбы со стрессом»:

- воспринимайте каждый прожитый день как подарок судьбы;
- находите время для общения;
- общайтесь с интересными и позитивными людьми;
- приносите радость другим людям (поздравляйте с праздниками, дарите подарки, шутите и улыбайтесь);
- будьте физически активными;
- больше времени посвящайте активному отдыху;
- занимайтесь арт-терапией (пойте, танцуйте, рисуйте, вяжите, сочиняйте стихи, рассказы);
- заведите домашних животных (это могут быть собаки, кошки, рыбки, попугаи, морские свинки, хомячки и др.);
- чаще говорите себе: «как я хорошо выгляжу», «как хорошо, что...»;
- находите даже в плохом известии зерно «хорошего»;
- не позволяйте обиде, злости, зависти завладеть вашими мыслями;
- не отвечайте оскорблением на оскорбление;
- не спешите осуждать других;
- не жалеете себя и других людей и не жалуйтесь на судьбу;
- старайтесь доводить любое дело до конца;
- создайте в семье атмосферу любви, доверия и безопасности;
- учитесь анализировать разные точки зрения;
- устраните эмоциональный накал;
- не копите негативные эмоции и мышечное напряжение;
- сосредоточьтесь, соберитесь с мыслями, осознайте собственные возможности.
- Если конфликт уже произошел:

- сядьте на стул, не опираясь на спинку, руки свободно положите на колени, глаза закройте, дышите через нос спокойно, не напряженно;

- сосчитайте до 10, затем медленно вдохнуть носом, задержать дыхание, выдохнуть воздух через нос и потянуться всем телом. Повторить 5 раз;

- сидя в удобном положении или лежа на спине, закройте глаза. Несколько раз медленно повторите: «Я расслабляюсь и успокаиваюсь» ...; или «Я абсолютно спокоен. Я уверен в себе. У меня все получится. Все будет хорошо»; или «Весь мой организм отдыхает. Я отдохнул и успокоился. Самочувствие хорошее! С удовольствием перейду к делу!». После этого сделайте глубокий вдох и одновременно хорошо потянитесь всем телом и встаньте на ноги. Затем сделайте несколько простых разминочных упражнений и приступайте к делам;

- используйте успокаивающее дыхание. Сделайте глубокий вдох носом. На выдохе слегка сожмите мышцы горла, чтобы получился звук, напоминающий храп. Выдох, как и вдох, осуществляйте закрытым ртом. Дышите 1-5 минут;

- массаж среднего пальца по 2-3 минуты на каждой руке;

- массаж кончика мизинца по 2-3 минуты на каждой руке;

- массаж мочки уха по 2-3 минуты;

- массаж центральной части подбородка указательным пальцем круговыми движениями по 10 раз по часовой и против часовой стрелки 2-3 минуты;

- выпейте антистрессовый чай с мятой, мелиссой.

В случае длительного стресса и невозможности справиться немедикаментозными методами лечения, пациентам назначался афобазол по 1 таб. 3 раза в день, курсом 1 месяц, в результате только 5 % пациентов понадобилась профессиональная помощь психоневролога.

Наблюдения за пациентами среднего возраста показали, что некоторые (15 %) научились прогнозировать стрессовую ситуацию и избегать ее или противодействовать ей.

Таким образом, данные рекомендации при их выполнении постепенно могут превратиться в привычки и стать составной частью здорового образа жизни. Здоровая, активная жизненная позиция поможет выстоять в большинстве стрессовых ситуаций.



**Библиографический список**

1. Губачев Ю.М. Стабровский Е.М. Клинико-физиологические основы психосоматических соотношений. М: Медицина, 2001. 316 с.
2. Красиков Ю.В. Стресс, постстрессовые состояния и основы организации реабилитационной работы. М., 2007. 32 с.
3. Селье Г. Стресс без дистресса. Пер. с англ. М.: Прогресс, 1982. 128 с.
4. Судаков К.В., Попова Э.Н., Коплик Е.В., Иванникова Н.О. Эмоциональный стресс в развитии экспериментального геморрагического инсульта у крыс с различной стресс-устойчивостью. Неврология и психиатрия. Инсульт. 2009. № 10. С. 39-46.

**E.A. SEMENOVA, V.I. VISHNEVSKY**

**STRESS AND HYPERTENSION**

*Urbanization, ecological disasters, information overburdening and conflicts lead to the emotional overstrains. They are the cause of the different heart vascular disease. Stress is the factor provoking to the development of hypertension.*

*Key words: stress, heart vascular disease, blood pressure, prophylaxis, healthy mode of life.*



**О.Ю. СИНЕНКОВА***врач-кардиолог кардиологического отделения  
Орловской областной клинической больницы  
Тел. 8 920 808 79 83***Д.Б. КОЛОМЕЕЦ***кандидат медицинских наук, доцент кафедры  
внутренних болезней Орловского государственного  
университета  
Тел. (4862) 43 21 85*

## ЛЕЧЕНИЕ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТОНИИ У МОЛОДЫХ МУЖЧИН ПРИЗЫВНОГО ВОЗРАСТА БЛОКАТОРАМИ РЕЦЕПТОРОВ АНГИОТЕНЗИНА II

*В статье представлены результаты исследования в течение 24 недель антигипертензивной эффективности валсартана и лозартана у молодых мужчин призывного возраста с артериальной гипертензией. Используются методы: определение клинического АД, суточное мониторирование АД. Гипотензивная терапия лозартаном и валсартаном обеспечивала равномерный и длительный антигипертензивный эффект. Лечение блокаторами рецепторов ангиотензина II характеризовалось хорошей переносимостью, отсутствием побочных эффектов.*

*Ключевые слова: артериальная гипертензия, молодые мужчины призывного возраста, суточное мониторирование артериального давления, лозартан, валсартан.*

### **Актуальность исследования**

Артериальная гипертензия (АГ) – одна из главных проблем кардиологии в связи с ее широкой распространенностью среди населения, низким уровнем контроля АД и весомым вкладом в развитие и прогрессирование сердечно-сосудистых заболеваний [3,5,10,11]. Свообразным индикатором состояния здоровья нации и предвестником изменений в здоровье населения в будущем можно считать здоровье молодежи. АГ занимает одно из ведущих мест в структуре сердечно-сосудистой патологии в молодом трудоспособном возрасте и первое место по вкладу в смертность от сердечно-сосудистых заболеваний [3,5]. Неблагоприятной особенностью течения АГ у молодых лиц является раннее формирование поражения органов-мишеней [4,13]. Для эффективного контроля артериального давления (АД) необходим регулярный длительный прием гипотензивной терапии. Результат лечения во многом определяется тем, насколько качественно пациент выполняет рекомендации врача и какой базовый препарат назначен. Сложный или нерациональный прием, побочные эффекты, плохая переносимость препарата – основные причины отказа от лечения. Особенно это относится к лицам молодого возраста, приверженность которых к лечению крайне низка [7]. Нельзя не учитывать и особенности, свойственные молодому возрасту: анагнозию, минимальную акцентуацию на состояние своего здоровья, отсутствие готовности к постоянной терапии, крайне низкая комплаентность [5,12].

В Европейских рекомендациях по диагностике и лечению АГ и хронической сердечной недостаточности (2007г.) признана полигенность эссенциальной АГ [16]. В последние десятилетия в клиническую кардиологию широко вошли блокаторы рецепторов ангиотензина II (БРА), воздействующие на основные механизмы нейрогуморальной регуляции – ренин-альдостероновую и симпатoadреналовую системы.

Сегодня БРА считаются эффективными антигипертензивными препаратами с выраженными органопротективными свойствами, удобным однократным режимом приема, хорошей переносимостью и метаболически нейтральными [2,6,8]. БРА позиционируют как препараты первого ряда у молодых пациентов с малым стажем АГ, у которых отмечается повышенная активность ренин-альдостероновой системы [12].

В наше время в России применяют валсартан, ирбесартан, кандесартан, лозартан, телмисартан, эпросартан. За каждым препаратом стоит серьезная доказательная база [1]. В исследованиях содержится достаточно сведений о высокой эффективности, хорошей переносимости и безопасности БРА [15,19,20,21]. Однако в доступной нам литературе не обнаружено данных о сравнительной эффективности сартанову призывников с АГ. Появилась необходимость провести сравнительную оценку эффективности отдельных представителей БРА у молодых мужчин с АГ.

**Цель:** сравнительная оценка клинической

эффективности и переносимости блокаторов рецепторов ангиотензина II валсартана (80 мг/сут.) и лозартана (50 мг/сут.) у молодых мужчин призывного возраста с АГ.

### Материал и методы

В исследование были включены 72 призывника в возрасте от 18 до 27 лет, направленных в стационар в связи с повышенными цифрами АД для проведения экспертизы годности к службе в Вооруженные силы Российской Федерации. Диагноз АГ устанавливали в соответствии с Национальными клиническими рекомендациями по АГ (2010 г.) [8]. Критерии включения: мужской пол, возраст 18-27 лет, АГ 1-2 степени. Критерии исключения – симптоматическая АГ, лица, профессионально занимающиеся спортом. Обследованные лица не имели в анамнезе указаний на прием гипотензивной терапии.

Таблица 1.

Характеристика пациентов, включенных в исследование (n=72)

Показатель	Группа валсартана (n=36)	Группа лозартана (n=36)
Возраст, годы	21,5±2,4	22,0±2,9*
Масса тела, кг	85,7±10,1	83,9±11,8*
Рост, см	180,3±6,6	182,0±5,8*
ОТ, см	90,5±10,3	92,8±11,1*
САД, мм рт. ст.	145,2±3,1	144,4±2,6*
ДАД, мм рт. ст.	85,5±2,7	86,7±2,4*
ОХС, ммоль/л	4,8±1,0	4,9±1,3*
ТГ, ммоль/л	1,4±0,9	1,5±0,8*
ХС ЛПВП, ммоль/л	1,8±0,6	1,6±0,3*
ХС ЛПНП, ммоль/л	2,5±0,9	2,8±1,1*
Сывороточный креатинин, мкмоль/л	98,4±8,0	94,9±9,9*
Глюкоза, ммоль/л	4,6±0,6	4,9±0,4*

Примечание. \* – значимость различий (p>0,05).

Таблица 2.

Структура АГ у пациентов по группам исследований (n=72)

Структура АГ		Группа валсартана (n=36)	Группа лозартана (n=36)
Форма АГ n (%)	ИСАГ	26 (72,2)	28 (77,8)*
	ИДАГ	1 (2,8)	0*
	СДАГ	9 (25,0)	8 (22,2)*
Степень АГn (%)	1 степень	33 (91,7)	32 (88,9)*
	2 степень	3 (8,3)	4 (11,1)*
Стадия АГn (%)	1 стадия	26 (72,2)	27 (75,0)*
	2 стадия	10 (27,8)	9 (25,0)*
Рискп (%)	низкий	2 (5,6)	1 (2,8)*
	средний	19 (52,8)	21 (58,3)*
	высокий	15 (41,7)	14 (38,9)*

Примечание. ИСАГ – изолированная систолическая АГ, ИДАГ – изолированная диастолическая АГ, СДАГ – систоло-диастолическая АГ. \* – значимость различий (p>0,05).

Дизайн: исследование было открытое, последовательное, сравнительное. Длительность наблюдения 24 недели. Для изучения влияния антигипертензивных препаратов пациенты были рандомизированы на две группы, сопоставимые по возрасту, клиническими лабораторным данным (см. табл. 1, 2). Первая группа (n=36) получала валсартан («Вальсакор», KRKA, Словения) в суточной дозе 80 мг утром однократно, пациенты 2-ой группы (n=36) – лозартан («Лозап», Zentiva, Чехия) в суточной дозе 50 мг однократно утром.

Критерием эффективности терапии было достижение целевого уровня АД < 140/90 мм рт.ст. В ходе исследования пациенты приглашались на контрольные визиты через 1, 3 и 6 месяцев, при которых оценивали изменение АД, контроль принимаемой терапии. Измерение АД проводили исходно и на фоне лечения в течение 6 месяцев (врачебный контроль и самоконтроль пациентом) и суточного мониторирования АД (СМАД) до и через 6 месяцев терапии. Анализировали среднедневные и средненочные показатели систолического АД (САД) и диастолического АД (ДАД), расчет индекса времени (ИВ) САД и ДАД, вариабельности АД (VarAD), суточного индекса (СИ) АД, величину и скорость утреннего повышения АД, а также степень ночного снижения АД. Стратификацию риска проводили по шкале SCORE.

Обработка данных выполнена с помощью методов вариационной статистики. Описанные параметры представлены в виде средних выборочных значений и стандартной ошибки средней (M±σ). Достоверность различий средних величин определяли с помощью t-критерия Стьюдента. Различия считались достоверными при p<0,05.

### Результаты

Среди всех пациентов жалобы, связанные с повышенным АД, предъявляли 80,6% призывников. Наиболее частыми жалобами были головные боли различной локализации, сердцебиение, головокружение, дискомфорт в груди (см. табл. 3). В группе валсартана изначально жалобы, связанные с повышенным АД, предъявляли 30 человек (83,3%), через 24 недели на фоне регулярного приема антигипертензивной терапии только 7 человек (19,4%), что существенно меньше по сравнению с начальным этапом (p<0,01).

В группе лозартанаснижение АД также сопровождалось улучшением самочувствия: количество жалоб уменьшилось с 77,8% (n=28) до 13,8% (n=5) (p<0,01). При приеме лозартана у одного пациента возникла слабость, не потребовавшая отмены препарата.

Таблица 3.  
Клинические проявления у больных с АГ (n=72)

Клинические проявления	Валсартан (n=36)		Лозартан (n=36)	
	До лечения	После лечения	До лечения	После лечения
Головная боль, n (%)	27 (75,0)	5 (13,9)*	24 (66,7)	4 (11,1)*
Головокружение, n (%)	21 (58,3)	3 (8,3)*	16 (44,4)	2 (5,6)*
Дискомфорт в груди, n (%)	20 (55,6)	3 (8,3)*	17 (47,2)	2 (5,6)*
Сердцебиение, n (%)	15 (41,7)	1 (2,8)*	14 (38,9)	2 (5,6)*
Мелькание «мушек» перед глазами, n (%)	10 (27,8)	2 (5,6)*	11 (30,6)	1 (2,8)*
Боль в глазах, n (%)	3 (8,3)	0**	2 (5,6)	0
Кровотечение из носа, n (%)	1 (2,8)	1 (2,8)	1 (2,8)	0
<b>Всего жалоб, n (%)</b>	<b>30 (83,3)</b>	<b>7 (19,4)*</b>	<b>28 (77,8)</b>	<b>5 (13,8)*</b>

Примечание. \* – достоверность различий (p<0,01), \*\* – достоверность различий (p<0,05)

Через 4 недели терапии на фоне приема валсартана отмечалось достоверное снижение клинического АД со  $145,2 \pm 3,1/85,5 \pm 2,7$  мм рт.ст. до  $133,5 \pm 2,9/78,0 \pm 2,1$  мм рт.ст (p<0,01/p<0,05). На втором контрольном визите через 12 недель терапии клиническое АД по группе составило  $128,6 \pm 3,2/76,4 \pm 2,5$  мм рт.ст.(p<0,001/p<0,01). Через 24 недели терапии степень снижения среднего АД по группе была еще более значимой – до

$123,2 \pm 2,6/75,1 \pm 2,3$  мм рт.ст.(p<0,001/p<0,01). Т.о. через 6 месяцев наблюдения САД по группе уменьшилось в среднем на 22,0 мм рт.ст, ДАД – 10,4 мм рт. Ст. Важным показателем эффективности антигипертензивной терапии является количество пациентов, достигших целевого АД. В первой группе целевой уровень АД удалось достичь у 94,4% (n=34) призывников.

В группе лозартана целевое АД достигли 88,9% (n=32) молодых мужчин. Через 4 недели терапии АД снизилось со  $144,4 \pm 2,6/86,7 \pm 2,4$  мм рт.ст. до  $132,8 \pm 3,1/79,1 \pm 2,2$  мм рт.ст (p<0,01/p<0,05). На втором контрольном визите клиническое АД по группе стало  $129,3 \pm 2,9/78,1 \pm 2,4$  мм рт.ст. (p<0,001/p<0,05). На контрольном третьем визите среднее АД по группе составило  $122,7 \pm 3,2/76,1 \pm 2,5$  мм рт.ст. (p<0,001/p<0,01). Т.о. через 6 месяцев наблюдения САД по группе уменьшилось в среднем на 21,7 мм рт.ст, ДАД – 10,6 мм рт. Ст.

При сравнении показателей суточного профиля АД были получены следующие результаты. В группе валсартана статистически значимо снизились значения среднего АД за сутки, день и ночь (табл.4).

Показатели СМАД на фоне терапии валсартаном (n=36)

Таблица 4.

Показатели	САД		p	ДАД		p
	исходно	через 24 нед.		исходно	через 24 нед.	
АД среднесут. мм рт.ст	140,2±2,7	122,0±4,4	P<0,001	82,2±2,2	72,2±3,0	P<0,01
АД среднедневн., мм рт.ст	142,0±3,5	123,7±4,5	P<0,01	85,5±2,1	76,3±3,6	P<0,01
АД среднечечн., мм рт.ст	128,4±2,2	110,1±4,2	P<0,001	5,9±2,2	3,5±2,8	P<0,001
ИВ среднесут., %	47,1±4,2	8,3±3,3	P<0,001	8,6±0,9	4,7±0,6	P<0,001
ИВ среднедневн., %	48,1±4,4	10,6±3,2	P<0,001	10,1±0,9	6,2±0,7	P<0,001
ИВ среднечечн., %	36,1±4,0	5,1±3,2	P<0,001	7,3±0,8	3,1±0,6	P<0,001
ВарАД среднесут., мм рт.ст	14,2±1,8	12,9±1,3	н/д	12,8±1,3	9,3±0,8	P<0,05
ВарАД среднедневн., мм рт.ст	16,0±2,6	12,6±1,5	н/д	13,9±1,6	11,0±0,9	н/д
ВарАД среднечечн., мм рт.ст	13,0±1,2	10,6±1,8	н/д	11,8±1,2	8,7±0,7	P<0,05
СИ, %	13,2±1,2	14,1±1,3	н/д	14,1±1,3	15,0±1,4	н/д
Скорость утреннего подъема АД, мм рт.ст/час	13,9±2,2	6,2±0,7	P=0,001	11,3±1,6	4,5±0,6	P<0,001
Величина утреннего подъема АД, мм рт.ст.	41,1±2,0	21,0±3,1	P<0,001	36,3±1,6	17,8±2,8	P<0,001

Примечание. н/д – результаты недостоверны (p>0,05)

По результатам суточного профиля АД среднесуточное АД снизилось со  $140,2 \pm 2,7/82,2 \pm 2,2$  мм рт. т. до  $122,0 \pm 4,4/72,2 \pm 3,0$  мм рт.ст. ( $p < 0,001/p < 0,01$ ). Через 24 недели терапии отмечено достоверное значимое снижение показателей АД в дневное и ночное время (табл.4). Необходимо отметить, что в группе валсартана АД снижалось в большей степени за счет ночных показателей САД и ДАД. Исходный среднесуточный ИВ  $47,1 \pm 4,2/8,6 \pm 0,9\%$  на фоне терапии стал  $8,3 \pm 3,3/4,7 \pm 0,6\%$  ( $p < 0,001/p < 0,001$ ). Статистически достоверно уменьшились показатели ИВ САД и ДАД в дневные и ночные часы. Уменьшение вариабельности АД произошло за счет ночных показателей ДАД (с  $11,8 \pm 1,2$  мм рт. ст. до  $8,7 \pm 0,7$  мм рт.ст,  $p < 0,05$ ). Влияние на вариабельность ДАД дневное, а также на САД дневное и ночное время было недостоверно. Важным положительным моментом в лечении валсартаном было его влияние на динамику утреннего подъема АД. По данным литературы, величина и скорость утреннего подъема АД являются факторами, влияющими на развитие сердечно-сосудистых осложнений в будущем. В многоцентровых клинических ис-

следованиях показано, что утренние часы – время максимального риска внезапной смерти, инфарктов, инфарктов [14]. В конце 24 недельного курса терапии уменьшились величина утреннего подъема АД для САД и ДАД на 48,9% и 50,9% ( $p < 0,001/p < 0,001$ ), скорость – на 41,0% и 60,1% ( $p = 0,001/p < 0,001$ ) соответственно.

Как видно из табл.5, лозартан в дозе 50 мг в сутки снижал среднесуточные, среднедневные, средненочные показатели САД и ДАД сопоставимо эффективности валсартана. Однако, лозартан оказывал антигипертензивный эффект в большей степени за счет влияния на САД в дневное время (САД снизилось со  $143,6 \pm 3,2$  мм рт.ст., до  $122,6 \pm 4,6$ ,  $p < 0,001$ ). Снижение вариабельности АД произошло за счет уменьшения дневного САД (с  $16,6 \pm 2,8$  до  $10,3 \pm 1,3$  мм рт.ст.,  $p < 0,05$ ). В группе лозартана также отмечалось сглаживание параметров утренней динамики АД. Но по влиянию на скорость и величину утреннего подъема как САД, так и ДАД лозартан уступал валсартану (табл.4).

Динамика СИВ целом в обеих группах была недостоверна.

Таблица 5.

Показатели СМАД на фоне терапии лозартаном (n=36)

Показатели	САД		P	ДАД		P
	исходно	через 24 нед.		исходно	через 24 нед.	
АД среднесут., мм рт.ст	$140,8 \pm 2,9$	$123,6 \pm 4,3$	$P = 0,001$	$88,5 \pm 2,3$	$77,3 \pm 3,5$	$P < 0,01$
АД среднедневн., мм рт.ст	$143,6 \pm 3,2$	$122,6 \pm 4,6$	$P < 0,001$	$89,0 \pm 2,2$	$78,1 \pm 3,8$	$P < 0,01$
АД средненочн., мм рт.ст	$127,8 \pm 2,4$	$112,3 \pm 4,1$	$P < 0,001$	$75,1 \pm 2,5$	$64,8 \pm 3,0$	$P = 0,01$
ИВ среднесут., %	$47,6 \pm 3,7$	$9,1 \pm 2,9$	$P < 0,001$	$8,9 \pm 0,9$	$4,6 \pm 0,6$	$P < 0,001$
ИВ среднедневн., %	$57,4 \pm 3,6$	$12,9 \pm 3,0$	$P < 0,001$	$9,5 \pm 0,9$	$6,73 \pm 0,5$	$P < 0,01$
ИВ средненочн., %	$37,0 \pm 3,8$	$6,3 \pm 3,1$	$P < 0,001$	$7,6 \pm 0,7$	$3,8 \pm 0,9$	$P < 0,001$
ВарАДсреднесут., мм рт.ст	$14,0 \pm 2,1$	$11,5 \pm 1,0$	н/д	$11,9 \pm 1,2$	$9,3 \pm 0,9$	н/д
ВарАДсреднедневн., мм рт.ст	$16,6 \pm 2,8$	$10,3 \pm 1,3$	$P < 0,05$	$12,6 \pm 0,8$	$10,9 \pm 1,0$	н/д
ВарАДсредненочн., мм рт.ст	$12,6 \pm 1,6$	$9,9 \pm 0,8$	н/д	$11,2 \pm 1,4$	$8,5 \pm 0,8$	н/д
СИ, %	$13,6 \pm 1,1$	$12,0 \pm 1,2$	н/д	$14,3 \pm 1,0$	$14,9 \pm 1,1$	н/д
Скорость утреннего подъема АД, мм рт.ст/час	$14,2 \pm 2,1$	$72,3 \pm 0,8$	$P < 0,01$	$11,8 \pm 1,5$	$6,9 \pm 0,5$	$P < 0,01$
Величина утреннего подъема АД, ммрт.ст.	$40,8 \pm 2,2$	$24,6 \pm 3,2$	$P < 0,01$	$34,5 \pm 2,1$	$22,7 \pm 3,0$	$P < 0,01$

Примечание. н/д – результаты недостоверны ( $p > 0,05$ )



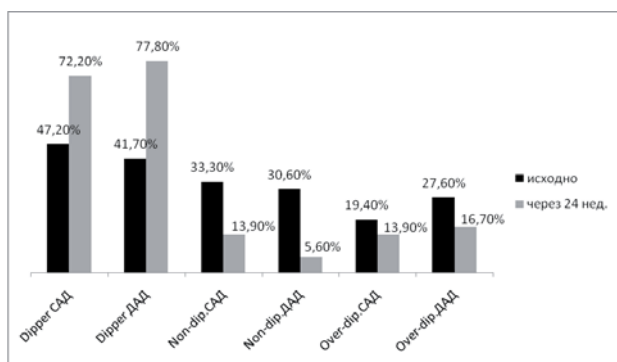


Рис.1. Варианты суточного профиля АД в группе валсартана.

Положительным моментом в лечении валсартана и лозартана явилось их влияние на степень ночного снижения АД. По литературным данным ночная гипертензия и недостаточная степень ночного снижения АД у больных с АГ ассоциируются с ранним атеросклеротическим поражением сонных артерий и гипертрофией миокарда левого желудочка по сравнению с пациентами с неустойчивым суточным ритмом или нормальным ночным снижением АД [17,18,22]. Терапия валсартаном не нарушала исходно нормальный суточный ритм АД – степень ночного снижения АД не менялась при равномерном снижении АД в дневные и ночные часы. В первой группе у молодых мужчин призывного возраста нарушения ночного снижения САД по типу «Non-dipper» были у 12 (33,3%), «Over-dipper» у 7 (19,4%); нарушения ночного снижения ДАД: «Non-dipper» у 11 (30,6%), «Over-dipper» у 10 (27,6%) призывников. Количество пациентов в группе Dipper по САД увеличилось с 47,2% до 72,2% ( $p<0,01$ ) за счет 7 пациентов из группы «Non-dipper» и 2 пациентов из группы «Over-dip-

per». Dipper по ДАД увеличилось с 41,7% до 77,8% ( $p<0,001$ ). В группе «Over-dipper» значения АД не опускались до границ гипотонии (86/48 мм рт.ст.).

Через 24 недели терапии в группе лозартана также отмечалось увеличение пациентов с суточным ритмом Dipper по САД (с 58,3% до 77,8%,  $p<0,01$ ) и по ДАД (с 52,8% до 63,9%,  $p<0,05$ ) (рис.2).

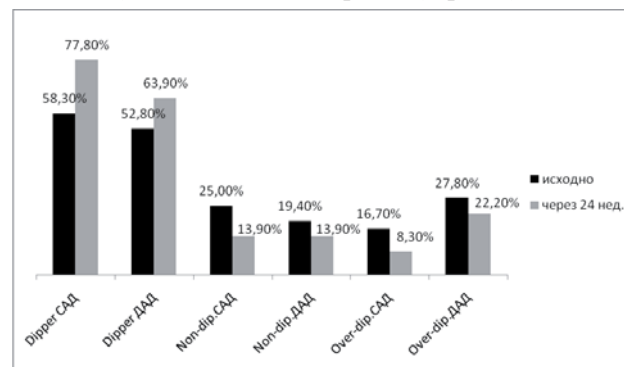


Рис.2. Варианты суточного профиля АД в группе лозартана.

### Выводы

1. Назначение валсартана в дозе 80 мг/сут позволило достичь целевого АД в 94,4%, при назначении лозартана в дозе 50 мг/сут целевого уровня АД достигли 90,6% ( $p>0,05$ ) молодых мужчин призывного возраста.

2. Валсартан и лозартан достоверно удерживали целевое АД в течение 24 часов, оказывая влияние на среднесуточные САД, ДАД, нагрузку давлением, не меняя динамику суточного индекса в целом.

3. Снижение АД сопровождалось улучшением самочувствия – количество жалоб, связанных с повышенным АД, среди всех призывников уменьшилось с 80,6% ( $n=58$ ) до 16,7% ( $n=12$ ) ( $p<0,001$ ).

### Библиографический список

1. Барышникова Г.А. Сравнительный метаанализ эффективности валсартанов при лечении артериальной гипертензии. Российский медицинский журнал. Кардиология. 2010. №22, том 18. С. 1356-1360.
2. Булдакова Н.Г. Антагонисты рецепторов ангиотензина в клинической практике. Российский медицинский журнал. 2008. №11. С.1567-1571.
3. Демографический ежегодник России: Статистический сборник. Федеральная служба государственной статистики. М., 2010. 528 с.
4. Кисляк О.А., Сторжжаков Г.И., Петрова Е.В. Суточное мониторирование у подростков и лиц молодого возраста. Росс. Мед. Журнал. 2004. №3 С.49-51.
5. Кобалава Ж.Д., Котовская Ю.В., Моисеев В.С. Артериальная гипертензия. Ключи к диагностике и лечению. М.: ГЭОТАР-Медиа. 2009. 864с.
6. Кобалава Ж.Д., Шаварова Е.К. Антагонисты рецепторов ангиотензина II в кардиологической практике: современный взгляд на проблему. Российский медицинский журнал. 2008. №11. с.1609-1616.
7. Конради А.О., Полуничева Е. В. Недостаточная приверженность к лечению артериальной гипертензии: причины и пути коррекции. Артериальная гипертензия. 2004. Т.10. №3. С.137-143.
8. Национальные клинические рекомендации по диагностике и лечению артериальной гипертензии (четвертый пересмотр). Всероссийское научное общество кардиологов. М. 2010. 592 с.
9. Ратова Л.Г., Колос И. П., Чазова И.Е. Блокаторы рецепторов к ангиотензину II – мы стали ближе к паци-

енту. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2005. Т.4. №2. С.40-45.

10. Тимофеева Т.И., Шальнова С.А., Константинов В.В. и др. Распространенность факторов, влияющих на прогноз больных артериальной гипертонией, оценка общего сердечно-сосудистого риска. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2005. №4. С.15-24.

11. Шапошник И.И., Синицын С.П., Бубнова В.С., Чулков В.С. Артериальная гипертензия в молодом возрасте. М.: Медпрактика-М. 2011. 140 с.

12. Шальнова С.А., Баланова Ю.А., Константинов В.В. Артериальная гипертензия: распространенность, осведомленность, прием антигипертензивных препаратов и эффективность лечения среди населения Российской Федерации. РКЖ. 2006. №4. С.45-50.

13. Шулуток Б.И. Артериальная гипертензия 2000. СПб.: ПЕНКОР, 2001. 382с.

14. Burt VL, Cutler JA, Higgins M, et al. Trends in the prevalence, awareness, treatment and control of hypertension in the adult US population. Data from the Health examination surveys. 9601991. // Hypertension. 1995. 26(1). P.60-69.

15. Conlin P.R. Angiotensin II Antagonists in the Treatment of Hypertension: More Similarities Than Differences // Clin. Hypertens. 2000. Vol. 2. P.253–257.

16. ESH-ESC Guidelines Committee. 2007 guidelines for the management of arterial hypertension. //Hypertension-2007. № 25. P. 1105-87.

17. Fratolla A, Parati G, Cuspidi C, et al. Prognostic value of 24hour pressure variability //Hypertens.- 1993.-№ 11. - P. 1133-1137.

18. Kannel W. Potency of vascular risk factors as the basis for antihypertensive therapy. Framingham study. //Eur Heart. 1992. № 13. P. 34-42.

19. Law M., Wald N., Morris J. Lowering blood pressure to prevent myocardial infarction and stroke: a new preventive strategy // Health. Technol. Assess. – 2003.– Vol. 7.– P.1–94.

20. Matchar D.B., McCrory D.C., Orlando L.A. et al. Systematic review: comparative effectiveness of angiotensin-converting enzyme inhibitors and angiotensin II receptor blockers for treating essential hypertension // Ann. Int. Med. 2008. Vol. 148. P.16–29.

21. Nixon R.M., Muller E., Lowy A., Falvey H. Valsartan vs. other angiotensin II receptor blockers in the treatment of hypertension: a meta-analytical approach // Int. J. Clin. Pract. 2009. Vol. 63 (5). P. 766–775.

22. Somers V, Dyken M, Mark A, et al. Autonomic and hemodynamic responses during sleep in normal and sleep-apneic humans. //Hypertens. 1992. № 10. P. 4.

O.Y. SINENKOVA, D.B. KOLOMEEC

#### TREATMENT OF AN ARTERIAL HYPERTENSION BY ANGIOTENSIN II RECEPTOR ANTAGONISTS AT YOUNG MEN OF MILITARY AGE

*This article describes for 24 weeks the results of the study of treatment the antihypertensive efficacy of valsartan and losartan in young men of military age with arterial hypertension. Office BP measurement, and 24-hour BP monitoring were performed. Antihypertensive therapy with valsartan and losartan provides prolonged and even antihypertensive effect. The therapy was well tolerated, with minimal adverse reactions.*

Key words: arterial hypertension, young men of military age, 24-hour blood pressure monitoring, losartan, valsartan.

**Р.Н. СТЕПАНОВА**

доктор медицинских наук, профессор кафедры акушерства и гинекологии Орловского государственного университета  
E-mail: rimmans2006@rambler.ru

**А.С. КОСОВА**

аспирант кафедры акушерства и гинекологии Орловского государственного университета  
E-mail: annasergi@rambler.ru

**Л.П. ТАРАСОВА**

кандидат медицинских наук, доцент кафедры акушерства и гинекологии Орловского государственного университета, главный врач городского роддома  
E-mail: gorroddom@mail.ru

**Н.Н. СМОЛЕЧКОВА**

аспирант кафедры акушерства и гинекологии Орловского государственного университета  
E-mail: nataliya85@yandex.ru

## ДОПЛЕРОСОНОМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРЕЭКЛАМПСИИ В I ТРИМЕСТРЕ БЕРЕМЕННОСТИ

**Цель:** оценить прогностический потенциал измерения доплеровским цветовым картированием (ЦДК) на 11 – 14 неделях беременности особенностей кровотока в маточных артериях (МАр) для предсказания развития позднего гестоза (ПЭ). **Дизайн исследования:** проспективно осуществили ультрасонометрическое исследование 254 женщин на 11-14 неделе одноплодной беременности. Кровоток в МАр измеряли в режиме ЦДК, при этом рассчитывали среднее значение пульсационного индекса (ПИ) и регистрировали на кривых скоростей кровотока (КСК) наличие/отсутствие диастолической выемки. **Результаты:** у 11(4,3%) женщин произошел ранний самопроизвольный выкидыш. Кесаревым сечением родоразрешены 2 (0,82%) женщины (в 28 и 32 недели беременности из-за тяжелой нефропатии и преэклампсии). У одной женщины беременность осложнилась преждевременной отслойкой плаценты, 2(0,82%) недоношенных младенца при рождении имели симптомы задержки внутриутробного роста. Нормальные КСК отмечены у 215(88,5%), а у 28(11,52%) на КСК присутствовали диастолические выемки: билатеральные – у 16(6,58%), унилатеральные – у 12(4,94%) женщин. Чувствительность прогноза ПЭ в присутствии двусторонней инцизуры составила 10,26%, ППЦ – 75,0%; ОР – 3,5 при 95% CI 3,17 – 3,81. Среднее значение, медиана и 95 центиль ПИ в МАр равны 1,33, 1,32 и 1,84 соответственно. Чувствительность прогноза ПЭ по величине ПИ  $\geq 95$  центиля, ППЦ, ОР соответственно равны 12,82%; 78,95%; 4,5 CI 4,22 – 4,76. **Заключение.** Исследование кровотока в МАр в режиме ЦДК на 11-14 неделе гестации способно выявить более трех четвертей беременных с высоким риском развития ПЭ. Присутствие на КСК диастолических выемок ассоциируется с повышением риска развития ПЭ в позднюю беременность в 2 – 3 раза. Допплеросонометрия в конце I триместра гестации способствует отбору беременных в группу высокого риска развития ПЭ и последующему проведению этим беременным превентивных мероприятий.

**Ключевые слова:** преэклампсия, прогнозирование, доплеровское сканирование маточных артерий, доплер-сканирование на 11 – 14 неделях беременности.

Клиническая классификация, принятая в России, включает в гестоз водянку, нефропатию, преэклампсию, эклампсию. Англоязычные акушеры выделяют только две клинические формы позднего гестоза: преэклампсию и эклампсию [11]. Нефропатия, преэклампсия и эклампсия (ПЭ) являются серьезнейшими осложнениями гестации, нередко сопровождаются преждевременными родами, преждевременной отслойкой плаценты, смертью плода; коагуляцион-

ными расстройствами, отеком легких, амаврозом, смертью матери; у некоторых пациенток в будущем формируются сердечно-сосудистые заболевания; при ПЭ возрастает уровень оперативного родоразрешения [4, 11, 43]. Среди причин материнской смертности ПЭ занимает второе место после акушерского кровотечения [46], в России – третье. Частота гестоза в РФ в 2009 г составила 17,8%, за последнее десятилетие частота тяжелых форм увеличилась на 22,7%.

За рубежом ПЭ поражается около 5% беременных, 18% из них погибают [26].

Несмотря на клиническую значимость ПЭ, этиология и патофизиологические механизмы её развития по-прежнему остаются неразгаданными, лимитируя тем самым эффективное лечение [22,35]. Согласно современным представлениям, ПЭ и ассоциированные материнские и перинатальные осложнения есть следствие несостоятельности функций маточно-плацентарного комплекса [14]. В основе патологии, как считают, лежит неполноценная инвазия трофобласта в спиральные артерии децидуальной оболочки, вследствие чего имеет место недостаточное ремоделирование артериол, изливающих кровь в интервиллезные пространства, в результате возникает и персистирует гипоперфузия и ишемия плаценты. Плохо перфузируемая плацента продуцирует и освобождает в материнскую циркуляцию факторы, активирующие клетки эндотелия и способствующие генерализации системной эндотелиальной дисфункции, а к III триместру гестации приводят к клинической манифестации ПЭ. Вероятнее всего, нарушения взаимодействия плаценты и материнских тканей являются первопричиной ПЭ [12,33,34].

До настоящего времени этиопатогенетически обоснованной терапией пациенток с ПЭ является быстрое бережное родоразрешение (кесарево сечение, акушерские щипцы), однако при оперативном лечении в конце II начале III триместра, т.е. при ранней манифестации ПЭ (<32 недель), возрастает угроза гибели глубоко незрелого новорожденного, прежде всего из-за незрелости его легких (респираторный дистресс-синдром и болезнь гиалиновых мембран).

Женщины с ПЭ в 2 – 3 раза чаще по сравнению с нормотензивными беременными подвергаются кесареву сечению, у них более продолжительное лечение в стационаре, назначаемая гипотензивная терапия в большинстве случаев оказывается бесполезной. Поэтому важнейшей клинической задачей в современных условиях является прогнозирование и предупреждение ПЭ, для чего необходимо уже в раннюю беременность отобрать женщин в группу высокого риска развития ПЭ и для них разработать индивидуальную превентивную стратегию [11,13].

Перечень факторов риска ПЭ обширен, включает экстрагенитальные заболевания (гипертензия, диабет, коллагенозы, антифосфолипидный синдром, гипергомоцистеинемия, ожирение, гиперандрогения, цитомегаловирусная инфекция), отягощенный акушерский анамнез; генетические, иммунологические, поведенческие факторы и др., однако оценка предсказательной ценности факторов риска показала их невысокий прогностический уровень, за ис-

ключением некоторых неблагоприятных факторов окружающей среды, которые оказались способны несколько модулировать индивидуальный риск развития ПЭ [2,12,33,46]. Таким образом, факторы риска, предложенные для прогнозирования ПЭ, в большинстве своем оказались недостаточно чувствительными, либо предсказывали ПЭ в позднюю беременность [23].

В последнее десятилетие исследователи фокусируют внимание на поиске биомаркеров, ассоциированных с ранним (до 34 нед.) развитием ПЭ и выделяемых плохо перфузируемой плацентой, в надежде, что определяемые в раннюю беременность биомаркеры помогут идентифицировать беременных женщин с высоким риском развития ПЭ.

Биомаркерами и предикторами ПЭ считаются цитокины, проангиогенные и антиангиогенные факторы, микрочастички синцитиотрофобласта; маркеры оксидантного стресса; активированные моноциты и нейтрофилы, проходящие в интервиллезное пространство; плацентарный протеин РР13, альбумин, ассоциированный с беременностью РАРР; бета-субъединица ХГ и др. [14,19,20,21,34]. Предлагается в целях предсказания ПЭ и СЗРП сочетать определение биомаркеров в материнской циркуляции с неинвазивным методом исследования – доплеросонометрией а.а.uterinae, обычно выполняемой в качестве рутинного антенатального скрининга при первом раннем визите беременной в женскую консультацию [15,36,37].

Цель настоящего исследования – оценка прогностического потенциала измерения доплеровским цветовым картированием (ЦДК) на 11 – 14 неделе беременности особенностей кровотока в МАР для предсказания ПЭ.

**Материалы и методы.** В Орловском городском родильном доме с 01.01.2008 по 31.12.2011 года в рамках рутинного ультрасонометрического скрининга (выполняется всем беременным при их первом визите в женскую консультацию для определения срока беременности, исключения врожденных пороков развития у плода, хромосомной патологии) на 11 – 14-й неделе гестации исследовали 254 женщины с одноплодной беременностью и живым плодом, при этом длина плода (копчиково-теменной размер, КТР) составила 45–84 мм. В последующем проводилось проспективное наблюдение за течением гестации, регистрировались осложнения, материнские и перинатальные исходы.

Исследования проводили с учетом положения «О юридических и этических принципах медико-биологических исследований у человека» (Бюллетень ВАК Министерства образования России, 2002, 3). Выполненная работа не ущемляла права и



не подвергала опасности субъектов и соответствовала требованиям биомедицинской этики, утвержденным Всемирной медицинской ассоциацией в 2000 году. Согласно протоколу исследования, критерием включения явилось добровольное информированное согласие беременной на участие в исследовании.

ПЭ диагностировали в случае появления во 2-ю половину беременности признаков из триады Цангемейстера (отеки, гипертензия, протеинурия) + симптомы гипертензивной энцефалопатии + судороги, не связанные с неврологическими заболеваниями [11].

Всего живыми родились 243 ребенка, их вес при рождении конвертировали в центили; для диагностики у них СЗРП пользовались ранее опубликованными нормограммами, при этом новорожденных с массой тела ниже 10 центиля учитывали как имеющих вес, меньше должного для данного гестационного возраста [5].

Ультрасонометрические измерения проводили в положении женщины на спине ультразвуковыми аппаратами ALOKA 3500 (Япония) и SonoAce С (Medison, Корея). Для визуализации МАР использовали импульсный режим ЦДК, при этом окно ЦДК размещали на боковых стенках матки в области проекции a.uterinae. После идентификации МАР контрольный доплеровский объем помещали в просвет каждой артерии и регистрировали на кривых скоростей кровотока (КСК) в МАР (рис.1), наличие/отсутствие диастолической выемки (рис.2), рассчитывали среднее для МАР значение ПИ.

Для статистического анализа полученных результатов использовали пакеты программы Excel 2007 Microsoft Office. Стьюдент-тестом определяли достоверность различий средних значений ПИ между пациентками с манифестировавшей ПЭ и женщинами с физиологической беременностью, существенной считали разницу при  $p \geq 0,05$ .

Регрессионным анализом оценивали взаимосвязь среднего ПИ a.a.utrinae с гестационным возрастом плода, рассчитывая при этом 95-й центиль ПИ для каждого миллиметра разницы копчико-теменного размера (КТР, рис. 3;  $r^2 = 0,033$ ,  $p < 0,001$ ).

Связь ПЭ с факторами высокого риска определяли вычислением относительного риска (ОР) по формуле  $ОР = a \cdot d / b \cdot c$ , где **a** и **c** – число женщин с осложнениями гестации, подверженных и не подверженных действию фактора риска; **b** и **d** – число женщин без осложнений, подверженных и не подверженных воздействию фактора риска.

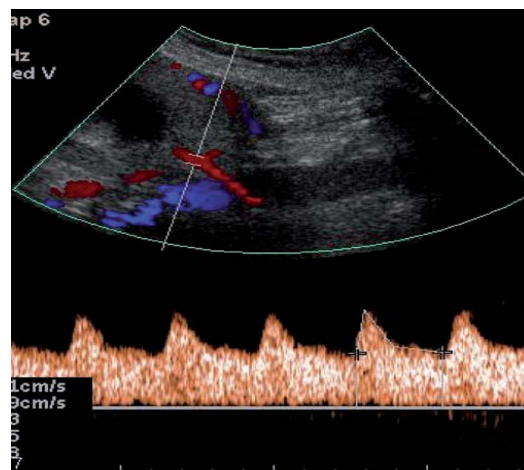


Рис 1. Нормальные КСК МАР, полученные в режиме ЦДК.

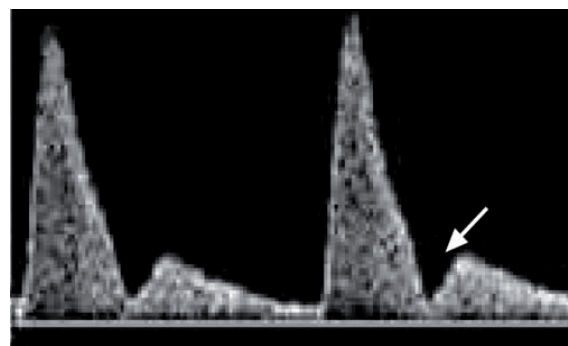


Рис 2. Патологические КСК МАР с диастолической выемкой.

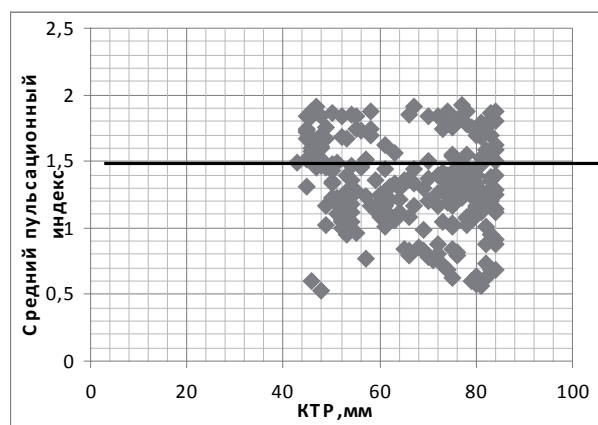


Рис 3. Распределение среднего ПИ в МАР в соответствии с фетальным КТР.

Чувствительность (степень точности прогноза) подсчитывали для женщин, отобранных в группу высокого риска развития ПЭ. Положительную прогностическую ценность (ППЦ) определяли для группы высокого риска подсчетом доли женщин с действительно манифестировавшей ПЭ.

Чувствительность прогноза ПЭ, ППЦ показателя среднего ПИ 1,84 (95% уровень доверия) рассчитывали, используя критерий хи-квадрат. Критерием



хи-квадрат определяли также чувствительность и ППЦ таких факторов риска, как возраст матери <19 лет и ≥35 лет, ИМТ <18,5 и >25,0; первая и повторная беременность, повторные роды; подсчитывали также величину атрибутивного риска указанных факторов с целью определения их приоритетности и управляемости.

**Результаты.** Все матери были в возрасте от 17 до 38 лет, средний возраст составил 24,5 года; среди них 11 (4,33%) женщин были подростками (возраст до 18 лет включительно) и 10 (4%) женщин ≥ 35 лет. Первородящими оказались 122 (50,21%) женщины, повторнобеременными первородящими – 178 (73,25%), повторнородящими – 65 (26,75%).

Индекс массы тела (ИМТ) исследованных колебался в пределах 15,3 - 38,8; средний ИМТ – 25,6; среди них с дефицитом массы тела (ИМТ<18,5) оказалось 8 (3,15%) женщин, с избыточной массой тела (ИМТ 25,0 – 29,9) – 36 (14,17%), с ожирением (ИМТ 30,0 – 39,9) – 7 (2,76%), морбидного ожирения (ИМТ≥40,0) у исследованных матерей не было.

Акушерский анамнез 1-й повторнобеременной женщины был отягощен перенесенной в прошлом ПЭ, гипертонической болезнью до зачатия страдали 11 (4,53%) пациенток; хроническим пиелонефритом – 53 (22%), хроническим тонзиллитом – 13 (5,35%), заболеваниями щитовидной железы и дыхательной системы – соответственно 12 (5%) и 8 (3,3%), миопией – 14 (5,76%). У 2-х женщин беременность наступила после ЭКО. У одной пациентки возникла преждевременная отслойка плаценты, у 11 (4,3%) – беременность закончилась ранним самопроизвольным выкидышем; последующее антенатальное наблюдение осуществляли за течением 243 беременностей

У 117 (48,15%) женщин беременность осложнилась ПЭ, в их числе 102 (42%) – водянкой, 15 (6,2%) – нефропатией и преэклампсией. Ранняя манифестация тяжелой ПЭ отмечена в 2(0,7%) случаях – в 28 и 32 недели, потребовалось оперативное родоразрешение (кесарево сечение).

Всего живыми родились 243 ребенка, 236 из

них – своевременно с гестационным возрастом ≥38 нед. и 7 (2,9%) – с гестационным возрастом 28 – 37 недель (недоношенные). У всех доношенных детей вес при рождении соответствовал гестационному возрасту, 2(0,85%) недоношенных новорожденных имели вес ≤ 10 центиля, их матери были поражены ПЭ. Вес 126 детей, рожденных матерями без ПЭ, соответствовал их гестационному возрасту.

Допплерометрический скрининг на 11 – 14 неделях осуществлен у 243 женщин с одноплодной беременностью. Нормальные доплерограммы были в 215 (88,5%) случаях и у 28 (11,52%) женщин на КСК присутствовали диастолические выемки, в последующем у 19(67,86%) с диастолическими выемками развернулась ПЭ, у остальных 9(32,14%) женщин беременность протекала без осложнений. У 98(45,58%) женщин с нормальными КСК беременность в начале III триместра осложнилась ПЭ.

Билатеральные инцизуры присутствовали на 16(6,58%) КСК, в последующем у 12 беременных манифестировала ПЭ; односторонние выемки выявлены в 12(4,94%) случаях, из них ПЭ развернулась у 7 женщин.

Прогностические характеристики предсказания ПЭ в зависимости от наличия/отсутствия диастолических выемок на КСК представлены на таблице 1.

Как следует из табл.1, наличие диастолических инцизур на КСК, особенно двусторонних, ассоциируется с повышением риска развития ПЭ в 2 – 3 раза.

Среднее значение, медиана и величина ПИ в а.а.uterinae 95-го центиля составили 1,33, 1,32 и 1,84 соответственно.

Средняя величина ПИ в МАР 95-го центиля, равная 1,84, была обратно пропорционально связана с фетальным КТР( $r^2 = 0,033$ ,  $p < 0,001$ ).

Величина среднего ПИ в МАР ≥ 95 центиля выявлена в 15 (12,82%) случаях из 117. У остальных 102 беременных средний ПИ был меньше величины 95-го центиля. Чувствительность предсказания ПЭ по величине среднего ПИ ≥ 95-го центиля, ППЦ, ОР составили соответственно 12,82%, 78,95%; 4,5 при 95% CI 4,22 – 4,76.

Таблица 1.

Прогностические характеристики предсказания ПЭ и СЗРП по диастолическим выемкам

	N	Ч (%)	N	ППЦ (%)	ОР	95% CI	p
<b>ПЭ:</b>							
диастолическая выемка (двусторонняя и односторонняя)	19/117	16,24	19/28	67,86	2,52	2,23 – 2,81	< 0,05
двусторонняя выемка	12/117	10,26	12/16	75,0	3,49	3,17 – 3,81	< 0,05
односторонняя выемка	7/117	5,98	7/12	58,33	1,54	1,04 – 2,04	> 0,8

**Примечание:** N – абсолютные числа, Ч – чувствительность, ППЦ – положительная прогностическая ценность; ОР – относительный риск; CI – 95% доверительный интервал.

У 126 женщин, исследованных в конце I триместра, беременность протекала гладко (без ПЭ), их нормативные показатели величины среднего ПИ для 25-го, 50-го, 75-го центилей составили соответственно 1,1 – 1,29 – 1,54. Для 122 женщин без ПЭ и средним ПИ <1,84 нормативные показатели ПИ 25-го, 50-го, 75-го центилей были равны соответственно 1,09 – 1,29 – 1,48.

Среднее арифметическое, медиана и 95 центиль среднего ПИ в МАР у первобеременных были равны соответственно 1,40, 1,37, 1,85; у повторнобеременных первородящих – 1,26, 1,27, 1,84 и у повторнородящих – 1,22, 1,23, 1,84. Чувствительность, ППЦ, ОР для ПИ ≥ 95 центиля у первобеременных соответствовали 14,29%, 88,89%; 10,83 95% CI 10,51 – 11,15; у повторнобеременных первородящих – 12,2%, 83,33%, 10,97 95% CI 10,52 – 11,42; у повторнородящих – 10,0%, 50,0%, 2,39 95% CI 1,34 – 3,44.

Значение t в Стьюдент-тесте при сравнении величин среднего ПИ в МАР первобеременных и повторнобеременных первородящих равнялось 3,4 (p<0,001), первобеременных и повторнородящих – 3,42 (p< 0,001); повторнобеременных первородящих и женщин с повторными родами – 1,26 (p>0.2), т.е. величина ПИ в МАР была достоверно выше для первобеременных по сравнению с повторнобеременными первородящими; для первобеременных по сравнению с повторнородящими, тогда как статистически значимые различия между величинами ПИ первородящих повторнобеременных и повторнородящих отсутствовали.

Прогностический потенциал некоторых факторов риска представлен на таблице 2.

### Обсуждение результатов исследования.

Неинвазивные методы исследования маточно-плацентарной циркуляции посредством доплеро-сонометрии позволяют осуществить оптимальный мониторинг осложнений беременности. Для предсказания такой серьезной патологии, как ПЭ и СЗРП, среди беременных выделяют женщин с повышенным риском развития осложнений, этим беременным потребуется более дорогая и интенсивная антенатальная помощь, так же, как раннее проведение лечебных вмешательств с целью предупреждения клинического прогрессирования ПЭ в преэклампсию и эклампсию. Наоборот, идентификация беременных с низким риском и физиологическим течением гестации позволит уменьшить объем антенатальной помощи, сократить затраты, сохранить ресурсы.

Установлено, что патологические изменения на КСК в МАР предсказывают повышенный риск плохих материнских и перинатальных исходов, в т.ч. ПЭ, последняя клинически проявится только в III триместре. P.R.Muller et al. (2006) среди исследованных на 16 – 24 неделях гестации 222-х беременных у 15% нашли абнормальные характеристики КСК в МАР.

Впервые в 1986 г. С.Campbel et al. предложили исследовать в конце I триместра беременности маточно-плацентарный кровоток доплеросонометрически с целью идентифицировать беременных с высоким уровнем риска развития ПЭ, авторы указывают, что распознавание патологии на КСК в раннюю беременность предсказывает развитие ПЭ в III триместре. Некоторые же исследователи считают наилучшим предиктором ПЭ высокие значения ПИ в МАР, измеренные в середине II триместра гестации, т.к. такие значения ПИ указывают на

Таблица 2.

Оценка степени риска развития ПЭ у исследованных беременных женщин при воздействии некоторых факторов

Риск ПЭ	N	Ч (%)	N	ППЦ (%)	ОР	95% CI	AP (%)
Первая беременность	56/117	47,79	56/122	45,9	0,91	0,65 – 1,17	
Повторная беременность первые роды	41/117	35,0	41/121	33,88	0,68	0,36 – 0,97	
Повторные роды	20/117	17,09	20/65	30,77	0,56	0,17 – 0,95	
Возраст:							
< 19 лет	9/117	7,69	9/11	81,81	5,17	4,86 – 5,48	15,88
≥ 35 лет	8/117	6,84	8/10	80	4,55	4,25 – 4,89	12,75
ИМТ:							
< 18,5	3/117	2,56	3/8	37,5	0,77	0,31 – 1,23	
> 25,0	28/117	23,93	28/43	65,12	2,33	1,7 – 2,96	19,05
Хронический пиелонефрит	22/117	18,8	22/51	43,14	0,87	0,52 – 1,22	
Гипертоническая болезнь	8/117	6,8	8/11	72,73	3,01	2,63 – 3,39	8,34

**Примечание:** N – абсолютные числа, Ч – чувствительность, ППЦ – положительная прогностическая ценность; ОР – относительный риск; CI – 95% доверительный интервал; AP – атрибутивный риск

возрастание импеданса кровотоку в МАР, который нарушает снабжение плаценты и плода кислородом и нутриентами [28,40,42]. Исследователи уверены, что доплеросонометрия кровотока в МАР во II-м триместре может служить скрининг-тестом в прогнозировании ПЭ и СЗРП; поэтому, после отбора беременных по результатам доплер-скрининга в 21- 24 недели гестации в группу высокого риска манифестации ПЭ и СЗРП им следует для профилактики ПЭ назначить малые дозы аспирина и добавки в диету кальция, которые предупредят ПЭ в позднюю беременность.

Как оказалось, профилактика не улучшила материнские и перинатальные исходы, по-видимому, вследствие того, что превентивные вмешательства проводились слишком поздно и поэтому оказались неэффективными; однако назначение мизерных доз аспирина и добавок кальция беременным группы высокого риска в раннюю беременность существенно понизило частоту ПЭ и СЗРП [1,10,22,41].

Получив неутешительные результаты профилактики ПЭ в позднюю беременность, исследователи стали осуществлять доплер-скрининг в раннюю беременность и установили, что снижение импеданса кровотоку в МАР в конце I триместра физиологической беременности значительно ниже такового у женщин, гестация которых в последующем осложнилась ПЭ. В большинстве случаев нормально прогрессирующей беременности, но с повышенными значениями ПИ в I триместре, при прогрессировании беременности импеданс кровотоку в МАР нормализуется вследствие продолжающейся инвазии трофобласта и ремоделирования спиральных артериол. В контрасте с этим, у предрасположенных к ПЭ беременных из-за недостаточной инвазии трофобласта в децидуальные сосуды уровень ПИ остается по-прежнему высоким [4,17,45].

Полученные нами результаты доплер-исследования 243 женщин на 11 – 14 неделях беременности показали, что у 48,15% из них в III триместре манифестировала ПЭ, в т.ч. в 6,2% случаев возникли тяжелые клинические формы – нефропатия и преэклампсия; у 7,8% женщин со значениями ПИ  $\geq 95$  центиля ППЦ прогноза составила 78,95%, т.е. ПЭ развернулась в 4-х из 5 предсказанных случаев. Результаты, подобные нашим, получены и в других исследованиях [16,24,36].

Принято считать патологическими значения ПИ, выходящие за пределы 90 центиля для срока беременности; по данным W.Plasencia et al.(2008), у 22/3107 беременных развернулась ранняя (<32 недель) и у 71-й – поздняя ПЭ. Значения ПИ=90 центиллю выявлены у 77% беременных с ранней ПЭ.

О высокой предсказательной ценности прогно-

за по величине ПИ  $\geq 95$  центиля в раннюю беременность сообщают и другие исследователи [4,9,39].

Предсказание развития ПЭ по величине ПИ  $\geq 95$  центиля оказалось особенно значимым у первобеременных и повторнобеременных первородящих, но не у повторнородящих. Так, у первобеременных ППЦ составила 88,9%, относительный риск (ОР) – 10,83; 95% CI 10,51 – 11,15; у повторнобеременных первородящих соответственно 83,3%; 10,97; CI 10,52 – 11,42; тогда как у повторнородящих уровень риска возникновения ПЭ оказался в 4 раза ниже. По-видимому, первая волна инвазии трофобласта проходит по-разному у первобеременных и повторнородящих.

Как известно, инвазия трофобласта в спиральные артерии начинается в I-м и заканчивается в начале II триместра, и некоторое снижение ПИ в МАР, возможно, отражает степень и глубину инвазии, а также указывает на инверсию взаимосвязи между доплерометрическими данными и процентом сосудов с трофобластической инвазией [32].

Исследования, выполненные недавно, позволяют считать ультрасонометрический скрининг маточно-плацентарной циркуляции в конце I триместра наилучшим инструментом прогнозирования развития ПЭ [7].

В научной литературе отсутствует консенсус относительно прогностической ценности диастолической выемки (инцизуры) на КСК в МАР. A.Pilalis et al. (2007) у 80% исследованных беременных на КСК обнаружили би- и унилатеральные выемки, авторы считают, что из-за столь высокой частоты инцизур их при скрининг-исследовании нельзя использовать в качестве предиктора развития ПЭ и СЗРП. Подобного взгляда на предиктивность диастолической выемки придерживаются и другие исследователи [16,23,24,29]. Однако G.I.Mires et al.(2001) после доплер-скрининга в конце I-го триместра 6579 беременностей установили, что двусторонняя инцизура на КСК в МАР ассоциируется с повышением в 3,5 – 30,7 раза риска неблагоприятного исхода гестации, в т.ч. с манифестацией в позднюю беременность ПЭ.

Другие исследователи, проведя доплерометрию на 12 – 14 неделях гестации, установили, что билатеральные выемки предсказывают вероятность развития гестоза в большой пропорции беременных группы высокого риска [41]. Авторы считают, что диастолические инцизуры могут рассматриваться как прогностический тест при мониторинге течения беременности, ассоциирующейся с высоким риском неблагоприятных материнских и перинатальных исходов. Мы также установили высокую прогностическую ценность (67,86%) диастоличе-

ской инцизуры на КСК, при этом ОР составил 2,52 при 95% CI 2,23 – 2,81. ППЦ двусторонней инцизуры на КСК составила 75%, ОР – 3,49; 95% CI 3,17 – 3,81, т.е. риск развития ПЭ возрастает в 2 - 3 раза (таблица 1).

На табл.2 видно, что положительная предсказательная ценность первых трех факторов, традиционно ассоциируемых с повышенным риском развития ПЭ, невысока по сравнению с результатами доплеросонометрии. Достаточно высокая предиктивная способность установлена для следующих факторов риска: возраст <19 лет и  $\geq 35$  лет; ИМТ>25,0; гипертоническая болезнь. Вместе с тем, АР для ожирения составил 19%, для гипертонической болезни – 8,34%, что следует трактовать, как возможность снижения адекватными профилактическими мерами степени влияния этих факторов на частоту развития ПЭ.

Выполненное исследование демонстрирует возможность доплер-тестированием МАР в раннюю беременность успешно выделять женщин, у которых возможна ПЭ в позднюю беременность. При отборе беременных в группу высокого риска манифестации ПЭ для более точного прогноза следует комбинировать оценки таких факторов риска, как возраст, ИМТ, экстрагенитальные заболевания с оценкой доплер-характеристик КСК в МАР.

Предсказательная ценность определения среднего ПИ в МАР возрастает, если сочетать доплер-тестирование с определением в раннюю беременность биохимических маркеров [26,29,40,42]. Определение среднего ПИ в МАР и

измерение концентраций плацентарного протеина-13 в 11 – 19 недель беременности в 44-х случаях тяжелой ПЭ, манифестировавшей до 35 недель гестации, показали, что концентрации протеина-13 были существенно снижены, среднее значение ПИ равно 1,7 (в контроле – 1,0);  $p < 0,001$  [3].

Таким образом, исследование показало значительное снижение импеданса кровотоку в МАР к 11- 14 неделе гестации при физиологически протекающей беременности по сравнению с женщинами, гестация которых затем осложнилась ПЭ. Следовательно, оценка степени изменения величины ПИ оптимизирует скрининг и может быть использована, в случае высокого значения ПИ, для прогнозирования развития ПЭ в III триместре. Результаты исследования представляют научное обоснование оптимизации антенатальной помощи. Получены доказательства того, что выявленные доплер-скринингом в I-м триместре патологические изменения кровотока в МАР влекут за собой осложнения и плохие исходы беременности.

Комбинирование показателей доплер-измерений с оценками степени риска материнских факторов при первом визите беременной в женскую консультацию позволит уже в раннюю беременность сформировать группу высокого риска клинической манифестации ПЭ и разработать индивидуальную стратегию профилактики, более тщательно и чаще наблюдать этих матерей. Профилактические мероприятия, начатые с I-го триместра, окажутся более эффективными, чем при назначении их во вторую половину беременности.

#### Библиографический список

1. Степанова Р.Н. Невынашивание беременности в Таджикистане: Автореф. дисс. докт. мед. наук. Москва., 1995. 47с.
2. Степанова Р.Н. Беременность и aberrации иммунитета. Орел: ОГУ, 2010. 137с.
3. Akolekar R, de Cruz J, Foidart J-M et al: Maternal plasma soluble fms-like tyrosine kinase-1 and free vascular endothelial growth factor at 11- 13 weeks of gestation in preeclampsia. *Prenatal Diagnosis* 2010: 30, 191-197
4. Anastasakis E., Paraskevas K., Papantoniou N. et al. Association between abnormal uterine artery Doppler flow velocimetry, risk of preeclampsia, and indices of arterial structure and function//*Angiology*.- 2008. – Vol.59, N4. – P.493-499.
5. Battaglia F.C., Lubchenko L. O.f a practical classification of newborn infants by weight and gestational age// *J.Pediatr.* – 1967. - Vol.71. – P.159 – 170.
6. Baumann M.U., Bersinger N.A., Surbek D.V. Serum markers for predicting pre-eclampsia//*Mol.Aspects Med.* – 2007. – Vol.28, N2. – P.227 – 244.
7. Bujold E., Morency A. M., Roberge S. et al .Acetylsalicylic acid for the prevention of preeclampsia and intra-uterine growth restriction in women with abnormal uterine artery Doppler//*J. Obstet.Gynaecol.Can.* - 2009.-Vol.3, N9. - P. 818-826.
8. Campbell S., Pearse J.M, Hackett G. et al. Qualitative assessment of uteroplacental blood flow: early screening test for high-risk pregnancies//*Obstet.Gynecol.* - 1986. – Vol.68. - P.649 – 653.
9. Castellino G., Capucci R., Govoni M. et al. Uterine artery Doppler in predicting pregnancy outcome in women with connective tissue disorders //*Rheumatology*.- 2006. - Vol.45, N9. - P.1174 – 1175.



10. *Ciaffarino F., Parazzini F., Paladini D. et al.* A small randomized trial of low dose aspirin in women at high risk of preeclampsia. //Eur. J. Obstet. Gynecol. Reprod.Biol. - 2004. - Vol.112. - P. 142 – 144.
11. *Cunningham F., Leveno K.J., Bloom S. et al.* *Williams Obstetrics*, 22-th edition. - N-Y-Toronto McGraw- Hill: 2005. - 1440p.
12. *Dadelszen P, Magee LA:* Could an infectious trigger explain the differential maternal response to the shared placental pathology of preeclampsia and normotensive intrauterine growth restriction?// Acta Obstet. Gynecol. Scand. –2001. - Vol. 81. – P. 642 - 648.
13. *Dekker G, Sibai B:* Primary, secondary and tertiary prevention of pre-eclampsia// Lancet. - 2001. – Vol.357, N9251. – P.209-215.
14. *Dekker G.A., Sibai B.M.* Etiology and pathogenesis of preeclampsia: current concepts// Am. J. Obstet. Gynecol. – 1998. – Vol.179, N5. – P.1359-1375.
15. *Diaba A., El-Beherca M., Ebrahiema M. et al.* Angiogenic factors for prediction of pre-eclampsia in women with abnormal midltrimester uterine artery Doppler velosimetry.//Internat.J.Gynecol.Obstetr. – 2008. - Vol.102. – P.146 – 151.
16. *Gomez O., Figueras F., Martinez J. et al.* Sequential changes in uterine artery blood flow pattern between the first and second trimesters of gestation in relation to pregnancy outcome//ultrasound Obstet. Gynecol. – 2006. – Vol.28, N6. – P.802 – 808.
17. *Harrington K., Goldfrad C., Carpenter R.* Transvaginal uterine and umbilical artery Doppler examination 12 – 16 weeks and the subsequent development of preeclampsia and intrauterine growth retardation//Ultrasound. Obstet. Gynecol. – 1997. - Vol.9, N2. - P.94 – 100.
18. *Henriksen T, Clausen T:* The fetal origins hypothesis: placental insufficiency and inheritance versus maternal malnutrition in well-nourished populations// Acta Obstet. Gynecol. Scand. - 2002. – Vol. 81. – P.112-114.
19. *Huber A., Hefler L., Tempfer C. et al.* Transforming growth factor-beta1 serum levels in pregnancy and pre-eclampsia// Acta Obstet. Gynecol. Scand. – 2002. – Vol.81, N2. – P.168-171.
20. *Levine R, Chun Lam, Cong Qian et al:* Soluble endoglin and other circulating antiangiogenic factors in pre-eclampsia. N Engl J Med 2006, 355, 992-1005
21. *Lim Ji Huae, Kimshin Young, Park So Leon:* Effective prediction of preeclampsia by a combined ratio of angiogenesis-related factors. Obstet Gynecol 2008, 111(6), 1303-1409
22. *MacParland PM, Pearce JM, Chamberlain G:* Doppler ultrasound and aspirin in recognition and prevention of pregnancy-induced hypertension. Lancet 1990,335,1552-1555
23. *Martin J.N., May W.L., Magann E. et al.* Early risk assessment of severe pre-eclampsia: admission battery of symptoms and laboratory tests to predict likelihood of subsequent significant maternal morbidity// Am. J. Obstet. Gynecol. – 1999. - Vol.180. - P.1407-1414.
24. *Martin A.M., Bindra R., Curcio P. et al.* Screening for pre-eclampsia and fetal growth restriction by uterine artery Doppler at 11 – 14 weeks of gestation//Ultrasound Obstet Gynecol. - 2002. - Vol.18.- P. 583 – 586.
25. *Mires G.L., Williams F.L., Lesly J., Howie P.W.* Assessment of uterine arterial notching as a screening test for adverse pregnancy outcome//Am. J. Obstet. Gynecol. – 1998.-Vol.179, N6.- P/1317 – 1323.
26. *Meiri H, Chefetz N, Sammar M:* First trimester PP13 as a marker for prediction of pre-eclampsia. Biomarkers, CLI, September 2006.
27. *Muller P.R., Andrada J., Murtha A.* Circulating angiogenic factors and abnormal uterine artery Doppler velocimetry in the second trimester//Hypertens.Pregnancy. – 2006. – Vol.25, N3. – P. 183 – 192.
28. *Papageorghiou A.T.* Second trimester uterine artery Doppler screening in unselected populations//J.Maternal. Fetal.Neonatal Med. - 2002. – Vol.12. – P.78 – 88.
29. *Parra M., Rodrigo R., Barja P.* Screening test for preeclampsia through assessment of uteroplacental blood flow and biochemical markers of oxidative stress and endothelial dysfunction//Am.J.Obstet.Gynecol. – 2005. – Vol.193, N4. – P.1486 – 1491.
30. *Pilalis A., Souka A., Antsaclis P. et al.* Screening for pre-eclampsia and small for gestational age fetuses at the 11 – 14 weeks scan by uterine artery Dopplers//Acta Obstet.Gynecol.Scand. – 2007. - Vol.86, N5.-P.530 – 534.
31. *Plasencia W., Maiz N., Poon L., Nicolaides H.* Uterine artery Doppler at 11 to 13 weeks in the prediction of pre-eclampsia //Ultrasound. Obstet. Gynecol. - 2008. - Vol.32. - P.138 – 146.
32. *Profumo F., Sebire N.J., Thilaganathan B.* Decreased endovascular trophoblast invasion in first trimester pregnancies with high resistance uterine artery Doppler indices//Hum. Reprod. – 2004. - Vol. 19. – P. 206 – 209.
33. *Roberts J. M., Cooper D.W.* Pathogenesis and genetics of pre-eclampsia// Lancet. – 2001. – Vol.357. – P.53-56.
34. *Roberts J. M., Hubelab C. A.* The two stage model of preeclampsia variations on the theme// Placenta. – 2009. - 30, suppl. - P.32-37.



35. Roberts J.M., Myatt L., Spong C., et al. Vitamins C and E to prevent complications of pregnancy-associated hypertension// N. Engl. J. Med. – 2010. – Vol.362, N14. – P. 1282-1291.
36. Spencer K., Cowans N. J., Chefetz I. et al. Second-trimester uterine artery Doppler pulsatility index and maternal serum PP13 as markers of pre-eclampsia// Prenatal. Diagnosis. – 2007. - Vol. 27, N3. – P. 258-263.
37. Spencer K, Cowans NJ, Chefetz I. et al: First trimester maternal serum PP-13, PAPP-A and second trimester uterine artery Doppler pulsatility index as markers of pre-eclampsia. Ultrasound Obstet Gynecol, 2007, 29(2), 128-134
38. Stanczuk G, McCoy M, Hutchinson I: The genetic predisposition to produce high levels of TGF- $\beta$ 1 impact on the severity of eclampsia/pre-eclampsia. Acta Obstet Gynecol Scand 2007, 86(8), 903-908.
39. Steel S.A., Pearse P., Mcparland G., Chamberlain G.W. Early Doppler ultrasound screening in prediction of hypertensive disorders of pregnancy//Lancet.- 1990. - Vol. 335. - P.1548 – 1551.
40. Thilaganathan B., Wormald B., Zanardini C. et al. Early pregnancy multiple serum markers and second-trimester uterine artery Doppler in predicting preeclampsia//Obstet.Gynecol. – 2010. – Vol. 115, N6. – P.1233 – 1238.
41. Vainio M., Kujansuu E., Koivisto A-M. Bilateral notching of uterine arteries at 12 -14 weeks of gestation for prediction of hypertensive disorders of pregnancy//Acta Obstet.Gynecol.Scand. - 2005. - Vol.84, N11. - P.1062 – 1067.
42. Vencat-Raman N., May Backos T., Tech W. Uterine artery Doppler in predicting pregnancy outcome in women with antiphospholipid syndrome//Obstet.Gynecol. – 2001. – Vol.98, N2. – P.235 – 242.
43. Walker J.J. Pre-eclampsia// Lancet. - 2000. - Vol.356.- P.1260-1265.
44. WHO.Mother Baby package. Implementing safe motherhood in countries// Geneva. - 1994. P.11.
45. Zimmermann P., Eirio V., Koskinen J. Doppler assessment of the uterine and uteroplacental circulation in the second trimester in pregnancies at high risk for preeclampsia and/or intrauterine growth retardation//Ultrasound. Obstet. Gynecol. – 1997. – Vol.9, N5. – P.330 – 338.
46. Zhang J., Zeisler J., Hatch M. et al. Epidemiology of pregnancy-induced hypertension//Epidemiol. Rev. – 1997. – Vol.19, N2. - P.218-232.

**R.N. STEPANOVA, A.S. KOSOVA, L.P. TAPASOVA, N.N. SMOLECHKOVA**

#### **UTERINE ARTERY DOPPLER IN FIRST TRIMESTER FOR THE PREDICTION OF PRE-ECLAMPSIA**

*Objective.* To assess the prognostic potential colour Doppler (CD) studies at 11 - 14 weeks of pregnancy of a blood flow in the uterine arteries for the prediction of late gestosis (PE). Study Design. Prospective study on 254 women with singleton pregnancy presenting for ultrasound examination at the 11-14 week. Uterine artery blood flow was studied by CD, the mean pulsatility index (PI) was calculated, and the presence/absence of diastolic notch on flow velocity waveforms (FVW) was recorded. Results. 11 (4.3%) women had an early spontaneous miscarriage. The two (0.82%) women had births by Caesarean section (at the 28 and 32 weeks of gestation because of severe nephropathy and pre-eclampsia). One woman's pregnancy was complicated by premature placental abruption, 2 (0.82%) preterm infant at birth had signs of intrauterine growth retardation. Normal FVW were observed in 215 (88.5%) and 28 (11.52%) at FVW diastolic notches were present: bilateral - in 16 (6.58%), unilateral - in 12 (4.94%) of cases. The sensitivity prediction of PE in the presence of bilateral notch was 10.26%, PPV - 75.0%; RR - 3.5, 95% CI 3,17 - 3,81. Mean, median and 95th centile of uterine artery PI were 1.33, 1.32 and 1.84, respectively. Sensitivity mean uterine artery PI  $\geq$ 95 centile for PE, PPV, RR were 12,82%; 78,95%; 4,5 CI 4,22 - 4,76, respectively. Conclusions. Uterine artery CD examination at the 11-14 weeks' gestation can identify more than three-quarters of pregnant women at high risk for PE. The presence of diastolic notches at the FVW is associated with increased risk of PE in 2 - 3 times. Uterine artery Doppler in the end I trimester of gestation contributes to the selection of pregnant women at high risk of PE for preventive measures.

*Key words:* preeclampsia, prediction, uterine artery Doppler, Doppler - scan at 11 - 14 weeks of pregnancy.

И.А. ФИЛИНА

кандидат фармацевтических наук, доцент  
кафедры фармакологии, клинической фармакологии и фармации Орловского государственного университета

E-mail: farm.osu@yandex.ru

Тел. (4862) 76 20 10; 8 910 204 90 56

## МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ АПТЕЧНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*Конкурентоспособность предприятия рассматривается как относительная оценка преимуществ предприятия, его продуктов и услуг. Многокритериальный анализ конкурентоспособности аптечного предприятия способствует максимальному использованию в своих интересах рыночной ситуации, которая сложилась или может сложиться в определенный промежуток времени для увеличения товарооборота и получения прибыли.*

Ключевые слова: многокритериальный анализ, конкурентоспособность предприятия, рыночная ситуация.

В современных рыночных условиях одной из решающих составляющих успеха аптечного предприятия является его конкурентоспособность. Конкурентоспособность предприятия определяют многие факторы: рентабельность; характер инновационной деятельности; уровень производительности труда; эффективность стратегического планирования и управления; способность к адаптации и др. [2].

Конкурентный анализ предприятия включает в себя определение экономической эффективности, движущих сил развития предприятия, оценку сил конкуренции и конкурентных позиций соперничающих предприятий, анализ ближайших конкурентов, оценку перспектив развития предприятия, а также ключевые факторы успеха, реализация которых открывает перспективы улучшения своей конкурентной позиции [3].

Для обеспечения конкурентоспособности предприятия необходимо непрерывно отслеживать происходящие изменения и оперативно адаптироваться к ним, решать задачи клиентоориентированного подхода. Под клиентоориентированным подходом понимают стратегию бизнеса, позволяющую за счет внедрения в работу принципов главенствования потребностей клиента получать дополнительную прибыль или конкурентные преимущества [1].

Базовой оценкой конкурентоспособности является исследование потребностей покупателя и требований рынка.

Нами предложена методика многокритериального анализа конкурентоспособности аптечных предприятий, состоящая из нескольких этапов.

На первом этапе разрабатывается анкета для постоянных клиентов аптеки, которая включает факторы, характеризующие отношение потребите-

лей к аптеке, товару, услугам и взаимоотношениям с персоналом.

В ходе предварительной аналитической работы нами было выделено 14 факторов: месторасположение аптеки; режим работы; внешний вид аптеки; уровень рекламы; система скидок; ассортимент лекарственных средств (ЛС) и изделий медицинского назначения (ИМН); ассортимент биологически активных добавок (БАД); ассортимент косметических средств и средств личной гигиены; уровень цен; профессиональная грамотность работников; культура обслуживания; быстрота обслуживания; разрешение конфликтов; понимание потребности клиента.

Каждому качественному критерию оценки удовлетворенности нами присвоено соответствующее числовое значение - коэффициент:

- совершенно удовлетворен (+1,0);
- удовлетворен (+0,5);
- затрудняюсь ответить (0,0);
- не удовлетворен (-0,5);
- совершенно не удовлетворен (-1,0).

На втором этапе проводится анкетирование постоянных клиентов исследуемых предприятий.

На третьем этапе с использованием формулы проводится расчёт показателя конкурентоспособности аптеки по каждому фактору:

$$KCi = \frac{\sum_{i=1}^n qi \times di}{m} \frac{\sum_{i=1}^n qi \times di}{m}, \text{ где (1)}$$

$KCi$  – конкурентоспособность  $i$ -го конкурентного преимущества;

$qi$  – оценка критерия;

$di$  – количество человек, которые отдали предпочтение  $i$ -му критерию;

$m$  – количество всех опрошенных, кроме затруднившихся ответить.

Рассчитанные показатели характеризуют конкурентоспособность аптеки по отдельным конкурентным преимуществам.

На четвертом этапе по формуле рассчитывается интегральный показатель конкурентоспособности, который даёт общую характеристику конкурентной позиции аптеки на рынке.

$$K_{\text{Синтегр}} = \sum_{i=1}^n KCi \times Gi, \text{ где (2)}$$

$K_{\text{Синтегр}}$  – интегральный показатель конкурентоспособности;

$KCi$  – показатель конкурентоспособности по  $i$ -му внешнему преимуществу;

$Gi$  – вес  $i$ -го показателя конкурентоспособности.

Внешние конкурентные преимущества и соответствующий им «вес» предложены нами в таблице 1.

Таблица 1.

Конкурентные преимущества аптеки и их «вес»

№ п/п	Конкурентные преимущества аптеки	«Вес» преимущества
1	Месторасположение аптеки	0,15
2	Режим работы	0,05
3	Внешний вид аптеки	0,05
4	Уровень рекламы	0,05
5	Система скидок	0,05
6	Ассортимент ЛС и ИМН	0,05
7	Ассортимент БАД	0,05
8	Ассортимент косметических средств и средств личной гигиены	0,05
9	Уровень цен	0,10
10	Профессиональная грамотность работников	0,05
11	Культура обслуживания	0,05
12	Быстрота обслуживания	0,05
13	Разрешение конфликтов	0,05
14	Понимание потребности клиента	0,05
15	Всего:	1

На пятом этапе проводится сравнительный анализ конкурентных преимуществ предприятий. Сравнительный анализ наглядно отражает сильные и слабые стороны аптек.

На шестом этапе делаются выводы и разрабатываются практические рекомендации.

Разработанная нами методика опробована среди аптечных предприятий Орловской области. Осенью 2012 года была проведена оценка конкурентоспособности двух рядом расположенных аптек: муниципальной и частной. Муниципальная аптека относится к аптечному предприятию МП «Аптека №2», частная аптека принадлежит ООО «Доктор Столетов - Центр». Было проведено анкетирование среди клиентов муниципальной аптеки (объём выборки составил 113 человек) и среди клиентов частной аптеки (объём выборки составил 101 человек).

Используя формулу 1, провели расчет конкурентоспособности аптеки МП «Аптека №2» по

ряду факторов:

1. Месторасположение аптеки:

$$KC = 49 \times 1,0 + 38 \times 0,5 + 15 \times (-0,5) + 1 \times (-1,0) / 103 = 0,58;$$

2. Режим работы:

$$KC = 47 \times 1,0 + 53 \times 0,5 + 9 \times (-0,5) / 109 = 0,63;$$

3. Внешний вид аптеки:

$$KC = 36 \times 1,0 + 60 \times 0,5 + 2 \times (-0,5) / 98 = 0,66;$$

4. Уровень рекламы:

$$KC = 13 \times 1,0 + 41 \times 0,5 + 13 \times (-0,5) + 2 \times (-1,0) / 69 = 0,36;$$

5. Система скидок:

$$KC = 23 \times 1,0 + 26 \times 0,5 + 24 \times (-0,5) + 8 \times (-1,0) / 81 = 0,2;$$

6. Ассортимент ЛС и ИМН:

$$KC = 36 \times 1,0 + 63 \times 0,5 + 2 \times (-0,5) + 1 \times (-1,0) / 102 = 0,64;$$

7. Ассортимент БАД:

$$KC = 7 \times 1,0 + 45 \times 0,5 + 4 \times (-0,5) / 56 = 0,49;$$

8. Ассортимент косметических средств и средств личной гигиены:

$$KC = 22 \times 1,0 + 51 \times 0,5 + 4 \times (-0,5) + 1 \times (-1,0) / 78 = 0,57;$$

9. Уровень цен:

$$KC = 19 \times 1,0 + 52 \times 0,5 + 28 \times (-0,5) + 4 \times (-1,0) / 103 = 0,26;$$

10. Профессиональная грамотность работников:

$$KC = 41 \times 1,0 + 60 \times 0,5 + 4 \times (-0,5) / 105 = 0,66;$$

11. Культура обслуживания:

$$KC = 49,0 \times 1,0 + 56 \times 0,5 + 1 \times (-0,5) / 106 = 0,72;$$

12. Быстрота обслуживания:

$$KC = 34 \times 1,0 + 65 \times 0,5 + 6 \times (-0,5) / 105 = 0,6;$$

13. Разрешение конфликтов:

$$KC = 21 \times 1,0 + 40 \times 0,5 + 5 \times (-0,5) / 66 = 0,58;$$

14. Понимание потребности клиента:

$$KC = 37 \times 1,0 + 61 \times 0,5 + 3 \times (-0,5) + 1 \times (-1,0) / 102 = 0,64;$$

Используя формулу 2 и данные таблицы 1, рассчитали интегральный показатель конкурентоспособности исследуемой аптеки МП «Аптека №2»:

$$K_{\text{Синтегр}} = 0,43$$

$$K_{\text{Синтегр}} = (0,58 \times 0,15) + (0,63 \times 0,05) + (0,66 \times 0,05) + (0,36 \times 0,05) + (0,2 \times 0,05) + (0,64 \times 0,05) + (0,49 \times 0,05) + (0,57 \times 0,05) + (0,26 \times 0,1) + (0,66 \times 0,05) + (0,72 \times 0,05) + (0,6 \times 0,05) + (0,58 \times 0,05) + (0,64 \times 0,05) = 0,43$$

Аналогичным образом произвели расчёт показателей конкурентоспособности исследуемой аптеки ООО «Доктор Столетов - Центр»:

1. Месторасположение аптеки:

$$KC = 35 \times 1,0 + 46 \times 0,5 + 14 \times (-0,5) + 2 \times (-1,0) / 97 = 0,5;$$

2. Режим работы:

$$KC = 34 \times 1,0 + 49 \times 0,5 + 10 \times (-0,5) / 93 = 0,58;$$

3. Внешний вид аптеки:

$$KC = 32 \times 1,0 + 57 \times 0,5 + 3 \times (-0,5) / 92 = 0,64;$$

4. Уровень рекламы:

$$KC = 15 \times 1,0 + 28 \times 0,5 + 11 \times (-0,5) + 2 \times (-1,0) / 56 = 0,38;$$

5. Система скидок:

$$KC = 11 \times 1,0 + 29 \times 0,5 + 29 \times (-0,5) + 4 \times (-1,0) / 73 = 0,1;$$

6. Ассортимент ЛС и ИМН:

$$KC = 29 \times 1,0 + 67 \times 0,5 + 2 \times (-0,5) + 1 \times (-1,0) / 99 = 0,61;$$

7. Ассортимент БАД:

$$КС = 15 \times 1,0 + 39 \times 0,5 + 5 \times (-0,5) / 59 = 0,54;$$

8. Ассортимент косметических средств и средств личной гигиены:

$$КС = 14 \times 1,0 + 49 \times 0,5 + 14 \times (-0,5) + 1 \times (-1,0) / 78 = 0,39;$$

9. Уровень цен:

$$КС = 12 \times 1,0 + 54 \times 0,5 + 27 \times (-0,5) + 3 \times (-1,0) / 96 = 0,23;$$

10. Профессиональная грамотность работников:

$$КС = 31 \times 1,0 + 61 \times 0,5 + 3 \times (-0,5) / 95 = 0,63;$$

11. Культура обслуживания:

$$КС = 36 \times 1,0 + 54 \times 0,5 + 5 \times (-0,5) + 1 \times (-1,0) / 96 = 0,62;$$

12. Быстрота обслуживания:

$$КС = 24 \times 1,0 + 61 \times 0,5 + 9 \times (-0,5) / 94 = 0,53;$$

13. Разрешение конфликтов:

$$КС = 15 \times 1,0 + 33 \times 0,5 + 4 \times (-0,5) / 52 = 0,57;$$

14. Понимание потребности клиента:

$$КС = 26 \times 1,0 + 63 \times 0,5 + 4 \times (-0,5) / 93 = 0,6;$$

Используя формулу 2 и данные таблицы 1, рассчитали интегральный показатель конкурентоспособности исследуемой аптеки «Доктор Столетов- Центр»:

$$КС_{\text{интегр}} = 0,41$$

$$КС_{\text{интегр}} = (0,5 \times 0,15) + (0,58 \times 0,05) + (0,64 \times 0,05) + (0,38 \times 0,05) + (0,1 \times 0,05) + (0,61 \times 0,05) + (0,54 \times 0,05) + (0,39 \times 0,05) + (0,23 \times 0,1) + (0,63 \times 0,05) + (0,62 \times 0,05) + (0,53 \times 0,05) + (0,57 \times 0,05) + (0,6 \times 0,05) = 0,41$$

Результаты нашего исследования представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Сравнительный анализ показателей конкурентоспособности аптек

№ п/п	Наименование фактора	Показатель конкурентоспособности	
		МП «Аптека 2»	ООО «Доктор Столетов-Центр»
1	Месторасположение аптеки	0,58	0,5
2	Режим работы	0,63	0,58
3	Внешний вид аптеки	0,66	0,64
4	Уровень рекламы	0,36	0,38
5	Система скидок	0,2	0,1
6	Ассортимент ЛС и ИМН	0,64	0,61
7	Ассортимент БАД	0,49	0,54
8	Ассортимент косметических средств и средств личной гигиены	0,57	0,39
9	Уровень цен	0,26	0,23
10	Профессиональная грамотность работников	0,66	0,63
11	Культура обслуживания	0,72	0,62
12	Быстрота обслуживания	0,6	0,53
13	Разрешение конфликтов	0,58	0,57
14	Понимание потребности клиента	0,64	0,60
15	Интегральный показатель конкурентоспособности	0,43	0,41

В результате проведенного сравнительного анализа видно, что несмотря на схожесть показателей конкурентоспособности исследуемых аптек по многим факторам, в целом они выше у исследуемой муниципальной аптеки, чем у частной. Поэтому интегральный показатель конкурентоспособности муниципальной аптеки (0,43) получился выше, чем у частной аптеки (0,41).

Таким образом, в результате проведенного нами исследования можно сделать выводы.

1. Интегральный показатель конкурентоспособности выше у исследуемой муниципальной аптеки, чем у частной.

2. Основными конкурентными преимуществами муниципальной аптеки являются: месторасположение; режим работы; внешний вид аптеки; система скидок; ассортимент лекарственных средств и изделий медицинского назначения; ассортимент косметических средств и средств личной гигиены; уровень цен; профессиональная грамотность работников; культура и быстрота обслуживания; разрешение конфликтов; понимание потребности клиента.

3. Основными конкурентными преимуществами частной аптеки являются: уровень рекламы; ассортимент биологически активных добавок.

По результатам проведенного нами сравнительного анализа исследуемым аптекам даны практические рекомендации. Устранение отмеченных слабых сторон можно произвести путем:

- внедрения гибкой системы ценообразования;
- расширения ассортимента товара;
- открытия дополнительного окна для более быстрого обслуживания покупателей, возможно, это будет окно для продажи биологически активных добавок, косметических средств и средств личной гигиены;
- оказания дополнительных услуг, консультаций;
- обновления интерьера аптеки;
- оборудования места для демонстрации предлагаемой медицинской техники;
- использования системы предварительного заказа дорогостоящего товара;
- изменения режима работы аптеки на круглосуточный;
- расширения уровня рекламы;
- повышения профессиональной грамотности работников и культуры обслуживания;
- усиления внимательного и доброго отношения персонала к клиентам.

Предпринимательская деятельность – это особый вид деятельности, направленный на извлечение прибыли, который основан на самостоятельной инициативе, ответственности и инновационной

предпринимательской идее. Аптечные организации выполняют социальные функции, но одновременно являются коммерческими организациями. Жесткая конкуренция диктует высокие требования к участникам фармацевтического рынка, поэтому необходим постоянный анализ конкурентоспособности предприятий.

Предложенная нами методика многокритериального анализа конкурентоспособности аптечных предприятий способствует развитию предпри-

нимательского мышления. Конкурентный анализ выявляет те черты внутренней и внешней среды, которые наиболее значимо влияют на стратегическое видение и возможности предприятия. Внимание при этом концентрируется на получении четких ответов на хорошо определенный ряд вопросов по стратегии. Затем эти ответы используются для формирования картины стратегической ситуации предприятия и определения альтернатив стратегических действий.

#### Библиографический список

1. *Котлер Ф.* Основы маркетинга. М.: Прогресс, 2004. 658 с.
2. *Муромцев Д.Ю.* Экономическая эффективность и конкурентоспособность. Д.Ю.Муромцев, Ю.Л.Муромцев, В.М.Тютюнник, О.А.Белоусов. Тамбов: Изд-во Тамб.гос.техн.ун-та, 2007. 96 с.
3. *Филина И.А.* Проблемы обеспечения конкурентоспособности социально-экономических систем/ И.А.Филина, А.А. Гончаров, Н.А.Житкова, Чернов С.С.и др. Монография. Книга 5. Новосибирск: Издательство «СИБПРИНТ», 2011. 279с.

**I.A. FILINA**

#### MULTI-CRITERIA ANALYSIS FOR CHEMIST'S SHOP COMPETITIVENESS

*Chemist's shop competitiveness views as relational score of factory benefit, its products and services. Multi-Criteria Analysis for chemist's shop competitiveness promote maximal using its own interests in the market situation, which occur or may be occur for the time being for commodity circulation increasing and getting benefit.*

*Key words: Multi-Criteria Analysis, Chemist's shop competitiveness, the market situation.*





**М.А. ХАЛИКОВА**

*аспирант кафедры фармацевтической химии и фармакогнозии Белгородского государственного национального исследовательского университета*

*Тел. (4722) 30 12 11*

**Е.Т. ЖИЛЯКОВА**

*доктор фармацевтических наук, доцент, зав. кафедрой фармацевтической технологии, управления и экономики здравоохранения Белгородского государственного национального исследовательского университета*

*Тел. (4722) 30 14 27*

**О.О. НОВИКОВ**

*доктор фармацевтических наук, профессор, зав. кафедрой фармацевтической химии и фармакогнозии Белгородского государственного национального исследовательского университета*

*Тел. (4722) 30 14 25*

**М.А. НОВИКОВА**

*кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры фармацевтической технологии, управления и экономики здравоохранения Белгородского государственного национального исследовательского университета*

*Тел. (4722) 30 14 27*

**Д.В. ПРИДАЧИНА**

*аспирант кафедры фармацевтической технологии, управления и экономики здравоохранения Белгородского государственного национального исследовательского университета*

*Тел. (4722) 30 10 12*

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ГЛАЗНЫХ КАПЕЛЬ «ТАУРИКАМ»

*На кафедре фармацевтической технологии Белгородского государственного национального исследовательского университета были разработаны пролонгированные глазные капли антикатарактального действия «Таурикам». Действующими веществами капель явились глутатион восстановленный, карнозин и таурин. В состав препарата введен полимер-загуститель, который увеличивает длительность контакта слизистой глаза с препаратом и обеспечивает пролонгированное высвобождение активных компонентов. Разработана технология, обеспечивающая получение стабильных глазных капель, учитывающая физико-химические свойства действующих компонентов препарата.*

*Ключевые слова:* *глазные капли, карнозин, глутатион, таурин, растворы полимера.*

**Актуальность темы**

В настоящее время катаракта остается главной причиной приобретенной слепоты в мире и, несмотря на успехи ее устранения с помощью хирургических методов, приоритетным направлением в предупреждении катаракты является использование лекарственных и лечебно-профилактических средств.

На современном фармацевтическом рынке су-

ществует ряд лекарственных препаратов, которые в своем составе содержат метаболические действующие компоненты [1]. Однако большинство антикатарактальных препаратов являются однокомпонентными непролонгированными, и это противоречит современным подходам к проведению комбинированной фармакотерапии заболеваний. Современные подходы предполагают сочетание нескольких лекарственных веществ в одной ле-

карственной форме с целью оптимизации терапии многофакторных патологий, к которым относится катаракта, а также возможной синергичности фармакологического эффекта.

В настоящем ассортименте лекарственных средств практически полностью отсутствуют антикатарактальные препараты пролонгированного действия, что вызывает необходимость многократного применения уже существующих лекарственных препаратов, что удлиняет курс лечения, а также не решает проблем, связанных с низкой биодоступностью глазных капель. Исходя из этого, разработка конкурентоспособных многокомпонентных препаратов пролонгированного действия для предупреждения и лечения катаракты является задачей своевременной, а низкую биодоступность глазных капель возможно изменить введением в состав полимеров-загустителей, что позволит увеличить длительность контакта со слизистой глаза и обеспечить равномерное высвобождение активных компонентов [2].

Достижениями современной науки показана возможность и эффективность применения в качестве антикатарактальных веществ, проявляющих антиоксидантную активность [3]. К таким веществам относятся глутатион восстановленный, карнозин и таурин, которые были предложены в качестве действующих компонентов разрабатываемого препарата.

Глутатион обладает широкой терапевтической активностью, высокой антиоксидантной способностью и обеспечивает увеличение прозрачности хрусталика, подверженного катарактогенезу [4]. Поддерживать глутатион в терапевтически активной восстановленной форме способен дипептид карнозин, который обладает собственным антикатарактальным эффектом [5]. Применение третьего активного компонента – сульфаминокислоты таурина – обусловлено его благотворным влиянием на метаболический обмен в тканях глаза.

Такое сочетание действующих компонентов позволит реализовать многофакторную терапию катаракты и, по возможности, добиться синергичности фармакологического эффекта, а также расширить ассортимент антикатарактальных препаратов, представленных на российском фармацевтическом рынке.

### Цель работы

Разработка технологии получения пролонгированных глазных капель антикатарактального действия.

### Материалы и методы

В качестве действующих компонентов использованы глутатион восстановленный, карнозин, таурин. Вспомогательные вещества – гидроксипропилцеллюлоза, бензалкония хлорид.

### Экспериментальная часть

С целью оптимального технологического процесса производства глазных капель «Таурикам» была разработана технологическая схема производства (рисунок 1).

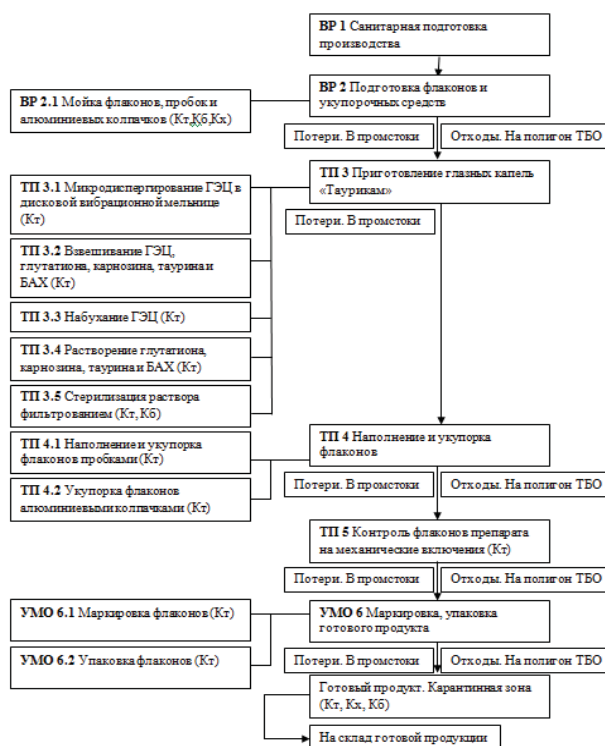


Рис. 1. Технологическая схема производства глазных капель «Таурикам».

Приготовление глазных капель «Таурикам» проводят в помещении класса чистоты С. Поступившее в производство сырье сопровождается аналитическими паспортами, на упаковках этикетки с указанием наименования сырья, номера НТД, квалификации, даты изготовления и др. данные. Контроль воды для инъекций проводят в соответствии с ФС 42-2619-97 ( $K_p$ ,  $K_x$ ,  $K_6$ ).

Во избежание микробной контаминации сырье освобождают от тары и упаковки в отдельном помещении.

Перед началом работы внешним осмотром проверяют чистоту и исправность используемого оборудования. При обнаружении неисправностей к работе не приступают до полного их устранения.

Технологический процесс проводят при включенной приточно-вытяжной вентиляции.

Обслуживающий персонал должен быть обеспечен технологической одеждой и средствами индивидуальной защиты.

Во время технологического процесса на реактор, дозирующее устройство, столы просмотра, укупорки и упаковки флаконов помещают этикетку с указанием наименования препарата, количества, номера серии, даты изготовления.

Технологический процесс производства глазных капель «Таурикам» состоит из следующих технологических стадий:

*Стадия ТП 3 Приготовление глазных капель «Таурикам» включает следующие операции:*

Операция ТП 3.1 Микродиспергирование ГЭЦ в дисковой вибрационной мельнице. Данная стадия включена в технологический процесс с целью обеспечения оптимальных технологических характеристик используемого полимера, снижения технологических потерь, увеличения вязкости конечного продукта. Навеску гидроксиэтилцеллюлозы помещают в рабочий барабан дисковой вибрационной мельницы Retsch RS-200, плотно закрывают крышкой, закрепляют фиксатором и включают. По истечении процесса микродиспергирования и автоматического отключения мельницы ожидают несколько минут для оседания пыли образца. Микродиспергированный полимер перемещают на стадию отвешивания ТП 3.2.

Операция ТП 3.2 Взвешивание ГЭЦ, глутатиона, карнозина, таурина и БАХ. Перед началом работы технолог проводит расчет навесок субстанций в зависимости от результатов входного контроля качества (расчет массы субстанций в зависимости от количественного содержания и содержания влаги).

На весах в промежуточных емкостях взвешивают микродиспергированной ГЭЦ ( $K_T$ ), глутатион восстановленный ( $K_T$ ), карнозин ( $K_T$ ), таурин ( $K_T$ ), бензалкония хлорида ( $K_T$ ). В процессе взвешивания каждую емкость сразу плотно закрывают, маркируют этикеткой с указанием наименования компонента, массы (нетто) компонента, номера серии производимого препарата, даты и подписи технолога. Навеску бензалкония хлорида в промежуточной емкости растворяют в некотором количестве воды для инъекций ( $K_T$ ) ввиду того, что данный компонент гигроскопичен.

Отвешенную ГЭЦ с помощью питателя передают на стадию набухания.

ТП 3.3 Набухание ГЭЦ. Приготовление водного раствора глазных капель производят массо-объемным методом в реакторе вместимостью 2,0 л. Ввиду того, что гидроксиэтилцеллюлоза относится к набухающим полимерам, его вводят в раствор в первую очередь для осуществления предваритель-

ной стадии набухания.

В реактор из мерника вручную загружают около 1,8 л воды для инъекций ( $K_T$ ) с температурой  $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$ . Затем в реактор посредством питателя подают гидроксиэтилцеллюлозу, включают мешалку и перемешивают в течение 25-30 минут до полного исчезновения комков ( $K_T$ ). После достижения однородности раствора отключают мешалку и оставляют раствор для набухания в течение 12 часов ( $K_T$ ).

ТП 3.4 Растворение глутатиона, карнозина, таурина и БАХ. По истечении времени набухания в раствор гидроксиэтилцеллюлозы вручную количественно переносят карнозин, таурин, перемешивают с помощью мешалки ( $K_T$ ). Затем в полученный раствор переносят раствор бензалкония хлорида и перемешивают ( $K_T$ ). В последнюю очередь, после растворения всех компонентов, добавляют глутатион восстановленный в виду его легкоокисляемости, перемешивают и объем раствора в реакторе доводят до уровня 2,0 л водой для инъекций. Включают мешалку и еще раз перемешивают раствор ( $K_T$ ). После окончания процедуры приготовления раствора «Таурикам» отбирают пробу для контроля полу-продукта по показателям: внешний вид, цветность, количественное содержание глутатиона, карнозина, таурина, бензалкония хлорида ( $K_X$ ).

При получении положительных результатов анализа раствор передают на операцию ТП-3.2 «Стерилизация раствора фильтрованием».

При получении отрицательных результатов анализа производят корректировку раствора путем добавления расчетных количеств ингредиентов или воды для инъекций, выполненных технологом. При загрузке дополнительных расчетных количеств компонентов или воды для инъекций раствор в реакторе перемешивают ( $K_T$ ) и проверяют содержание контролируемых веществ ( $K_X$ ).

Операция ТП 3.5 Стерилизация раствора фильтрованием. Полученный раствор «Таурикам» фильтруют при помощи вакуума и фильтра типа «Миллипор» с фильтрующим материалом из полипропилена с диаметром пор 0,22 мкм, при этом используют префильтры с диаметром пор 0,45 мкм. Фильтрование проводят в асептических условиях в емкость-барботер для чистого раствора (С-17). Перед началом работы внешним осмотром проверяют чистоту и исправность всех составных элементов системы фильтрации.

Перед фильтрацией фильтр промывают 1-2 л воды для инъекций, для контроля чистоты фильтрующей системы отбирают пробу промывных вод в колбу, предварительно отмытую фильтрованной водой. Механические включения в промывных водах должны отсутствовать ( $K_T$ ). При необходимости

повторить обработку системы.

Первую порцию фильтрата (0,2–0,3 л) возвращают на повторную фильтрацию. В колбу с притертой пробкой собирают порцию фильтрованного раствора и проверяют раствор на отсутствие механических включений ( $K_1$ ), прозрачность ( $K_2$ ), цветность ( $K_3$ ).

Если раствор прозрачный, то продолжают собирать фильтрат в емкость-барботер. В случае наличия механических включений раствор из емкости направляют на повторную фильтрацию.

Важным этапом технологического процесса производства глазных капель «Таурикам» является барботирование приготовленного раствора стерильным инертным газом (аргон, азот). Важность данной стадии объясняется легкоокисляемостью входящего в состав глутатиона восстановленного. Метод барботирования раствора стерильным инертным газом позволяет вытеснить растворенный кислород, и нивелировать тем самым возможность процесса окисления глутатиона в готовом препарате в период хранения.

После проведения процесса барботирования в течение 15 минут раствор, не содержащий механические включения, незамедлительно передают на стадию ТП 4. Наполнение и укупорка флаконов.

*Стадия ТП 4. Наполнение и укупорка флаконов.*

Подготовленные на стадии ВР-2 флаконы, пробки и колпачки алюминиевые поступают на стадию ТП-4, состоящую из следующих операций:

Операция ТП 4.1. Наполнение и укупорка флаконов пробками. Наполнение флаконов раствором глазных капель осуществляют на полуавтоматической установке «Контур П-4». Перед началом работы необходимо убедиться в исправности и готовности установки к работе. Она должна быть чистой, работать плавно, без постороннего шума ( $K_4$ ).

Перед наполнением флаконов установку промывают фильтрованной водой для инъекций до отсутствия механических включений в воде для инъекций ( $K_5$ ). Дозирующую насадку перед наполнением флаконов протирают салфеткой из безворсовой ткани, смоченной 76 % спиртом этиловым и соединяют.

Стерильный раствор из емкости поступает в дозатор. Устанавливают дозу наполнения ( $K_6$ ). Кассету с флаконами устанавливают на стол ламинарного бокса и начинают наполнение флаконов, внося дозирующую насадку дозатора поочередно в каждый флакон.

В начале наполнения, а затем каждые 10-15 минут проверяют дозу наполнения с помощью шприца и при необходимости проводят ее корректировку ( $K_7$ ).

Каждый наполненный флакон незамедлитель-

но вручную укупоривают резиновой пробкой. В каждую кассету вкладывают этикетку с указанием наименования препарата, номера серии, даты наполнения и передают на операцию закатки алюминиевыми колпачками.

По окончании наполнения дозирующую установку и все коммуникации промывают водой очищенной, дезинфицирующими растворами, ополаскивают водой очищенной и сушат спиртом этиловым 95 %.

После отбора образцов для микробиологического контроля ( $K_8$ ), флаконы передают на стадию ТП 4.2 – Укупорка флаконов алюминиевыми колпачками.

Операция ТП 4.2. Укупорка флаконов алюминиевыми колпачками. Перед началом работы внешним осмотром проверяют чистоту и исправность закаточного устройства.

При закатке колпачков на флаконах необходимо соблюдать меры по технике безопасности: закатку колпачков на флаконах необходимо проводить в защитных очках, так как флаконы могут растрескиваться с образованием множества осколков. На каждый флакон, закрытый резиновой пробкой, вручную надевают металлический колпачок. Подготовленные таким образом флаконы в кассете подают на закатку. Каждый флакон вручную вставляется в гнездо закаточного устройства, где головка флакона обжимается.

При герметизации флаконов необходимо следить за качеством обкатки: не должно быть перекосов, прокруток колпачков, "гофры" в нижней части обкатанного колпачка ( $K_9$ ). Качество обжима считается удовлетворительным, если при прокрутке рукой алюминиевый колпачок не проворачивается. В случае прокрутки колпачка необходимо увеличить плотность обжима.

В каждую кассету с качественно укупоренными флаконами вкладывают этикетку с указанием наименования препарата, номера серии, даты герметизации и передают на стадию ТП 5 – Контроль препарата во флаконах на механические включения.

*Стадия ТП 5. Контроль флаконов препарата на механические включения.*

Контроль на механические включения глазных капель производят визуально согласно Инструкции по контролю на механические включения глазных капель (РДИ 42-504-00).

Предварительно перед просмотром флаконы моют под проточной водой и насухо протирают бязевыми и марлевыми салфетками. Просмотр флаконов с препаратом производится невооруженным глазом при рассеянном освещении на черно-белом фоне в проходящем свете при освещении зоны про-



смотрa электрической лампой накаливания мощностью 60 ватт на столе для просмотра. Освещенность зоны контроля должна составлять не менее 2500 Лк. Расстояние глаз контролера от просматриваемого объекта должно быть в пределах 25-30 см. Флаконы должны быть плотно закатаны, закрыты, чистыми и сухими снаружи.

Контролер берет в одну руку не более 5 флаконов, просматривает их, несколько раз поворачивая их по вертикали или горизонтали на 180°. Время, необходимое для контроля, должно быть в пределах 7-10 секунд при просмотре группы флаконов.

Флаконы, в которых невооруженным глазом обнаруживаются видимые механические частицы, считаются забракованными. Отбраковывают также флаконы с заниженным объемом наполнения во флаконе и негерметично укупоренные.

Кассеты с флаконами, прошедшими контроль, передают на следующую стадию маркировки и упаковки готового продукта.

От упакованной продукции отбирают среднюю

пробу на анализ по ФСП. После получения положительных результатов анализа глазных капель, упакованную готовую продукцию хранят в условиях, соответствующих требованиям ФСП ( $K_r$ ,  $K_x$ ,  $K_o$ ).

#### Выводы

На основании проведенного комплекса исследований разработан состав препарата и технологический процесс, учитывающий особенности входящих в состав легкоокисляемых компонентов. Предложена технологическая и аппаратурная схемы процесса производства препарата в соответствии с требованиями GMP. Особенностью технологического процесса является введение стадии барботирования готового раствора глазных капель непосредственно перед укупоркой. Данный процесс направлен на вытеснение растворенного кислорода из раствора препарата с целью нивелировать процесс окисления входящего в состав глутатиона восстановленного и обеспечить стабильность препарата в процессе хранения.

#### Библиографический список

1. Соколова В. Российский рынок офтальмологических препаратов. Ремедиум. 2008. № 7. С. 16-19.
2. Review of ocular drug delivery [Text] / Y. Sultana, R. Jain, M. Aqil [et al.] // Curr. Drug. Deliv. 2006. Vol. 3, № 2. P. 207-217.
3. Лумпова Т. Н. Применение глазных капель Офтан Катахром для лечения осложненной катаракты при глаукоме [Электронный ресурс] Клиническая офтальмология. 2007. Т. 8, № 4. С. 167-169. – Режим доступа: [http://www.rmj.ru/articles\\_5623.htm](http://www.rmj.ru/articles_5623.htm).
4. Effects of N-acetylcysteine and glutathione ethyl ester drops on streptozotocin-induced diabetic cataract in rats [Text] / S. Zhang, F. Y. Chai, H. Yan [et al.] // Mol. Vis. 2008. Vol. 14. P. 862-870.
5. Болдырев А. А. Карнозин: эндогенный физиологический корректор активности антиоксидантной системы организма. Успехи физиологических наук. 2007. Т. 38, № 3. С. 57-71.

**M.A. KHALIKOVA, E.T. ZHILYAKOVA, O.O. NOVIKOV, M.A. NOVIKOVA, D.V. PRIDACHINA**

#### DEVELOPMENT TECHNOLOGICAL PROCESS OF PRODUCTION EYE DROPS “TAURIKAM”

*The prolonged eye drops “Taurikam” with anticataract activity were developed at the Department of pharmaceutical technology (Russia, Belgorod State National Research University). The glutathione reduced, carnosine and taurine were chosen as active ingredients of eye drops. The polymer is included in the drug form for longer contact between eye and product what can provides prolonged release of active components. The developed technology based on physical – chemical properties of components and allowed to obtaining the stable eye drops with anticataract activity.*

*Key words: eye drops, carnosine, taurine, glutathione, polimer solution.*



**М.Ю. ЧЕРНОВ**

аспирант кафедры иммунологии и специализированных клинических дисциплин Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 43 21 86

**М.А. ХАЛИЛОВ**

доктор медицинских наук, профессор кафедры иммунологии и специализированных клинических дисциплин Орловского государственного университета  
E-mail: max.khal@rambler.ru  
Тел. (4862) 43 21 86;  
8 920 281 76 23

**А.Д. СНИМЩИКОВА**

аспирант кафедры конституционного и муниципального права Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 43 21 86

## КЛИНИКО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЯЖЕЛЫХ ФОРМ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМЫ У ЖИТЕЛЕЙ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*В статье представлен анализ проведенного в Орловской области исследования состояния и формирования первичной инвалидности вследствие болезней органов дыхания, особенно бронхиальной астмы. Определена необходимость оптимизации и стратегия оказания медико-биологической и социальной помощи пациентам при бронхиальной астме.*

*Ключевые слова:* бронхиальная астма, трудоспособность, профилактика.

**Введение.** Распространенность патологии дыхательных путей носит глобальный характер, данная патология занимает одно из лидирующих мест в структуре заболеваемости по классам и группам болезней. По официальным данным МЗ РФ, в стране насчитывается более 1 миллиона больных и ежегодно их число возрастает на 0,5-1%, причем распространенность таких болезней, как бронхиальная астма и хронический обструктивный бронхит, колеблется от 3 до 8% среди всего населения. По прогнозам специалистов, XXI век станет веком легочной патологии из-за резких изменений экологии, увеличения числа активных и пассивных курильщиков, и эта группа заболеваний будет делить первые места с патологией сердечно-сосудистой системы и новообразованиями.

Негативная ситуация характерна и для Орловской области. В структуре общей заболеваемости по данным обращаемости в ЛПУ болезни органов дыхания в Орловской области занимают первое место. Согласно статистическим материалам Департамента здравоохранения и социального развития Орловской области, на протяжении последних пяти лет отмечается неуклонный рост показателей. В 2005 году заболеваемость органов дыхания на 1000 взрослого населения составляла

148,5, в 2006г. – 153,2, в 2007г. – 155,6, в 2008г. – 168,7, в 2009г. – 180,2. Неуклонный рост заболеваемости органов дыхания связан с нарастающей неблагоприятной экологической обстановкой, постоянно увеличивающимся количеством активных и пассивных табакокурльщиков, выбросом в атмосферу вредных промышленных отходов в условиях низкого уровня технологий безопасности, значительной частотой острых патологий дыхательных путей, вызванных вирусной инфекцией.

Болезни органов дыхания как причина смерти занимают 3-4-е место. По данным ВОЗ, в мире ежегодно от болезней органов дыхания умирает около 3 млн. человек. В Орловской области смертность вследствие болезней органов дыхания на 10 тыс. среднегодового населения в течение 2005-2009 годов составляла: в 2005г. – 9,1, в 2006г. – 7,6, в 2007г. – 7,2, в 2008г. – 6,1, в 2009г. – 6,1. Снижение показателей смертности в последние годы можно объяснить улучшением качества оказания медицинской помощи данной категории больных.

Инвалидизация наступает в среднем через 10 лет после установления диагноза, что обуславливает необходимость своевременной диагностики степени тяжести данного заболевания и адекватного лечения.

Актуальность структуры и уровня первичной

инвалидности вследствие болезней органов дыхания и их анализ необходимы и для определения частоты возникновения инвалидности при данной патологии.

**Методы исследования.** Анализ возрастной структуры изучаемого контингента инвалидов проводился по данным учетной формы 7-Собес, утвержденной постановлением Росстата от 11.10.2006г. № 59. По данным ГБ МСЭ по Орловской области за период 2005-2009гг., впервые признаны инвалидами вследствие болезней органов дыхания 562 человека, из них 246 (43%) инвалидов вследствие бронхиальной астмы.

Изучение численности впервые признанных инвалидами (ВПИ) вследствие болезней органов дыхания показало, что на протяжении пятилетнего периода (2005-2009гг.) общее число инвалидов с данной патологией имело тенденцию к снижению (с 204 человек в 2005г., до 129 в 2006г., 79 в 2007г., 85 в 2008г. и до 65 в 2009г.)

**Результаты и обсуждение.** В структуре инвалидности по возрасту за пять лет инвалиды молодого возраста составили 50 человек, или 8,9% от общего числа, среднего возраста 172 человека, или 30,6% от общего числа, преобладали инвалиды пенсионного возраста 340 человек, или 60,5%.

Удельный вес инвалидов молодого возраста (женщины и мужчины до 44 лет включительно) в 2005г. составлял 8,8%, затем увеличился до 9,3-10,2% в 2006-2007гг., а в 2008-2009г. вновь снизился до 9,4-6,2% соответственно.

Удельный вес инвалидов среднего возраста (45- 54 лет женщины, 45-59 мужчины) составлял 24,5-33,3% в 2005-2006гг., уменьшился до 22,8% в 2007 году и вновь возрос до 38,8%-43% в 2008 и 2009 годах соответственно. Рост показателей в 2008-2009гг. вероятнее всего связан с тем, что эта категория лиц стала более уязвимой, так как в последние годы резко снизились темпы промышленного производства, возросла безработица, вследствие чего больные трудоспособного возраста в условиях отсутствия работы остались без средств к существованию, что значительно ухудшило качество их жизни.

Отмечен наибольший удельный вес инвалидов пенсионного возраста. Этот показатель на протяжении анализируемого периода имел ежегодные колебания: в 2006г. уменьшился до 57,4%, в сравнении с 66,7% 2005года, увеличился в 2007г. до 67% и вновь снизился до 51,8-50,8% в 2008-2009 годах соответственно.

Представленные данные свидетельствуют о том, что в структуре первичной инвалидности больше всего инвалидов пенсионного возраста, т.е. больше

половины всех больных. Однако в последние годы наблюдается уменьшение данного контингента инвалидов, что можно объяснить более стабильным социальным положением пенсионеров. Индексация пенсий в последние годы позволила этой категории больных обеспечить себя более адекватным современным лечением, что в свою очередь привело к меньшему числу тяжелых форм заболеваний, сделало их контролируруемыми, в результате чего улучшилось качество жизни больных и в меньшей степени стало ограничивать их жизнедеятельность.

Анализ ВПИ вследствие болезней органов дыхания по тяжести в Орловской области показал, что удельный вес инвалидов I группы за пять лет составил 0,9%(всего 5 человек). Больше всего инвалидов II группы – 57,8% (325 человек). Незначительно меньше инвалидов III группы, за пять лет их процент составил 41,3% (232 человека). Такое процентное распределение по группам инвалидности связано с тем, что на МСЭ направляются больные с более тяжелыми формами болезней органов дыхания и с более выраженными осложнениями данной патологии.

Анализ структуры инвалидности по возрастным группам с учётом тяжести выявил следующие особенности: всего в контингенте ВПИ молодого возраста инвалидов I группы не было. Инвалиды II группы составляли 44,4% в 2005г., 33,3% в 2006г. и 50% в 2007, 2008 и 2009 годах соответственно. III группы 55,6% и 66,7% в 2005-2006 годах и по 50% в 2007, 2008, 2009 годах соответственно.

В контингенте инвалидов среднего возраста I группа также не определялась ни одному больному.

Показатель II группы был в пределах 14,3-51,2%. В сравнении с 2005г. в 2006 году он повысился с 48% до 51,2%, затем снизился до 38,9% в 2007году, вновь возрос до 45,5% и резко упал до 14,3% в 2009 году.

Удельный вес инвалидов III группы также имел ежегодные колебания показателей. В 2005г. он составлял 52%, в 2006г. – 48,8%, в 2007г. – 61,1%, в 2008г. – 54,5%, в 2009г. – 85,7%.

Снижение удельного веса инвалидов II группы и соответственно увеличение III группы в 2009 году можно объяснить значительным улучшением льготного обеспечения более современными лекарственными препаратами данной категории больных, что в свою очередь привело к улучшению качества лечения и снижению тяжелых форм заболевания и как следствие к менее тяжелой инвалидности.

В контингенте инвалидов пенсионного возраста I группа была установлена у 0,7-4,1% ВПИ (2005-2006гг.). В 2007-2009гг. инвалидов I группы не было вообще. Основную массу до 2009 года составляли

инвалиды II группы. Их удельный вес был равен в 2005г. – 76,5%, в 2006г. – 63,5%, в 2007г. – 66%, в 2008г. – 65,9%. И только лишь в 2009 году стал доминировать удельный вес III группы с показателем 51,5%, что также связано с вышеуказанными причинами.

В изучаемом контингенте инвалидов во всех исследуемых категориях доминируют представители городского населения. Изменения показателей среди городских и сельских жителей на протяжении анализируемого периода имеют ту же направленность, что и в общем контингенте ВПИ вследствие болезней органов дыхания.

Структура первичной инвалидности и её уровень при болезнях органов дыхания в Орловской области за анализируемый период были подчинены тем же тенденциям, что происходили в целом в Российской Федерации.

Реформы в социальном и пенсионном законодательстве в 2004 году, изменившие пенсионное обеспечение и расширившие льготы для инвалидов, обусловили увеличение числа обращений в бюро МСЭ как для установления группы инвалидности, так и для определения степени ограничения способности к трудовой деятельности.

Пик первичного выхода на инвалидность вследствие болезней органов дыхания в целом, а также при бронхиальной астме приходится на 2005 год.

Проведенная оценка уровня первичной инвалидности вследствие болезней органов дыхания в Орловской области за 2005 – 2009 г.г. показала, что отмечается ежегодное уменьшение ИП. Так в 2005 г. он составил 2,9, в 2006 г. уменьшился до 1,8, в 2007 – 2008 г.г. составил 1,2, а в 2009г. снизился до 1,1.

Анализ уровня первичной инвалидности вследствие бронхиальной астмы в Орловской области отражает те же тенденции по снижению ИП. Если в 2005 году он составил 1,4, то в 2006 г. снизился до 0,8, в 2007 г. до 0,5, а в 2008 – 2009г.г. соответственно составил 0,4. В целом за наблюдаемый период произошло уменьшение ИП при болезнях органов дыхания в 3 раза, а при бронхиальной астме в 3,7 раза.

В структуре инвалидности городских жителей вследствие болезней органов дыхания за пять лет инвалиды молодого возраста составили 32 челове-

ка, или 8,7% от общего числа, среднего возраста – 109 человек или 29,8%, отмечалось, преобладание инвалидов пенсионного возраста – 225 человек, или 61,5% от общего числа.

Удельный вес инвалидов молодого возраста имел ежегодные колебания показателей. В 2005 году он составлял 7,5%, в 2006г. увеличился до 9,6%, затем незначительно снизился до 7,1% в 2007 г. и вновь возрос до 11,3% в 2008г. с последующим снижением до 9,8% в 2009 году.

Удельный вес инвалидов среднего возраста жителей города составил 23,3-35% в 2005-2006 годах, уменьшился до 17,9% в 2007 году, увеличился до 37,7-46,3% в 2008-2009годах.

За анализируемый период отмечен наибольший удельный вес инвалидов пенсионного возраста. Этот показатель уменьшился с 69,2% в 2005г. до 55,4% в 2006г., увеличился до 75% в 2007г. и значительно уменьшился до 51-43,9% в 2008-2009 годах.

Представленные данные свидетельствуют о том, что в структуре первичной инвалидности вследствие болезней органов дыхания среди городских жителей больше всего инвалидов пенсионного возраста, однако на протяжении последних лет прослеживается динамика снижения данного показателя. Эти изменения связаны с увеличением пенсионного обеспечения этой категории граждан, что привело к значительному улучшению качества лечения и качества жизни пенсионеров.

Анализ первичной инвалидности вследствие болезней органов дыхания городских жителей показал, что до 2009года отмечалось преобладание инвалидов пенсионного возраста, которым определялась II группа инвалидности с волнообразным колебанием показателей. В 2005году он был равен 54,1%, в 2006-36,1%, в 2007-50%, в 2008-35,8%. В 2009году наибольший удельный вес стали иметь инвалиды III группы среднего возраста с показателем 41,5%. Данные изменения показателей связаны с тем, что эта категория больных стала более уязвимой в сравнении с пенсионерами, так как в условиях социально-экономического спада, растущей безработицы лица трудоспособного возраста стали более социально незащищенными.

Анализ признанных инвалидами страдающих

Таблица 1.

Уровень первичной инвалидности при болезнях органов дыхания на 10 тыс. трудоспособного населения по городу и селу за период 2005-2009 гг.(в абсолютных цифрах и на 10 тыс. трудоспособного населения)

Нозологические формы	тип местности	2005 г.		2006 год		2007 год		2008 год		2009г.	
		Всего	ИП	Всего	ИП	Всего	ИП	Всего	ИП	Всего	ИП
Болезни органов дыхания	Город	41	1,2	37	1,1	14	0,4	26	0,8	23	0,7
	Село	27	1,6	18	1,1	12	0,7	15	0,9	9	0,5
бронхиальная астма	Город	27	0,8	25	0,7	8	0,2	11	0,3	13	0,4
	Село	14	0,8	8	0,5	8	0,5	3	0,2	5	0,3

бронхиальной астмой среди лиц городского населения показал, что в течение пятилетнего периода были признаны инвалидами 172 человека. Самое большое количество ВПИ наблюдалось в 2005-2006 годах – 73 и 41. В последующие годы их общее число резко снизилось до 17 человек в 2007 году, до 21 в 2008г., до 20 в 2009г. Значительное снижение инвалидов вследствие бронхиальной астмы среди городских жителей объясняется более тщательным отбором ВК больных, направляемых на МСЭ, а также увеличением льготного обеспечения данной категории граждан.

Анализ структуры первичной инвалидности вследствие бронхиальной астмы по возрасту имел аналогичные закономерности, что и у инвалидов вследствие болезней органов дыхания в целом. Число инвалидов молодого возраста небольшое, всего 18 человек. Удельный вес этого контингента имел ежегодные колебания показателей. В 2005г. он составил 6,9%, в 2006г. повысился до 14,6%, в 2007-2008гг. снизился до 11,8-9,5%, и в 2009 вновь возрос до 15%, в среднем он был равен 10,5% от общего числа. Число инвалидов среднего возраста, страдающих бронхиальной астмой, за пять лет составило 66 человек. Удельный вес лиц среднего возраста увеличился с 30,1% в 2005г. до 46,4% в 2006г., затем незначительно снизился до 37,7%, и вновь в 2008 и 2009г. возрос до 42,9 и 50%, в среднем за анализируемый период он был равен 38,4%.

Более половины от общего числа ВПИ вследствие бронхиальной астмы за исследуемый период составили лица пенсионного возраста – 88 человек. Удельный вес этого контингента также имел ежегодные колебания. В 2005г. он составлял 63%, в 2006г. снизился до 39%, в 2007г. увеличился до 52,9%, а в 2008-2009гг. вновь снизился до 47,6 и 35%.

Таким образом, в последние годы прослеживается тенденция к уменьшению удельного веса лиц пенсионного возраста, страдающих бронхиальной астмой, и соответственно увеличению лиц трудоспособного возраста. Причины увеличения удельного веса больных трудоспособного возраста, страдающих бронхиальной астмой, те же, что и при болезнях органов дыхания в целом.

Изучение показателей первичной инвалидности с учётом возраста и групп инвалидности больных бронхиальной астмой среди лиц городского населения показало, что до 2009 года преобладали лица пенсионного возраста, которым была определена II группа инвалидности (показатель имел ежегодные волнообразные изменения: в 2005 году он составлял 45,2%, в 2006 году – 29,3%, в 2007 году – 41,1%, в 2008 году – 23,8%), а в 2009 году стали преобладать лица среднего возраста, с III группой

инвалидности. Изменение показателей связано с теми же причинами, которые оказывали влияние и на показатели инвалидности вследствие болезней органов дыхания.

Структура признанных инвалидами при болезнях органов дыхания с учетом возраста и групп инвалидности сельского населения за анализируемый период выявила следующие особенности. Инвалидов молодого возраста, страдающих патологией органов дыхания, мало, их абсолютное число колеблется от 0 до 8 человек. Всего за пять лет инвалидами признаны 18 человек, что составило 9,2% от общего числа сельских жителей. Удельный вес инвалидов молодого возраста был равен 11,3-8,7% в 2005г.-2006гг. увеличился до 17,7% в 2007г., уменьшился до 6,3% в 2008г., а в 2009г. инвалидов среди лиц молодого возраста не было.

Инвалидов среднего возраста несколько больше, абсолютное число их составило 63 человека – 32,1% от всех жителей села. Удельный вес инвалидов среднего возраста был равен 26,8-30,4% в 2005-2006г., увеличился до 34,8-40,6% в 2007-2008г., затем уменьшился до 37,5%.

Обращает на себя внимание преобладание инвалидов пенсионного возраста, общее число которых составило 115 человек – 58,7% от общего количества сельских жителей. Удельный вес инвалидов пенсионного возраста большой: был равен 61,9-60,9% в 2005-2006г., уменьшился до 47,8% в 2007г. и вновь увеличился до 53,1 и 62,5% в 2008 – 2009г.

Представленные данные свидетельствуют о том, что среди ВПИ вследствие болезней органов дыхания у сельских жителей преобладают лица пенсионного возраста, что вероятнее всего связано с наличием более низкого реабилитационного потенциала у пенсионеров, большим стажем заболевания и наличием сопутствующей патологии.

Анализ первичной инвалидности вследствие болезней органов дыхания у жителей села показал, что до 2009г. отмечалось преобладание инвалидов пенсионного возраста, которым была определена II группа инвалидности с ежегодным снижением показателя. В 2005г. он был равен 45,1%, в 2006г. – 36,9%, в 2007г. – 30,4%, в 2008г. – 31,2%. В 2009г. наибольший удельный вес стали иметь пенсионеры, которым определена III группа инвалидности с показателем 33,3%. Такие изменения можно объяснить улучшением в последние годы диагностических, лечебных и реабилитационных мероприятий, что в конечном итоге привело данный контингент к менее тяжелой инвалидности.

Изучение показателей первичной инвалидности больных бронхиальной астмой среди лиц сельского населения показало, что они имели тенденцию к



снижению на протяжении пятилетнего периода с 28 человек в 2005г. до 16 человек в 2006 и 2007 годах и 7 человек в 2008 и 2009годах.

Наибольшее число ВПИ вследствие бронхиальной астмы отмечалось в третьей возрастной группе, причем этот показатель составил 50% в 2005, 2006, 2007 годах, а в 2008г. он был равен 57,1%. Лишь в 2009г. преобладали лица среднего возраста, их число составляло 71,4%.

Анализ первичного выхода на инвалидность жителей села вследствие бронхиальной астмы с учетом возраста и групп инвалидности выявил аналогичные изменения, что и у лиц, проживающих в городе. До 2009г. доминировали пенсионеры, которым была определена II группа инвалидности. Их показатель имел ежегодные волнообразные колебания: в 2005г. – 35,7%, в 2006 и 2007гг. – 31,2%, в 2008г. – 42,8%. В 2009г. наибольший удельный вес приобрели лица среднего возраста с III группой инвалидности с показателем 57,1%.

Наблюдаемые аналогичные тенденции изменения показателей у жителей села и города свидетельствуют об однообразии причин, влияющих на структуру первичной инвалидности за анализируемый период наблюдения.

С целью использования остаточной трудоспособности инвалидов с патологией органов дыхания было проведено изучение характера профессиональной деятельности на момент освидетельствования, которое показало, что на протяжении анализируемого периода преобладали лица, занятые физическим трудом. Их удельный вес имел ежегодные колебания показателей: в 2005г. – 69,1%, в 2006г. – 78,2%, в 2007г. – 57,7%, в 2008г. – 63,4%, в 2009г. – 78,1%.

Большинство инвалидов, в основе профессиональной деятельности которых был физический труд, занимались работой со средними (допустимыми) физическими нагрузками, их удельный вес составлял от 58,1% до 73,3% (в 2005г. – 68,1%, в 2006г. – 58,1%, в 2007г. – 73,3%, в 2009г. – 60%). Процент лиц, выполняющих труд с оптимальным физическим напряжением, был в пределах 23,1-32% (2005г. – 25,5%, в 2006г. – 27,9%, 2007г. – 26,7%, 2008г. – 23,1%, в 2009г. – 32%). И лишь небольшое количество признанных инвалидами с патологией органов дыхания были заняты тяжелым (вредным) физическим трудом (6,4% в 2005г., 14% в 2006г., 2007г. их не было, 3,8% в 2008г. и 8% в 2009г.).

Таблица 2.

Распределение впервые признанных инвалидами при болезнях органов дыхания среди трудоспособного населения с учетом факторов труда за период 2005 – 2009гг. (в абсолютных цифрах и %)

Таблица №11

Классы условий труда		2005		2006		2007		2008		2009	
		болезни органов дыхания	бронхиальная астма	болезни органов дыхания	бронхиальная астма	болезни органов дыхания	бронхиальная астма	болезни органов дыхания	бронхиальная астма	болезни органов дыхания	бронхиальная астма
Умственный труд	Abs.	21	16	12	8	11	7	15	5	7	4
	%	30,9	39,0	21,8	24,2	42,3	43,8	36,6	35,7	21,9	22,2
Физический труд	Abs.	47	25	43	25	15	9	26	9	25	14
	%	69,1	61,0	78,2	75,8	57,7	56,2	63,4	64,3	78,1	77,8
из них: оптимальный (лёгкая физическая нагрузка)	Abs.	12	4	12	9	4	3	6	4	8	4
	%	25,5	16,0	27,9	36,0	26,7	33,3	23,1	44,4	32,0	28,6
допустимый (средняя физическая нагрузка)	Abs.	32	18	25	14	11	6	19	4	15	9
	%	68,1	72,0	58,1	56,0	73,3	66,7	73,1	44,4	60,0	64,3
Вредный (тяжёлый труд)	Abs.	3	3	6	2			1	1	2	1
	%	6,4	12,0	14,0	8,0			3,8	11,2	8,0	7,1
Всего:	Abs.	68	41	55	33	26	16	41	14	32	18
	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



Доля лиц, страдающих патологией органов дыхания, занятых в сфере умственного труда, за анализируемый пятилетний период составляла 21,8-42,3% (в 2005 году – 30,9%, в 2006г. – 21,8%, 2007г. – 42,3%, 2008г. -36,6%, 2009г. – 21,9%).

Аналогичная ситуация распределения ВПИ с учетом факторов труда и у инвалидов, страдающих бронхиальной астмой. Наибольший удельный вес имеют лица, занятые физическим трудом, их показатель за период 2005-2009гг. колебался в пределах 56,2%-77,8% (2005г. – 61%, 2006г. – 75,8%, 2007г. – 56,2%, 2008г. – 64,3%, 2009г. – 77,8%). Большинство больных выполняли труд с допустимым физическим напряжением от 44,4% до 72%. Наибольший показатель был в 2005г. – 72%, наименьший в 2008г. – 44,4%. От 16 до 44,4% больных до наступления инвалидности выполняли работу с оптимальной физической нагрузкой, их показатель в 2005г. был равен 16%, 2006г. – 36%, 2007г. – 33,3%, 2008г. – 44,4%, 2009г. – 28,6%.

Значительно меньшее число пациентов были заняты тяжелым (вредным) трудом. Их удельный вес составил в 2005г. – 12%, 2006г. – 8%, 2007г. таких больных не было, в 2008г. – 11,2%, 2009г. – 7,1%.

Таким образом, как свидетельствуют представленные данные, основную массу исследуемых составляли лица, выполняющие физический труд со средним физическим напряжением как среди ВПИ вследствие болезней органов дыхания, так и среди инвалидов, страдающих бронхиальной астмой.

Для рационального профессионального обучения, переобучения и трудоустройства было проведено изучение образовательного уровня ВПИ вследствие болезней органов дыхания, которое показало, что наибольший удельный вес имеют больные со средним образованием, их показатель колеблется от 29,3% до 40%, причем за последние три года анализируемого периода отмечается тенденция к снижению показателей. В 2005г. он был равен 35,3%, в 2006г. – 40%, а в 2007г. – 38,5%, 2008г. – 29,3%, в 2009г. – 28,1%.

За весь период наблюдения больных с неоконченным высшим и без образовательного уровня не было, и лишь один инвалид, прошедший освидетельствование в 2005г., имел начальный уровень знаний.

Анализ по уровню образования контингента инвалидов, страдающих бронхиальной астмой, выявил, что в большинстве случаев это лица, имеющие среднее (от 39,4% в 2006г. до 27,8%), высшее (от 37,5% в 2007г. до 5,6% в 2009г.) и средне-специальное образование (от 33,3% в 2009г. до 12,5% в 2007г.).

В целом, за анализируемый пятилетний период

можно отметить, что самое большое количество признанных инвалидами, страдающих бронхиальной астмой, это лица со средним образовательным уровнем знаний, число которых в последние годы имеет тенденцию к снижению (в 2005г. – 29,3%, в 2006г. – 39,4%, в 2007г. – 31,2%, в 2008г. – 28,6%, в 2009г. – 27,8%). Динамика снижения удельного веса прослеживается и у инвалидов с высшим образованием, если их удельный вес в 2005г. и 2007г. был равен 29,3% и 37,5%, то в 2008 и 2009 годах уже 14,3 и 5,6%. Одновременно с этим на протяжении анализируемого периода отмечается рост лиц, имеющих среднетехническое (от 12,2% в 2005г. до 22,2% в 2009г.) и средне-специальное образование (от 21,9% в 2005г. до 33,3% в 2009г.).

Невысоким остается процент инвалидов, имеющих неполное среднее образование с незначительными годовыми колебаниями (в 2005г. – 7,3%, 2006г. – 6,1%, 2007г. – 6,3%, 2008г. – 7,1%, 2009г. – 11,1%).

Лиц, страдающих бронхиальной астмой, с неоконченным высшим, начальным и без образования признано инвалидами в 2005-2009гг. не было. За последние 10 лет в Российской Федерации отмечен значительный прогресс как в диагностике, так и в лечении бронхиальной астмы и хронического обструктивного бронхита, стали реализовываться такие программы, как «Глобальная стратегия по лечению и профилактике бронхиальной астмы», «Глобальная инициатива по бронхиальной астме», в которых представлены схемы лечения, принципы современной диагностики и профилактики, направленные на снижение хронической заболеваемости и преждевременной смертности от болезней органов дыхания. Таким образом, внедрение в клиническую практику рекомендаций на основе международной и национальных программ в России привело к стандартизации подходов в фармакотерапии, достоверному улучшению отдаленных исходов лечения, в том числе и к снижению первичной инвалидности вследствие болезней органов дыхания.

Ежегодно в РФ отмечается прогрессивное снижение ВПИ вследствие болезней органов дыхания. Так, если в начале анализируемого периода первичный выход вследствие болезней органов дыхания составил 59038 человек, то на протяжении последних лет отмечалась четкая тенденция по снижению показателей: в 2006г. было признано 44599 человек, в 2007г. 30598 человек, в 2008г. – 25207 человек, в 2009г. – 23807.

Аналогичная динамика показателей наблюдалась по ЦФО. Общее число ВПИ в 2005г. составляло 16079 человек, в 2006г. – 12119, в 2007г. – 7759 человек, в 2008г. – 6227 человек, в 2009г. – 6025.

Уровень первичной инвалидности вследствие болезней органов дыхания в Орловской области за анализируемый период был в пределах 3,0-1,0 на 10 тысяч взрослого населения. В целом, за все годы наблюдения в Орловской области он оказался ниже, чем по Российской Федерации и ЦФО. ИП среди ВПИ с патологией органов дыхания в Орловской области в 2005г. составлял 3,0 на 10 тысяч взрослого населения (в РФ и ЦФО 5,2 на 10 тысяч населения), в 2006г. – 1,9 (в РФ и ЦФО 3,9), в 2007г. и 2008г. – 1,2 на 10 тысяч взрослого населения (в РФ этот показатель выше и был равен в 2007г. – 2,7, в 2008г. – 2,2 на 10 тысяч взрослого населения, в ЦФО – 2,5-2,0 соответственно), в 2009г. – 1,0 (в РФ – 2,1, ЦФО – 1,9). Представленные данные свидетельствуют, что ежегодно уровень первичной инвалидности вследствие болезней органов дыхания в течение 2005-2009гг. снижается как в Орловской области, так и в целом по стране.

Среди впервые признанных инвалидами вследствие болезней органов дыхания в 2005г. – 2008г. среди жителей в РФ в целом преобладали лица, которым определена III группа инвалидности. Так если в 2005г. их удельный вес был равен 43%, то на протяжении последних лет он возрос до 52,3% в 2006г., 55,6% в 2007г. и 56,7 в 2008 году, в 2009г. – 60%.

Таким образом, анализ структуры инвалидности вследствие болезней органов дыхания по группам инвалидности выявил, что как в РФ в целом, так и в Орловской области в 2005 году преобладал удельный вес инвалидов II группы. В 2006-2007-2008-2009 годах среди впервые признанных инвалидами вследствие болезней органов дыхания в РФ в целом и ЦФО доминировали инвалиды III группы, а в Орловской области до 2009 года инвалиды II группы. Однако в 2009 году количество инвалидов III группы значительно возросло до 66,2% и стало превышать общероссийские показатели. Также необходимо учесть, что в целом первичный выход за анализируемый период в Орловской области был значительно ниже показателей РФ и ЦФО.

Таким образом, на протяжении анализируемого периода наблюдалось снижение первичной инвалидности вследствие болезней органов дыхания среди населения РФ в целом, ЦФО и Орловской области. Уровень первичной инвалидности в Орловской области ниже, чем по РФ и ЦФО.

**Заключение.** За пять лет исследуемого периода в Орловской области отмечалось практически ежегодное уменьшение ВПИ как вследствие болезней

органов дыхания, так и вследствие бронхиальной астмы.

Оценка уровня инвалидности среди городских и сельских жителей области за этот же период выявила четкую тенденцию по преобладанию первичного выхода на инвалидность среди жителей города, что связано с более неблагоприятной экологической обстановкой, ведущей к ухудшению здоровья городского населения.

Среди всего взрослого населения ВПИ преобладают лица пенсионного возраста, что связано с ухудшением состояния здоровья этого контингента.

На протяжении исследуемого периода наблюдалось постоянно преобладание удельного веса мужчин как среди городского, так и среди сельского населения, что связано с их профессиональной деятельностью, факторами риска, образом жизни.

В динамике за пять лет I группа инвалидности лицам трудоспособного возраста не устанавливалась. В пенсионном возрасте за тот же период удельный вес её крайне низок. Удельный вес инвалидов II группы преобладал в пенсионном возрасте, а удельный вес III группы в трудоспособном.

Распределение ВПИ с учетом факторов труда показало, что основную массу составляют лица, выполняющие физический труд со средним физическим напряжением, как среди инвалидов с патологией органов дыхания, так и среди инвалидов, страдающих бронхиальной астмой.

Распределение ВПИ с учетом образовательного уровня вследствие болезней органов дыхания показало, что наибольший удельный вес имеют больные со средним образованием, в том числе и ВПИ, страдающие бронхиальной астмой.

Анализ структуры ВПИ при болезнях органов дыхания на 10 тысяч как всего взрослого населения по районам области, так и трудоспособного не отражает четкой тенденции по преобладанию первичного выхода в каком-то из районов области за 2005-2009гг. В последние годы прослеживается динамика по снижению показателей в большинстве районов области как в целом при болезнях органов дыхания, так и при бронхиальной астме.

На протяжении анализируемого периода наблюдалось снижение первичной инвалидности вследствие болезней органов дыхания среди населения Российской Федерации в целом, ЦФО и Орловской области. Уровень первичной инвалидности в Орловской области ниже, чем по РФ и ЦФО.

**Библиографический список**

1. Бурлачук В.Т. Анализ распространенности и выявляемости хронической обструктивной болезни легких на территории города Воронежа и области. В.Т. Бурлачук, Ю.В. Есипенко, О.М. Королькова. Вестник новых медицинских технологий, 2011. №2 . С.233-234.
2. Шварцкопф Е.С. Региональные особенности развития аллергопатологии у детей в Приднестровье: автореф. дисс...канд.мед.наук. Е.С. Шварцкопф. Курск, 2010. 23с.

**M.Y.CHERNOV, M.A. KHALILOV, A.D. SNIMSCHIKOVA**

**CLINICAL AND EPIDEMIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SEVERE ASTHMA  
AMONG ORYOL REGION CITIZENS**

*This article presents the analysis of the research of status and formation of primary disability in consequence of respiratory diseases, especially asthma in the Oryol region. The necessity of optimization and strategy of provision of Medical, Biological and social care for patients with bronchial asthma were identified.*

*Key words: bronchial asthma, disabled, prophylaxis*



# СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Л.Н. АНИЩЕНКО

доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры экологии и рационального природопользования Брянского государственного университета им.акад. И.Г. Петровского  
E-mail: eco\_egf@mail.ru

## БРИОИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ РАЙОНА ОПАСНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ (НА ПРИМЕРЕ ОУХО БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ)

В статье представлены данные бриоиндикации района объекта по утилизации химического оружия в фоновом биомониторинге (на примере Брянской области) за трехлетний период. Выявлены ростовые, продукционные и морфологические признаки мхов-биоиндикаторов: *Sphagnum squarrosum* и *Hylocomium splendens*. Показана перспективность использования мохообразных в региональном биомониторинге.

Ключевые слова: бриоиндикация, фоновый биомониторинг, особо опасные техногенные объекты.

Программа экологического мониторинга на особо опасных техногенных объектах должна быть четко разработана, включать и подсистемы биомониторинговых изысканий. Бриоиндикация как метод биомониторинговых работ позволяет проводить исследования различного направления: как натуральных, так и камеральных. Однако для широкого применения этого метода необходимы региональные работы, выявляющие ответные реакции видов на стрессовые факторы. Особенно значимыми считаются исследования, выполненные как фоновые, поэтому тематика работы актуальна и значима для региона Южного Нечерноземья России.

Объект по утилизации химического оружия (ОУХО), расположенный в Почепском районе Брянской области, начал осуществлять производственный процесс в 2010 г. Поэтому при осуществлении исследований были накоплены данные фонового биомониторинга для своевременной диагностики изменений компонентов сред обитания в последующих плановых изысканиях. Цель работы – изучить морфологические и продукционные показатели мохообразных как биоиндикационные признаки состояния среды обитания района опасных техногенных объектов (ОУХО, Брянская область).

Для настоящего исследования выбраны фоновые виды: сфагновый мох *Sphagnum squarrosum* Cromе in Норре и зеленый – *Hylocomium splendens* L., годичный прирост которого визуально дифференцируется и позволяет достаточно надежно оценить его годичную продукцию. Эко-биологические показатели мохообразных исследовались на стационарных пробных площадках (ПП) в районе санитарно-защитной зоны (СЗЗ), а также в зоне защитных мероприятий и на её границе объекта утилизации химического оружия (ОУХО) в реперных точках 19, 27 (первый круг точек) и точке 68 (второй круг точек) для *Sphagnum squarrosum*, в точках 1, 2,

27, 68 и 75 для *Hylocomium splendens*.

Лесные ценозы на ПП в реперных точках ОУХО представлены черноольшаником крапивным ассоциации *Urtico dioicae-Alnetum glutinosae* Bulokchov et Solomethch 2003, ельниками ассоциации *Eu-Piceetum* (Cajander 1921) K.-Lund 1962, заболоченными сосняками *Pino-Ledetum palustris* Tx. 1955, сосняками зеленомошными ассоциации *Dicrano-Pinetum sylvestris* Preising et Knapp ex Oberdorfer 1957 [2].

Годичный линейный прирост определяли методом перевязок для *Sphagnum squarrosum* и *Hylocomium splendens* (Hedw.) B.S.G. в 2009-2011 гг. Для оценки способов ветвления для *Hylocomium splendens* на каждой пробной площадке площадью 1 м<sup>2</sup> собирали по 100 гаметофитов (побегов), описывали их морфологическое строение (по: [14]) и определяли возраст. Образцы сфагнового и зеленого мха отбирались в различных элементах микрорельефа: на кочках в межкочье и на гнилой древесине в «лесных окнах».

Анализ результатов исследований для биомассы, прироста осуществлен статистическими методами с использованием пакета MS Excel 2003 [10]. Названия мхов класса *Briopsida* указаны в соответствии со списком мохообразных Восточной Европы и Северной Азии [9]. Определение валовой концентрации элементов группы тяжелых металлов проводилось в пробах грунта по «Методике выполнения измерения массовой доли металлов и оксидов металлов в порошкообразных пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа. М049-П/04», с использованием прибора «Спектроскан Макс». Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в грунте определялись по ГН 2.1.7.2041-06, ГН 2.1.2042-06 [12].

Обзор динамики климатических условий изучаемых местностей приведен ниже. Климат района



расположения ПП в реперных точках характеризуется как умеренно-континентальный с теплым летом. Продолжительность периода со среднесуточной температурой воздуха ниже 0°C составляет 140 дней, от середины ноября до марта включительно. Переход среднесуточной температуры воздуха через 0°C происходит в конце марта и в начале ноября.

Весна в районе преимущественно короткая. В середине апреля средняя суточная температура воздуха переходит через +5°C, в начале мая – через +10°C и в конце мая – начале июня через +15°C. Лето чаще всего жаркое. Осенний период длится до середины ноября. Переход среднесуточной температуры воздуха через 0°C отмечается в конце первой декады ноября. В целом среднемесячные температуры за вегетационный период соответствуют среднеклиматической норме в 2009 и 2011 гг. Самый жаркий июнь, июль и август зарегистрированы в 2010 году. Общее количество осадков определяется, главным образом, циклонической деятельностью. Наибольшее количество осадков приходится на летний период. Месячное колебание количества осадков в среднем составляет 3,1 мм (март) и 82 мм (июль). Средние годовые суммы осадков составляют 580 мм [13]. В 2011 году выпавшие осадки превысили норму, в 2009 году – соответствовали норме, 2010 год характеризовался засухой.

Продукционные и ростовые процессы мохообразных тесно связаны с режимом влажности и температуры. Их линейный прирост зависит не только от вида, уровня грунтовых вод, но и непосредственно от климатических условий и трофности среды [3, 5-7, 11, 16-18].

В результате проведенных исследований выявлены колебания линейного прироста сфагнума оттопыренного и гилокомиума блестящего в пределах одного сообщества в разные годы. Имеются различия в приросте и в разных сообществах. Рассмотрим особенности прироста каждого вида.

Наибольший прирост *Sphagnum squarrosum* выявлен для сообществ *Urtico-Dioicae-Alnetum glutinosae* Bulokchov et Solomethch 2003 (точка 19). Наименьший прирост для особей сфагнума оттопыренного определен для сообществ *Eu-Piceetum* (Cajander 1921) K.-Lund 1962. Значительные колебания в приросте особей мха выявлены в сообще-

ствах ассоциации *Pino-Ledetum palustris* Тх. 1955 (таблица 1). Вероятно, эти динамические процессы роста связаны с режимом увлажнения, который создается в самом биотопе сообществ.

Прирост *Sphagnum squarrosum* колеблется незначительно – от 6,3±0,68 до 8,9±0,78 мм. Наибольший прирост мха отмечался в 2011 г на всех ПП реперных точек в сообществах. Вероятно, это связано с увеличением среднего количества осадков за вегетационный период. Для этого вида наблюдается наиболее равномерный прирост по годам. Исходя из наших наблюдений, можно заключить, что сфагнум оттопыренный более инертен к изменениям среды обитания и его прирост меньше, чем у других видов [1], варьирует в разных микроценозах.

Для особей *Sphagnum squarrosum* установлено, что средний прирост в 2010 г. (с засушливым летним сезоном) незначителен, но достаточно близок к приросту предыдущих лет. Этот факт может быть связан со стимулирующим действием высокой температуры в сентябре при минимуме осадков и температуры в июле.

Таким образом, для нормального роста и развития *Sphagnum squarrosum* необходима хорошая обводненность местообитаний: они наиболее чувствительны к изменению увлажнения за вегетационный период. Поэтому при определении прироста особей в ходе дальнейших биомониторинговых изысканий необходимо учитывать факт внутренних условий биотопа. Данные исследований позволили установить тесную связь между линейным приростом и количеством осадков за вегетационный период. Наибольшие коэффициенты корреляции линейного прироста *Sphagnum squarrosum* и среднего количества осадков за вегетационный период установлены в 2011 г. (R=0,66±0,0169), так же как и за июль (0,45±0,0151).

Итак, изменчивость линейных приростов *Sphagnum squarrosum* адекватно отражают гетерогенность микроместообитаний по условиям произрастания. Таким образом, видовые особенности линейного прироста *Sphagnum squarrosum* можно использовать для диагностики изменения особенностей биотопа в течение климатических флюктуационных преобразований, а также для био-диагностики внешних стрессовых факторов.

Таблица 1.

Динамика линейного прироста (в мм) *Sphagnum squarrosum* по годам в различных сообществах

2009			2010			2011		
1*	2	3	1	2	3	1	2	3
8,4±0,79	7,0±0,77	8,6±0,84	6,8±0,73	6,3±0,75	6,3±0,68	8,9±0,78	7,0±0,77	8,2±0,79

Примечание\*. Сообщества ассоциаций: 1 *Urtico-Dioicae-Alnetum glutinosae*, 2 *Eu-Piceetum*, 3 *Pino-Ledetum palustris*.



Для *Hylocomium splendens* характерно этажное расположение годичных побегов. В экосистемах и ПП реперных точек обнаружено несколько морфологических вариаций роста зеленого мха. В исследованном фитоценозе каждый гаметофит обычно представлен 3-5-годовалыми побегами (этажами), остальные, если они имеются, находятся на разных стадиях отмирания и разложения. Наименьшее число разновозрастных побегов отмечено у мхов в подушке на прикорневой части стволов. Сокращение числа разновозрастных годичных побегов свидетельствует об экологическом стрессе [8].

Образование новых этажей побега может происходить по-разному. Обычно побег следующего года развивается приблизительно посередине ответвленной части стебля предыдущего года. Как правило, новые побеги (1-2) возникают ежегодно, образуя этаж следующего года. Однако в некоторые годы новые этажи не образуются, и молодые побеги развиваются только через 1-2 года, закладываясь скуратно, по 2-3. В некоторых случаях на побеге прошлого года начинает разрастаться одна из первой пары веточек II порядка, которая и преобразуется в ось I порядка и образует этаж следующего года. Таким образом, *Hylocomium splendens* пластичен в отношении реализации различных вариантов образования годичных приростов, что было подтверждено ранее [14, 15]. Отмеченные различия могут быть связаны как с генотипической, так и морфологической изменчивостью особей.

При исследовании морфологических особенностей *Hylocomium splendens* на ПП в реперных точках при фоновом мониторинге были выявлены следующие особенности ветвления (табл. 2).

Для трехлетнего периода наблюдений характерно преобладание нормального ветвления побегов *Hylocomium splendens*, с незначительной встречаемостью (в %) пропуска годичных приростов и наличием побегов только 1 и 2 года. В сезон 2010 г. с преобладанием высоких положительных температур и недостаточным увлажнением были зарегистрированы аномалии ветвления побегов мха: в большей части случаев – это пропуски годичных приростов, а также наличием побегов только 1 и 2 года. Пластичность *Hylocomium splendens* по отношению к внешним стрессовым факторам выражается в появлении у особей отклонений в ветвлении. Следовательно, морфологические особенности прироста у гилокомиума блестящего зависят от климатических факторов, а также могут стимулироваться химическим и физическим загрязнением среды обитания. Поэтому, выявленные особенности морфологии ветвления у *Hylocomium splendens* в фоновом мониторинге показало величину пластичности морфотипа растения. Наличие указанных отклонений от нормального морфотипа может быть связано как с генотипической, так и модификационной изменчивостью.

При анализе химического состава почв на исследованных реперных точках по отношению к тяжелым металлам выяснено, что валовое содержание некоторых из них превышает ОДК. В почве реперной точки 1 превышена ОДК по меди и никелю, в точке 2 – по мышьяку, цинку, меди, никелю, в точке 27 – по мышьяку, цинку, меди, никелю, в точке 68 – по мышьяку, в точке 75 – концентрации химических элементов соответствуют ОДК. Наиболее значительные (в %) отклонения от нормального

Таблица 2.

Особенности ветвления *Hylocomium splendens* на ПП реперных точек по годам

Реперные точки	Типы морфологических особенностей	Морфологические особенности <i>Hylocomium splendens</i> (в %)		
		2009 г.	2010 г.	2011 г.
1	нормальное ветвление	98,0	89,0	82,9
	пропуск годичных приростов	2,0	11,0	10,0
	побеги 1 и 2 года	0	0	7,1
2	нормальное ветвление	94,4	67,0	91,0
	пропуск годичных приростов	4,0	29,0	3,0
	побеги 1 и 2 года	1,6	4,0	6,0
27	нормальное ветвление	100,0	74,0	88,0
	пропуск годичных приростов	0	12,0	10,5
	побеги 1 и 2 года	0	14,0	1,5
68	нормальное ветвление	95,0	86,0	91,0
	пропуск годичных приростов	3,0	8,0	0
	побеги 1 и 2 года	2,0	6,0	9,0
75	нормальное ветвление	97,0	81,0	95,0
	пропуск годичных приростов	1,7	14,5	3,0
	побеги 1 и 2 года	1,3	4,5	2,0

ветвления у гилокомиума блестящего проявляются на ПП в реперных точках 2, 27. Поэтому резкие изменения абиотических факторов биотопа (в основном климатических) в сочетании с наличием токсических факторов (в превышении ОДК) может вызывать отклонения от нормального ветвления у мха-биоиндикатора. Эти особенности позволят в дальнейшем использовать гилокомиум блестящий как биоиндикатор и биотест с учетом возможного размаха признаков в проявлении морфотипических особенностей вида.

Анализ величины годичных приростов за 3 года у *Hylocomium splendens* показал, что максимальный линейный прирост наблюдается у особей, произрастающих на гнилой древесине в просветах крон (табл. 3). Пределы изменения составляют от 18,1±2,22 мм до 28,3 ±2,58 мм, среднее значение – 23,15 мм. Наименьшие значения линейного прироста отмечены для 2010 г.

Таблица 3.

Динамика линейного прироста (в мм) *Hylocomium splendens* по годам в различных сообществах и микроместообитаниях

Точки Мр.*		Годы		
		2009	2010	2011
1	К	19,1±1,31	15,9±1,53	18,4±1,79
	ГД	23,3±1,92	19,8±2,82	25,1±2,25
2	К	18,9±1,87	16,2±1,79	19,8±1,84
	ГД	24,2±1,62	20,4±2,17	26,2±2,33
27	К	18,3±1,81	15,8±1,58	20,7±2,08
	ГД	24,9±1,91	21,3±2,22	28,3±2,58
68	К	18,4±1,79	14,9±1,32	18,5±1,81
	ГД	22,4±2,0	18,4±1,33	22,1±2,21
75	К	17,9±1,59	14,1±1,17	17,6±1,18
	ГД	22,6±1,76	18,1±1,22	18,0±1,29

Примечание: \* Мр. – элементы микрорельефа, К – кочки, ГД – гнилая древесина.

Более низкие значения прироста – на кочках, а также в прикорневой части деревьев, на выступах корней: амплитуда изменения от 14,1±1,17 мм до 20,7±2,08 мм, со средним значением 17,40 мм. Наибольшие значения прироста зарегистрированы в вегетационный сезон 2011 г., наименьшие – в 2010 г.

Линейный прирост мха и среднее количество осадков за вегетационный период связаны коэффициентом корреляции, наибольшие значения которого определены в 2009-2010 гг. ( $R=0,41\pm0,0139$ ). Наибольший коэффициент корреляции среднего количества осадков за июль и линейного прироста мха рассчитаны в 2009 г. ( $R=0,65\pm0,0163$ ). Корреляционная положительная связь теснее выражена между значениями прироста и количеством осадков в июле.

Наибольшие значения коэффициента корреля-

ции линейного прироста мха и среднего количество осадков за вегетационный период рассчитаны в 2011 г. ( $R=0,45\pm0,0142$ ). Самое высокое значение коэффициента корреляции среднего количества осадков за июль и линейного прироста мха определены в 2010 г. ( $R=0,71\pm0,0173$ ). Корреляционная положительная связь теснее выражена между значениями прироста мха на кочках и количеством осадков в июле.

Итак, у особей мха, произрастающих на кочках и в их просветах (на гнилой древесине), отмечена высокая достоверная положительная связь ( $R_{cp} - 0,69$  и  $0,55$  соответственно) с осадками июля. Показатели общего увлажнения за вегетационный период, а также в июле особенно важны для формирования линейного прироста мха, произрастающего в прикорневой части деревьев.

Приросты по массе достигают довольно высоких показателей в умеренных по увлажнению и хорошей освещенности условиях: на гнилой древесине – до 22,7±1,74 мг. Минимальное значение прироста фитомассы зарегистрировано в 2010 г. в засушливый вегетационный период. Среднее значение прироста зеленой массы мха на гнилой древесине составляет 17,95 мг. Минимальные приросты по массе зафиксированы в моховых подушках около древесных стволов: максимальная фитомасса особей не превышает 18,2±1,37 мг. Среднее значение прироста зеленой массы равно 15,39 мг (табл. 4).

Таблица 4.

Динамика фитомассы (в г) *Hylocomium splendens* по годам в различных сообществах и микроместообитаниях

Точки Мр.*		Годы		
		2009	2010	2011
1	К	17,3±1,41	15,0±1,45	17,7±1,31
	ГД	21,3±1,62	15,8±1,25	22,7±1,74
2	К	17,9±1,33	15,2±1,34	17,9±1,34
	ГД	21,7±1,63	15,9±1,37	21,3±1,62
27	К	18,2±1,37	16,1±1,31	17,4±1,29
	ГД	19,1±1,56	16,2±1,15	19,2±1,45
68	К	15,4±1,22	12,7±1,17	16,1±1,29
	ГД	16,4±1,40	13,2±1,08	15,7±1,21
75	К	15,9±1,23	12,4±1,42	16,3±1,39
	ГД	18,7±1,84	13,8±1,23	15,8±1,26

Примечание: \* Мр. – элементы микрорельефа, К – кочки, ГД – гнилая древесина.

В исследованиях зафиксировано соответствие значений линейных и весовых показателей приростов мха. Корреляция между длиной и массой годичных приростов у особей *Hylocomium splendens* в различных условиях неодинакова. Длина и масса связаны почти функционально и на валеже (гнилая древесина), и на кочках ( $R = 0,87 \pm 0,0167$  и  $0,89 \pm 0,0171$  соответственно).

Наибольшие положительные коэффициенты корреляции прироста фитомассы мха и средних температур рассчитаны в сезоны 2011 г (июль) и 2009 г. (июнь). Отрицательные коэффициенты корреляции определены для сезонов 2010.

Наибольшие положительные коэффициенты корреляции прироста фитомассы мха на прикорневой части стволов и средних температур рассчитаны в сезоны 2011 г (июнь). Отрицательные коэффициенты корреляции определены также для сезонов 2010 г.

Климатические факторы очень тесно связаны с поглощением углерода, т.е. с весовыми характеристиками особей. Проведя анализ зависимости приростов по массе от разногодичных климатических условий, выяснили наиболее значимые экологические факторы, влияющие на рост *Hylocomium splendens*. В ходе исследований зафиксировано значимое положительное влияние температур вегетационного периода на прирост биомассы мха на гнилой древесине ( $R_{cp.} = 0,84 \pm 0,0153$ ) и на кочках ( $R_{cp.} = 0,64 \pm 0,0132$ ).

У мхов, произрастающих на гнилой древесине, зафиксирована положительная связь между приростом фитомассы и средними температурами июля, июня (и сентября ( $R_{cp.} = 0,48$ )). Для особей в моховых подушках отмечена положительная корреляционная связь с температурой июня и июля ( $R_{cp.} = 0,69$ ), что, по-видимому, связано с иссушением.

Однако, низкая среднемесячная температура в начале вегетационного периода в сочетании с недостаточным увлажнением (малым количеством осадков в июле) оказывает угнетающее влияние на прирост фитомассы мха.

Оказалось, что прирост фитомассы гораздо более чувствителен к изменению количества осадков (в мм), чем среднемесячной температуры. Зафиксирована положительная достоверная связь годовых приростов особей, произрастающих на гнилой древесине, на кочках, с осадками июля.

Особь, растущие на кочках деревьев, менее чувствительны к воздействию общего количества

осадков за вегетационный период, чем особи мха на гнилой древесине.

Прирост фитомассы мха на кочках теснее всего связан со среднемесячным количеством осадков в июле ( $R_{max} = 0,97 \pm 0,0165$ ). Наибольший коэффициент корреляции прироста фитомассы и среднего количества осадков за вегетационный сезон рассчитан в 2011 г. ( $R = 0,69 \pm 0,0141$ ). На моховые дерновинки, произрастающие на гнилой древесине, существенное влияние оказывают осадки июля и температура июля. Рост особей мха на кочках также связан с осадками июля и температурой июня. Так, чем теплее начало вегетационного периода, чем больше осадков в июне-июле, тем выше прирост биомассы мхов.

Таким образом, специфика лимитирующего действия погодных факторов на прирост фитомассы зависит от экологических особенностей мест обитания и видовых особенностей мха. Итак, зеленый мох *Hylocomium splendens* в силу особенностей его строения возможно использовать для выявления величины и массы годовых приростов на малых временных рядах, а годовые изменения линейных приростов и первичной продукции биомассы мхов адекватно отражают микроэкологическую гетерогенность условий их произрастания в лесоболотных комплексах, что подтверждается и результатами исследований других авторов [4]. Важно учитывать изменения величины линейного прироста и фитомассы мохообразных при описании показателей при осуществлении текущего биомониторинга района опасных техногенных объектов.

Сфагновые и зеленые мхи могут служить биоиндикаторами на популяционно-видовом уровне, отвечая изменением скорости роста и накопления органического вещества на сезонные колебания влажности и температуры, отражая микроэкологическую гетерогенность условий их произрастания в объеме малых временных рядов, а также и других стрессовых факторов антропогенного происхождения.

#### Библиографический список

1. Анищенко Л.Н. Биоразнообразии мохового покрова и перспективы его использования в фитоиндикации экосистем района хвойно-широколиственных лесов европейской части Российской Федерации: Дисс. ... докт.с.-х.н. Брянск, 2009. 593 с.
2. Булохов А.Д., Соломещ А.И. Эколого-флористическая классификация лесов Южного Нечерноземья России. Брянск: Издательство БГУ, 2003. 359 с.
3. Галкина Е.А. Годичный прирост сфагнумов-эдикаторов на болотах Карелии. Вопросы комплексного изучения болот. Петрозаводск: Изд-во Карел, фил. АН СССР, 1973. С. 5-13.
4. Гончарова И.А., Беньков А.В. Динамика прироста зеленых мхов в лесоболотных комплексах юга Западной Сибири. Лесоведение. № 1. 2005. С. 43-51.
5. Грабовик С.И., Антипин В.К. Линейный прирост и величина живой части некоторых видов сфагновых

мхов и их связь с гидрометеорологическими показателями. Эколого-биологические особенности и продуктивность растений болот. Петрозаводск: Изд-во Карел, фил. АН СССР, 1982. С. 195-203.

6. Грабовик С.И. Влияние некоторых экологических факторов на прирост *Sphagnum fuscum*. Болота охраняемых территорий: проблемы охраны и мониторинга. Л.: Изд-во ЛГУ, 1991. С. 88-91.

7. Грабовик С.И. Влияние климатических условий на линейный прирост сфагновых мхов в Южной Карелии. Ботан. журнал. 1994. Т. 79. № 4. С. 81-86.

8. Домбровская А.В., Шляков Р.Н. Лишайники и мхи севера европейской части СССР. Л., 1967. 182 с.

9. Игнатов М.С., Афонина О.М., Игнатова Е.А. Список мхов Восточной Европы и Северной Азии (The check-list of mosses of East Europe and North Asia). *Arctoa*. 2006. Т.15. С. 1-130.

10. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1990. 352 с.

11. Максимов А.И. К вопросу о приросте сфагновых мхов. Комплексные исследования растительности болот Карелии. Петрозаводск: Изд-во Карел. фил. АН СССР, 1982. С. 170-179.

12. ПДК и ОПДК химических веществ в почве (ГН 2.1.7.2041-06, ГН 2.1.2042-06).

13. Природа и природные ресурсы Брянской области / Под ред. Л. М. Ахромеева. Брянск: Изд-во Брянского госпедин-та, 2001. 216 с.

14. Яковлева О.В., Бузников А.А., Паутов А.А., Андреева Е.Н., Юрковская Т.К., Алексеева-Попова Н.В. Морфолого-анатомическая характеристика *Hylocomium splendens* (Musci) – индикатора загрязнения лесов Карельского перешейка. Ботан. журнал. Т.86. № 8. 2001. С. 52-62.

15. Brumelis G.D., Brown H. Movement of metals to new growing tissue in the moss *Hylocomium splendens* (Hedv.) BSG // Ann. Bot. 1997. Vol.79. – P. 679-686.

16. Clymo R.S. The growth of Sphagnum: methods of measurement // Ecology. 1970. V. 58. P. 13-49.

17. Lindholm T. Growth dynamics of the peat moss *Sphagnum fuscum* on hummocks on a raised bog in southern Finland // Ann. Bot. Fenn. 1990. V. 27. P. 67-78.

18. Lindholm T., Vasander H. Production of eight species of Sphagnum at Suurisuo mire, southern Finland // Ann. Bot. Fenn. 1990. V. 27. P. 145-157.

L.N.ANISHCHENKO

**BRYOINDICATION OF ENVIRONMENT IN AREAS HAVING CHEMICAL WARFARE AGENTS DISPOSAL FACILITY, THE OPERATION OF WHICH CAN TRIGGER A TECHNOGENIC DISASTER (BASED ON POCHEP CHEMICAL WARFARE AGENT DISPOSAL FACILITY IN BRYANSK REGION)**

*The present article studies data related to bryoindication of the area with a located facility for disposing of chemical warfare agents estimated in the process of biomonitoring put in place for a 3 year period. Growth rate, productivity and morphological characteristics of bioindicators *Sphagnum squarrosum* and *Hylocomium splendens* were pointed out. Prospects regional biomonitoring were shown.*

Key words: bryoindication, the process of biomonitoring.



**В.С. БУЯРОВ**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
кафедры зооигиены и кормления сельскохозяйственных животных Орловского государственного аграрного университета  
Тел. 8 920 084 50 62

**И.В. ЧЕРВОНОВА**

сотрудник Орловского государственного аграрного университета  
Тел. 8 920 081 78 85

**А.Н. ГРИБКОВА**

магистрант кафедры зооигиены и кормления сельскохозяйственных животных Орловского государственного аграрного университета  
Тел. (4862) 76 48 80

### ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА «ЭКОФИЛЬТРУМ» НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС И КАЧЕСТВО МЯСА ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ КРОССА «РОСС-308»

*В статье приведены результаты экспериментальных исследований применения комплексного препарата «Экофилтрум» при выращивании цыплят-бройлеров кросса «Росс-308» в клеточных батареях. Авторами изучено влияние данного препарата на физиологическое состояние и качество мясной продукции, полученной от птицы. Для этого были определены морфологические и биохимические показатели крови, а также химический состав мышц цыплят-бройлеров.*

*Ключевые слова:* цыплята-бройлеры, препарат «Экофилтрум», морфологические и биохимические показатели крови, химический состав мышц, физиологическое состояние.

Часто в составе рациона птицы присутствуют труднопереваримые растительные компоненты [3,7]. Чтобы повысить усвояемость таких растительных элементов, в кормлении цыплят-бройлеров применяют большое количество разнообразных биологически активных добавок, например, пробиотиков, пребиотиков, ферментов, сорбентов [2,4,5,8]. Введение в состав рациона данных добавок позволит существенно улучшить физиологический статус птицы и в дальнейшем способствовать повышению ее продуктивности [1,6,9]. К числу вышеназванных биологически активных добавок можно отнести и «Экофилтрум».

«Экофилтрум» – уникальный комплексный препарат на основе сорбента лигнина и пребиотика лактулозы. Лигнин – эффективный и безопасный сорбент, обладающий высокой сорбционной емкостью, сорбирует и выводит из организма различные токсины. Лактулоза стимулирует рост лакто- и бифидобактерий в толстом кишечнике, способствует улучшению усвоения питательных веществ, повышению иммунитета. Производителем препарата является ОАО «АВВА РУС».

В связи с этим была поставлена задача – изучить влияние данного препарата на физиологический статус и качество мясной продукции цыплят-бройлеров. Для этого в условиях птицефа-

брики ООО «Орловские зори» методом аналогов были сформированы 4 группы суточных цыплят-бройлеров кросса «Росс-308» по 50 голов в каждой, которые выращивались в клеточных батареях КП-8Л до 38-дневного возраста. Птица опытных групп получала комбикорма с включением препарата «Экофилтрум» по определенной схеме: цыплята 2-й опытной группы получали 0,4 кг препарата на 1 т комбикорма, 3-й – 0,8 кг и 4-й – 1,6 кг на 1 т комбикорма в течение всего периода выращивания. Препарат вводили в состав комбикорма на предприятии путем ручного смешивания непосредственно перед кормлением птицы.

В результате исследования крови подопытных цыплят установлена оптимизация физиологических процессов, происходящих в организме птицы. Отметим, что полученные данные находились в пределах физиологической нормы (табл. 1).

В опытных группах прослеживалась тенденция сокращения концентрации жира. Самое низкое содержание жира отмечено в грудных мышцах птицы 3-й опытной группы – 1,66%.

Наиболее биологически полноценной являлась мясная продукция, полученная от цыплят-бройлеров 3-й и 4-й опытных групп. Белково-качественный показатель самых ценных грудных мышц в данных группах составил 6,76 ед.



Таблица 1.

Морфологические и биохимические показатели крови цыплят-бройлеров (возраст – 38 суток;  $M \pm m$ ;  $n=10$ )

Показатели	Группы			
	1-к.	2-оп.	3-оп.	4-оп.
Эритроциты, $10^{12}/л$	2,60±0,10	2,66±0,10	2,99±0,08**	2,98±0,08**
Гемоглобин, г/л	89,20±3,00	94,85±2,36	98,47±2,47*	98,38 ±2,08*
Общий белок, г/л	43,35±	44,62±	47,98±	46,18±
Альбумины, г/л	14,72±	15,66±	16,77±	16,22±
Глобулины, г/л	28,63±	28,96±	31,21±	29,96±
БАСК, %	43,00±1,04	44,90±0,88	46,59±0,71*	46,03±0,73*
ЛАСК, %	30,02±1,21	32,77±1,13	35,34±1,34**	36,99±1,55**
Мочевина, мм/л	2,59±	2,75±	2,86±	2,80±
Глюкоза, мм/л	9,81±	11,28±	12,09±	12,83±

Примечание: \* -  $P < 0,05$ ; \*\* -  $P < 0,01$

Таблица 2.

Химический состав мышц цыплят-бройлеров, % ( $M \pm m$ ;  $n=6$ )

Показатели	Группы			
	1-к.	2-оп.	3-оп.	4-оп.
	грудные мышцы			
Белок	21,55±0,30	21,87±0,34	23,09±0,31*	22,84±0,32
Жир	1,82±0,08	1,75±0,10	1,66±0,10	1,74±0,11
БКП, ед.	6,05	6,35	6,76	6,76
	Ножные мышцы			
Белок	19,61±0,29	19,92±0,28	20,81±0,25*	20,59±0,26
Жир	3,49±0,09	3,46±0,08	3,26±0,06	3,38±0,07
БКП, ед.	5,94	6,12	6,54	6,32

Примечание: \* -  $P < 0,05$

Таким образом, при использовании комплексного препарата «Экофилтрум» в кормлении бройлеров в их крови возрастают концентрации эритроцитов, гемоглобина, общего белка и белковых фракций, мочевины и глюкозы, а также показатели неспецифической резистентности, что свидетельствует об улучшении обменных процессов, приводящих к нормализации физиологиче-

ского состояния организма птицы. Это позитивно отразилось на химическом составе мышц бройлеров – увеличилось количество белка при одновременном снижении концентрации жира, а также повысился показатель биологической полноценности мяса птицы. В целом же улучшение физиологического состояния птицы привело к повышению ее продуктивных качеств и жизнеспособности.

#### Библиографический список

1. Буяров В.С. Применение препаратов «Экофилтрум» и «Филтрум» в промышленном птицеводстве. В.С. Буяров, И.В. Червонова. Птица и птицепродукты. 2012. №1. С. 31-34.
2. Буяров В.С. Применение пробиотиков в бройлерном птицеводстве. В.С. Буяров, В.А. Беленихин. Аграрная наука. 2008. № 11. С. 29-30.
3. Егоров И.А. Развитие новых направлений в области селекции, кормления и технологии бройлерного птицеводства. И.А. Егоров, В.С. Буяров. Вестник Орел ГАУ. 2011. № 6. С. 17-23.
4. Заболоцкая Т.В. Эффективность совместного применения сорбентов в птицеводстве. Т.В. Заболоцкая, М.Ю. Волков, И.В. Дрель, А.А. Овчинников. Ветеринарная медицина. 2009. № 1-2. С. 41-42.
5. Использование пробиотиков, пребиотиков и симбиотиков в птицеводстве: метод. рекомендации. Ш.А. Имангулов [и др.]. Под. общ. ред. В.И. Фисинина, И.А. Егорова, Ш.А. Имангулова. Сергиев Посад: ВНИТИП, 2008. 43 с.
6. Лукашенко В. Повышение качества мяса бройлеров с помощью пробиотиков. В. Лукашенко, М. Лысенко, В. Дычаковская, В. Слепухин. Птицеводство. 2011. № 9. С. 57-58.
7. Мартыновченко В. Использование энзимо-пребиотических комплексов для бройлеров. В. Мартыновченко, А. Васильев. Птицеводство. 2010. № 10. С. 27-29.
8. Landeros P. Evaluation of two adsorbents (mannan oligosaccharides and clinoptilolite) in diets of broilers

contaminated with fumonisin B1 [Text] / P. Landeros, W.P. Reyes, E. de Lucas, E. Albarran, Y. Lopez, T. Quezada // Revista de Salud Animal. 2008. Vol. 30. № 1. P. 50-58.

9. Lopes, Ed. C. The impact of feed withdrawal on quality, safety, yield of processed chickens [Text] / Ed. C. Lopes // Poultry International. 2012. Vol. 50. № 3. P. 30-31.

**V. S. BUYAROV, I. V. CHERVONOVA, A.N. GRIBKOVA**

**INFLUENCE OF THE PREPARATION «ECOFILTRUM» ON PHYSIOLOGICAL STATUS  
AND QUALITY OF MEAT OF CHICKENS-BROILERS OF CROSS «ROSS-308»**

*The efficiency of the application of complex «Ecofiltrum» in the feed used in the growth of chickens-broilers of cross «Ross-308» is described in the article. The authors have studied the influence of the preparation on the physiological status and quality of meat products obtained from birds. Determined morphological and biochemical indicators of the blood, as well as the chemical composition of muscles of broiler chickens have been for this purpose.*

*Key words: broiler-chickens, preparation «Ecofiltrum», morphological and biochemical indices of the blood, chemical composition of muscles, physiological state.*



**М.В. ВОРОНКОВА**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
кафедры химии Орловского государственного  
аграрного университета  
E-mail: Voronkova\_m78@mail.ru  
Тел. 8 919 268 58 92

## БЕЛКОВО-УГЛЕВОДНЫЙ КОМПЛЕКС КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

*Изучен белково-углеводный комплекс клубней картофеля, различающихся устойчивостью к колорадскому жуку. Составлены формулы полипептидного состава клубней картофеля. Проведено исследование содержания общего белка, крахмала, простых сахаров в клубнях картофеля. Доказано, что соотношение белка и углеводов в клубнях картофеля мало влияет на формирование устойчивости сортов картофеля к колорадскому жуку.*

*Ключевые слова:* полипептидные спектры, белковые маркеры, протеин, крахмал, простые сахара.

Картофель в нашей стране по праву называют «вторым хлебом». Такое значение картофеля определяется высокой продуктивностью и уникальными питательными свойствами этой культуры. Ценность картофеля обуславливается многообразием минеральных и органических веществ клубня, соответствующих потребностям человеческого организма.

В клубнях картофеля содержится около 2% белка туберина, который биологически полноценнее белков хлебных злаков благодаря оптимальному соотношению незаменимых аминокислот. В белке картофеля преобладают аспарагиновая аминокислота и лейцины (до 14% от общего количества аминокислот), глутаминовая кислота и лизин (около 11%), меньше других содержится цистеина, триптофана и пролина (около 2%). Среди свободных аминокислот преобладают метионин и валин. Соотношение содержания аминокислот и сахаров определяет вкусовые и ароматические свойства клубней. В процессе хранения увеличивается сумма аминокислот и амидов, что коррелирует с ухудшением вкуса картофеля.

Наиболее важными свойствами, определяющими качество белка, являются его специфическая роль в обмене энергии и влияние на состояние здоровья [6].

Белок – первичный и непосредственный продукт экспрессии генома, поэтому белковые признаки наименее подвержены фенотипической изменчивости. Белковые маркеры обладают биологической специфичностью, а значит, непосредственно отражают принадлежность организма к какому-либо виду, сорту, биотипу и могут быть использованы для их идентификации и паспортизации. Поэтому полиморфизм растворимых белков клубней является мощным инструментом для изучения генетической вариативности видов и сортов картофеля, успешно применяемым в мировой практике [8].

Традиционно селекция картофеля ведется по фенотипическим признакам, несмотря на бурное

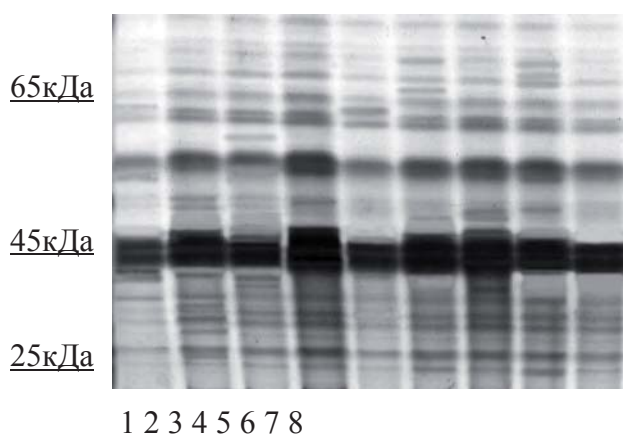
развитие молекулярно-генетических маркеров [10]. Исследование полиморфизма запасных белков и изоферментов является одним из важнейших путей получения информации о генотипе [7,3].

Главным критерием использования запасных белков клубней в селекции и семеноводстве является то, что каждый сорт имеет определенный, присутствующий только ему белковый спектр, независимый от условий выращивания и хранения.

Для электрофоретического анализа использован материал, полученный на Брянской опытной станции ВНИИКХ и различающийся устойчивостью к колорадскому жуку: Алый брянский (устойчивый), Слава Брянщины (устойчивый), Дитта (среднеустойчивый), Жуковский ранний (среднеустойчивый), Аноста (относительно устойчивый), Невский (неустойчивый) (стандарт) и 2 районированные в Орловской области сорта картофеля Снегирь (среднеустойчивый) и Удача (среднеустойчивый). У данных сортов отобраны зрелые, средне крупные клубни в состоянии покоя от визуально здоровых растений картофеля.

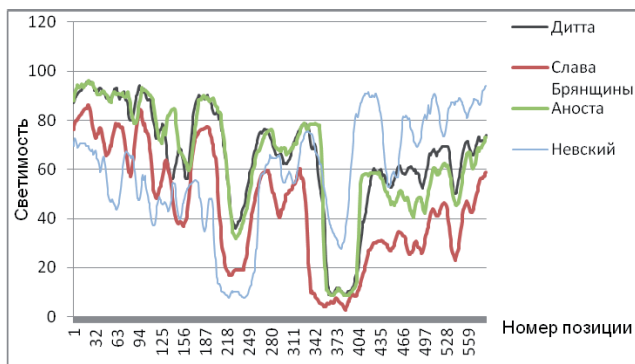
По результатам электрофоретического разделения белка картофеля проведена идентификация и регистрация по полипептидному составу клубней. Анализировали случайные выборки по 50 клубням. На основании визуальной оценки гелей были составлены формулы 8 образцов картофеля полной спелости (прил. 1), которые можно использовать для составления электронного каталога полипептидных спектров сортов картофеля (рис.1).

У всех образцов картофеля выявлено 79 различных полипептидов на электрофореграммах. Наиболее стабильный и интенсивный компонент 32 присутствует почти у всех образцов картофеля. Редкий компонент 7 и 100. К числу пептидов, присутствующих большинству образцов, относятся компоненты белка 64 и 78.



**Рис.1.** Электрофореграммы запасных белков (туберин) клубней картофеля: 1 – Невский (стандарт); 2 – Алый брянский; 3 – Слава Брянщины; 4 – Дитта; 5 – Жуковский ранний; 6 – Удача; 7 – Снегирь; 8 – Аноста.

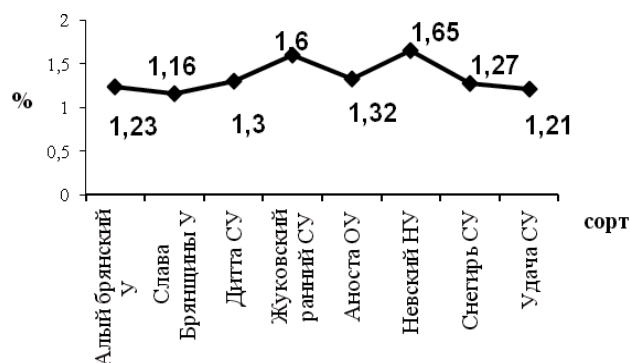
Проведена компьютерная обработка полученных электрофореграмм по светимости белковых компонентов с помощью программы «Biotest – D». Выявлены отличия спектров полипептидного состава в клубнях сортов картофеля, различающихся устойчивостью к колорадскому жуку. У сорта Слава Брянщины – 67,7%, Аноста – 98,4%, Дитта – 89,6%. Сорт картофеля Невский характеризуется отсутствием устойчивости к данному вредителю (рис.2).



**Рис.2.** Отличия спектров полипептидного состава в клубнях сортов картофеля, различающихся устойчивостью к колорадскому жуку.

Исследования содержания общего белка в клубнях картофеля показали, что содержание последнего в зависимости от сортовых особенностей изменяется в пределах от 1,16 до 1,65% (рис. 3).

Сорта с наиболее высоким содержанием белка: Жуковский, Невский (1,60...1,65%), низким – сорт Слава Брянщины (1,16%), мало изменяется по годам выращивания. У районированных в Орловской области сортов показатель белка у сортов Снегирь и Удача варьирует от 1,21 до 1,27%.



**Рис. 3.** Содержание крахмала в клубнях сортов картофеля.

Обобщив полученные данные, следует отметить, что среди исследуемых сортов картофеля наибольшим количеством общего белка характеризовались клубни относительно устойчивого сорта Аноста (1,25%), среднеустойчивого сорта Жуковский (1,49%) и неустойчивого сорта Невский (1,54%). Устойчивые сорта Слава Брянщины и Алый брянский не отличались высоким содержанием протеина в клубнях (от 1,11 до 1,16%). Таким образом, по содержанию общего белка в клубнях все сорта можно расположить в последовательности:

Невский > Жуковский ранний > Аноста > Дитта > Снегирь > Алый брянский > Удача > Слава Брянщины.

Таким образом, содержание белка в клубнях мало зависит от условий выращивания. Вместе с тем, закономерность содержания белка в зависимости от сорта сохраняется.

Основную массу клубня картофеля составляют углеводы. Они являются главным продуктом фотосинтеза, служат основным дыхательным субстратом, формой запаса и транспорта углерода, обуславливают устойчивость растений к низким температурам, другим неблагоприятным условиям среды и являются основными производственными показателями. В клубне картофеля углеводы, в основном, представлены крахмалом. Содержание крахмала в клубне варьирует в пределах (11,0...18,3%), что в среднем составляет 14,3% (рис.4).

Количество крахмала оказалось высоким в клубнях среднеустойчивого сорта Дитта и в клубнях устойчивых сортов: Алый брянский и Слава Брянщины (16,7...18,3%), низким – в клубнях сортов Невский, Жуковский (11,0...11,3%). Содержание крахмала у сортов картофеля, районированных в Орловской области, варьирует от 13,4% (Удача) до 16,5% (Снегирь).

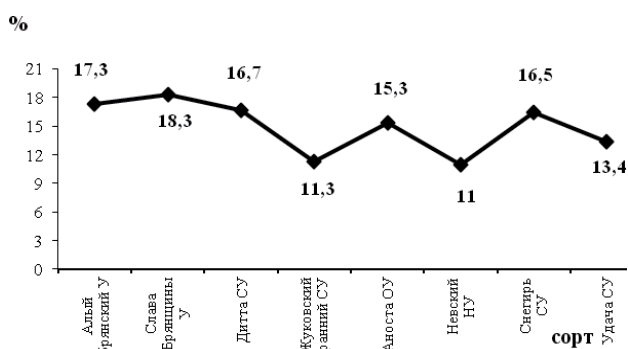


Рис. 4. Содержание крахмала в клубнях сортов картофеля.

Кроме крахмала в клубне картофеля выявлены простые сахара. Хроматографическое исследование углеводного состава клубня картофеля с использованием стандартных метчиков показало наличие в нем глюкозы, фруктозы, сахарозы. Наиболее высокая концентрация сахаров отмечена в клубнях относительно устойчивого (Аноста) и среднеустойчивых (Жуковский ранний, Дитта) сортов, наименьшее – у неустойчивого сорта Невский (рис. 5).

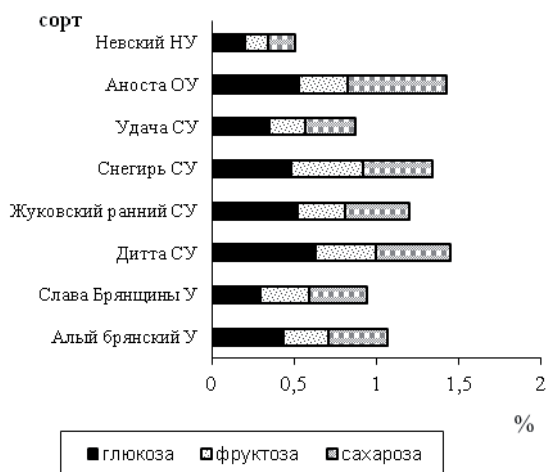


Рис. 5. Содержание сахаров в клубнях сортов картофеля, различающихся устойчивостью к колорадскому жуку.

У районированных сортов более низкие показатели количества определяемых сахаров в клубнях сорта Удача, наиболее высокие у сорта Снегирь.

В физиологии XX века существовал дуализм в представлении относительно природы продуктов фотосинтеза. Наиболее распространенным являлось мнение, по которому углевод считался первым, единственным и универсальным продуктом фотосинтеза, из которого строятся все разнообразные и сложные вещества растений [1].

Однако появились экспериментальные данные, свидетельствующие об образовании в процессе фотосинтеза продуктов неуглеводной природы. R.G. Bushway [9] рассматривал углеводы и белки как

продукты фотосинтеза, образующиеся из общего предшественника. Это мнение было подтверждено Д.Н.Прянишниковым [5], А.А.Ничипоровичем [4] и др.

Прямые опыты с использованием стабильного изотопа  $^{15}\text{N}$  и радиоактивного углерода  $^{14}\text{C}$  показали [1], что синтез белка *in vivo* осуществляется в хлоропластах и непосредственно зависит от фотосинтеза, усиливается при освещении в присутствии  $\text{CO}_2$  и снижается при воздействии энзиматических ядов, ингибирующих фотосинтез. Проведенные исследования показали, что формирование белковой молекулы в листе на свету происходит, прежде всего, за счет аминокислот, возникающих в процессе фотосинтеза. Аминокислоты и белки составляют среди продуктов ассимиляции  $\text{CO}_2$  около 25-35%.

Фотосинтез влияет не только на количественную сторону метаболизма азота, усиливая скорость образования аминокислот и белков, но также существенно изменяет направленность этого процесса и может приводить к созданию веществ, имеющих большое физиологическое значение.

Изменяя состав продуктов фотосинтеза под влиянием различных факторов внешней среды, можно управлять синтетическими процессами растения и направлять их в нужную для практики и сельского хозяйства сторону.

Таким образом, соотношение белковых веществ и углеводов может меняться как в процессе онтогенеза, так и под влиянием внешней среды, что скорее всего отражается в накоплении запасных веществ при формировании клубня.

Вместе с тем, в клубнях картофеля в зависимости от видовой принадлежности накапливается различное соотношение азот- и углеродсодержащих запасных веществ. Так, в клубнях картофеля процент углеводов составляет 14-24%, а белка всего 2%. В процессе созревания пасленовых, отношение углерода к азоту остается почти постоянной величиной, причем у различных сортов отклонение от этой величины может быть значительным [2].

Что касается исследований соотношения крахмала и белков, то известен лишь факт наличия обратной зависимости между этими величинами. Отдельные сорта картофеля, характеризующиеся повышенным содержанием белка, обычно накапливают меньше крахмала, видимо, это объясняется разной скоростью образования белков и углеводов в клубне.

В наших исследованиях соотношение крахмала к сырому протеину подчиняется слабой обратной корреляции,  $r = -0,37$ . Величина соотношения содержания крахмала к белкам у опытных сортов варьирует от 6,9 (сорт Невский) до 16,4 (сорт



Слава Брянщины), что в среднем составляет 11,6. Превышение этого показателя над стандартным сортом Невский наблюдается у всех сортов опытного картофеля на 0,6-9,5 (табл.1).

У сортов картофеля, районированных в Орловской области, это соотношение в среднем

составляет 12,4, что незначительнее, чем у других сортов картофеля.

Соотношение белка и углеводов в клубнях мало влияет на формирование устойчивости сортов картофеля к колорадскому жуку.

Таблица 1.

Соотношение крахмала и протеина в клубнях картофеля

Сорт	Слава Брянщины	Алый брянский	Дитта	Жуковский ранний	Аноста	Невский (стандарт)	Удача	Снегирь	Среднее
крахмал: протеин	16,4	11,1	14,1	7,5	12,0	6,9	11,2	13,6	11,6

Приложение №1 - Формулы полипептидного состава клубней картофеля.

Полипептидный состав клубней картофеля сорта Невский

№	Состав и интенсивность полипептидов, балл																		
	10	17	23	29	32	45	55	57	62	65	70	76	84	86	88	91	97	100	
I	1	1	2	2	4	4	2	3	3	3	3	3	2	2	3	2	2	1	

Полипептидный состав клубней картофеля сорта Алый брянский

№	Состав и интенсивность полипептидов, балл																					
	7	12	16	18	23	30	32	38	41	44	53	57	59	62	64	68	71	74	78	81	90	97
I	1	1	1	2	4	4	2	3	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	2	1

Полипептидный состав клубней картофеля сорта Слава Брянщины

№	Состав и интенсивность полипептидов, балл																		
	13	17	22	25	33	39	46	51	53	56	58	61	65	67	73	78	80	85	89
I	1	1	1	1	4	4	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2

Полипептидный состав клубней картофеля сорта Дитта

№	Состав и интенсивность полипептидов, балл															
	14	24	29	32	35	43	52	60	64	73	75	78	83	89		
I	следы	1	1	1	4	4	2	2	2	3	3	3	2	1		

Полипептидный состав клубней картофеля сорта Жуковский ранний

№	Состав и интенсивность полипептидов, балл																		
	12	19	22	28	30	32	34	43	50	53	56	64	68	72	75	78	86	90	
I	следы	1	1	1	4	4	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	

Полипептидный состав клубней картофеля сорта Удача

№	Состав и интенсивность полипептидов, балл																			
	18	21	26	28	33	36	38	41	47	52	56	60	62	64	66	67	69	74	78	83
I	1	1	1	1	4	4	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2

Полипептидный состав клубней картофеля сорта Снегирь

№	Состав и интенсивность полипептидов, балл																
	23	28	30	32	34	39	46	54	58	61	63	67	69	72	76	81	85
I	1	1	1	1	4	4	2	2	2	3	3	3	3	3	2	2	2

Полипептидный состав клубней картофеля сорта Аноста

№	Состав и интенсивность полипептидов, балл															
	14	23	32	35	38	41	48	51	57	66	69	73	77	83	86	
I	следы	1	1	1	4	4	2	2	2	2	3	3	3	2	1	

**Библиографический список**

1. *Андреева Т.Ф.* Фотосинтез и азотный обмен листьев. М.: Наука. 1969. 163с.
2. *Архипова Н.П.* Белково-углеводный комплекс картофеля. М.: Наука и жизнь, 2005. С.13-14.
3. *Конарев В.Г.* Молекулярно-биологические исследования генофонда культурных растений в ВИРе (1967-1997). СПб.: ВИР, 1998-97с.
4. *Ничипорович А.А.* Продукты фотосинтеза и физиологическая роль фотосинтетического аппарата растений. Труды Института физиологии растений им. К.А.Тимирязева АН СССР. 1953. №8, вып.1. С.3.
5. *Прянишников Д.А.* Азот в жизни растений и земледелии СССР. М.: АН СССР, 1945. 45с.
6. *Скоркин А.В.* Огород- круглый год. Екатеринбург: Литур., 2007. С. 90-92.
7. *Созинов А.А.* Полиморфизм белков и его значение в генетике и селекции. М.: Наука, 1985. 385с.
8. *Barta J.* Study of biochemical variability of potato cultivars by soluble protein, isoesterase, and isoperoxidase electrophoretic patterns/ J.Barta, V.Curn, J.Divis // Plant Soil. Environ. 2003 (5). V.49. P.230-236.
9. *Bushway R.G.* Etudes physiologiques sur le *Leptinotarsa decemlineata* Say / R.G.Bushway. - le Francois, Paris, 1987. P.1-27.
10. *Hosaka K.* Evolution of several wild tuberbearing Solanum species for scab resistance / K.Hosaka, H.Matsunoga, K.Senda // Am. J. of Potato Res. 2000. V.77. №1. P.41-45.

**M.V. VORONKOVA**

**PROTEIN-CARBOHYDRATE COMPLEX OF POTATO TUBERS**

*Study of protein-carbohydrate complex of potato tubers, differing resistance to the Colorado potato beetle. Compiled formula polypeptides of potato tubers. The study of the contents of total protein, starch, simple sugars in Potato tubers. Proved that the ratio of protein and carbohydrates in Potato tubers have little impact on the formation of potato varieties resistance to the Colorado potato beetle.*

Key words: *polipeptidnye spectra, protein markers, protein, starch, simple sugars.*



Н.Г. ДРУШЛЯК

кандидат биологических наук, ассистент кафедры общей биологической, фармацевтической химии и фармакогнозии Орловского государственного университета  
E-mail: natalisai@mail.ru  
Тел. 8 910 266 37 77

## ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕМЯН ГОРОХА В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ

*В статье изложено влияние сроков хранения на химический состав, лабораторную и полевую всхожести семян различных сортов гороха.*

*Ключевые слова:* горох, семена, хранение, белок, крахмал, сахара, всхожесть.

Горох является одной из важнейших зернобобовых культур. Он возделывается во многих регионах и находит широкое применение в качестве продукта питания, корма для скота, сырья для промышленности.

Горох – это источник растительного белка. Белки гороха отличаются хорошей растворимостью, усвояемостью и высокой биологической ценностью. В них содержатся все незаменимые аминокислоты, необходимые для нормальной жизнедеятельности животного организма [1]. Возделывание этой культуры играет важную роль в дефиците растительного белка. Наряду с белками ценность гороха также определяет крахмал. Он является основным углеводом, определяющим качество зерна зернобобовых культур.

Проблемы содержания запасных веществ, прогнозирования и соответствия полевой и лабораторной всхожести семян, связанные с планированием урожайности сельскохозяйственных культур, в настоящее время весьма актуальны. Поэтому изучение данного вопроса представляет наибольший интерес. Исследование непостоянства химического состава гороха позволяет глубже понять биохимические процессы, происходящие в растениях в период покоя и при хранении, что необходимо для получения высококачественных урожаев, а также для обеспечения населения полноценным питанием.

В связи с этим целью наших исследований является определение полевой и лабораторной всхожести семян гороха, а также изменение содержания биохимических показателей в процессе хранения.

### Материалы и методы исследования

Объектом изучения послужили 12 сортов гороха, различающиеся по морфологическим и биологическим признакам. Посев проводили на полях севооборота лаборатории селекции зернобобовых культур ВНИИЗБК селекционной селекционной сел. ССФК– 7М, повторность четырехкратная.

Лабораторную всхожесть определяли по ГОСТу 12038-84 [2]. Определение белка осуществляли микрометодом Кьельдаля с применением отгона и титрования аммиака аппаратом Сереньева, содержание крахмала поляриметрическим методом, сахаров колориметрическим методом, активность ингибиторов протеиназ определяли казеинолитическим методом М.Л. Какейда в модификации И.И. Бенкен [3].

### Результаты и их обсуждение

Проведенные исследования показали, что лабораторная всхожесть семян гороха через шесть суток после сбора урожая составила от 78 до 94 %, но затем в течение двух – четырех месяцев снижалась. Через пять месяцев всхожесть увеличилась на 15...20 % (рис.1), а в дальнейшем наблюдались колебания лабораторной всхожести, связанные, видимо, с биологическими (сезонными) ритмами.

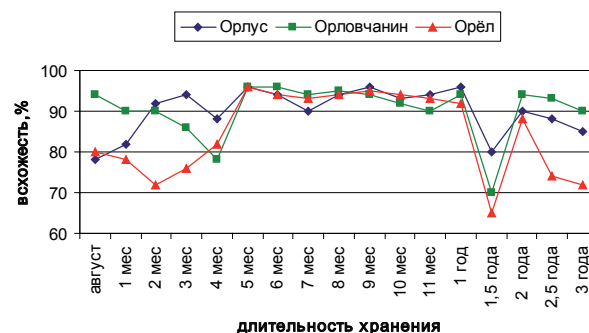


Рис.1. Изменение лабораторной всхожести в процессе хранения.

После трех лет хранения лабораторная всхожесть у гороха уменьшается в среднем на 15%. Величина этого показателя составляет для сортов: Темп – 84%, Орлус – 84%, Спартак – 86%, Наташа – 85%, Орловчанин – 82%, Мультик – 82%, Аз – 1420 – 81%, Зарянка – 72%, Изумруд – 68%, Орел – 69%, Алла – 76%, Татьяна – 78%.

Полевая всхожесть семян гороха изучаемых сортов изменялась в зависимости от метеорологических условий, складывающихся в период от посева до всходов (рис.2). У высоковсхожих сортов полевая всхожесть в среднем за три года исследований составила 87...96 %, у средневсхожих – 85...95 %, у низковсхожих – 82...86 %.

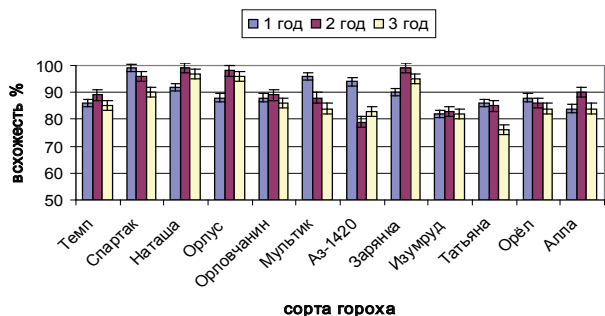


Рис.2. Полевая всхожесть семян гороха.

Обращает на себя внимание тот факт, что сорта пелюшки – Зарянка, Алла и сорт Наташа, имеющий темноокрашенные семена, лучше сохраняют в полевых условиях высокую всхожесть. По результатам проведенных исследований были выбраны сорта гороха, характеризующиеся соответствующей полевой и лабораторной всхожестью: Орлус, Спартак, Наташа, Орловчанин, Орёл, Изумруд, Татьяна.

Проведенные исследования свидетельствуют о соответствии полевой и лабораторной всхожести у большинства сортов гороха. Решающее значение в длительности сохранения всхожести семян гороха имеют сортовая и видовая специфика, а также погодные, агро-экологические факторы и условия хранения [4].

Данные, полученные при изучении биохимических характеристик семян гороха, показывают (рис. 1), что в процессе хранения количество белка снижается у всех исследованных сортов незначительно.

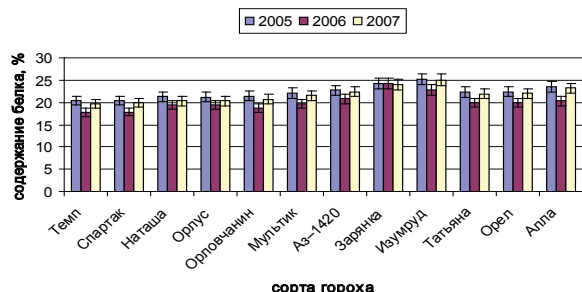


Рис. 3. Изменение содержания белка в семенах гороха, %.

В первый год среднее содержание белка по сортам составило 22,27%, во второй год – 20,06%, а в

третий год – 21,01% соответственно. В результате хранения семян в течение трех лет количество белка в среднем сократилось по сравнению с исходным на 1,26 %.

При хранении гороха в течение двух лет наблюдались более значительные расхождения между сортами, чем при хранении в течение трех лет. Видимо, семена, вынужденные оставаться в состоянии покоя длительное время, должны обеспечивать свою жизнеспособность с помощью процессов дыхания, происходящих в клетках, регуляция которых осуществляется на разных уровнях. Прежде всего, это субстратный контроль дыхания: доступность, количество и состав субстратов[5]. Этим и можно объяснить снижение количества белка.

Наиболее «экономными» в отношении сохранения своего белкового потенциала оказались сорта гороха: Зарянка, Наташа, Орлус, показатель белка в них снизился всего на 0,3...1,8 %. Второе место занимают сорта Орловчанин, Аз-1420, Мультик, Орёл, Татьяна, Спартак, Изумруд. Потеря белка в них составила 1,9...2,5 % соответственно. Сорта Темп и Алла обладают, видимо, более высокой интенсивностью дыхания, количество белка понизилось на 2,70 и 3,25 %.

Высокий уровень содержания белка в семенах зернобобовых культур может не соответствовать его биологической эффективности из-за наличия токсичных веществ – ингибиторов протеиназ. По нашим данным, уровень активности белков-ингибиторов в семенах гороха уменьшается в результате хранения (табл. 1).

Таблица 1.

Активность ингибиторов протеиназ в семенах гороха, мг/г

Сорта гороха	1 год		2 год		3 год		
	ТИА	ХИА	ТИА	ХИА	ТИА	ХИА	
Высокая всхожесть	Наташа	1,71	2,22	1,60	2,18	1,68	2,20
	Спартак	2,27	3,20	2,02	2,96	2,14	3,09
	Орлус	1,97	2,33	1,73	2,12	1,86	2,25
Средняя всхожесть	Мультик	2,31	3,56	2,09	3,11	2,23	3,24
	Зарянка	1,43	3,61	1,36	3,39	1,38	3,40
	Аз-1420	1,87	4,12	1,61	3,53	1,69	3,71
Низкая всхожесть	Изумруд	1,35	4,20	1,2	3,67	1,27	3,83
	Алла	1,60	4,80	1,32	2,98	1,41	3,12
	Татьяна	2,09	4,67	1,58	3,90	1,82	3,96

Активность трипсина в семенах гороха по мере хранения снижается на 12%, химотрипсина на 15% и составляет в среднем по сортам ТИА 1,84...1,61 мг/г, ХИА – 363...3,08 мг/г.

Устойчивыми к действию времени оказались сорта Наташа и Орлус, их трипсингибирующая активность уменьшилась на 1,75% и на 5,5%, а химотрипсингибирующая на 1% и на 3,4% соответственно.

Сорта гороха Татьяна, Алла явились менее устойчивыми к действию времени, их активность трипсина понизилась на 12,9% и на 11,8% , а активность химотрипсина на 15,2% и на 35% соответственно.

При увеличении сроков хранения гороха активность ингибиторов протеиназ в семенах снижается, по-видимому, в результате частичного разрушения белков. Однако обнаруживается четкая зависимость интенсивности утилизации органических веществ от сорта гороха при длительном хранении.

В процессе хранения семян гороха происходят значительные изменения и в содержании крахмала (рис.2). Потеря крахмала в семенах гороха составила в среднем за три года хранения 5,29%.

Наиболее устойчивыми к действию времени оказались сорта гороха Изумруд, Темп. Показатель крахмала в их семенах снизился на 2,43% и 3,14% соответственно.

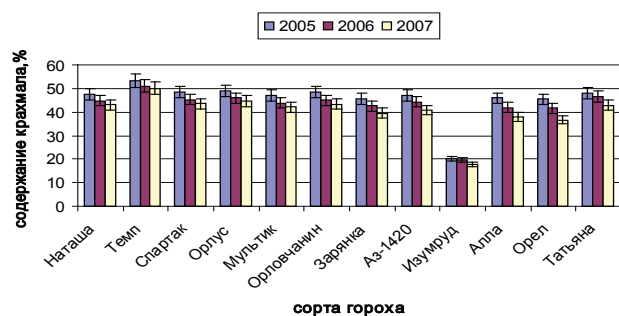


Рис.4. Изменение содержания крахмала в семенах гороха, %.

У сортов Наташа, Татьяна, Орлус, Спартак, Мультик, Орловчанин, Зарянка, Аз-1420 количество крахмала понизилось на 4,37%, 4,46%, 4,47%, 4,77%, 5,01%, 5,33%, 6,08%, 6,32% соответственно.

Сорта Алла и Орел оказались менее «экономичными» по сохранению крахмала в семенах, и его содержание уменьшилось на 8,13%, 8,76% соответственно. Так по мере хранения количество крахмала в семенах разных сортов гороха снижает-

ся, это объясняется, видимо, гидролизом и тратами углеводов на дыхание.

Содержание простых сахаров в основном уменьшалось (рис. 3) в процессе хранения.

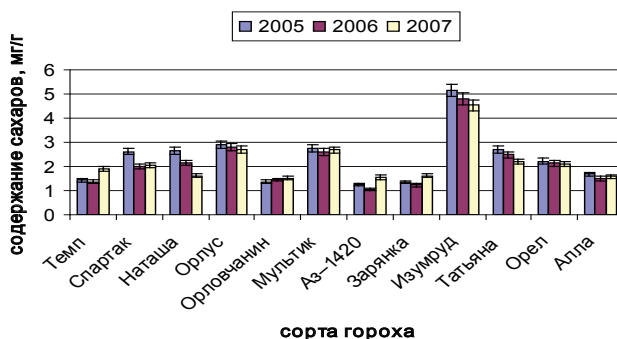


Рис. 5. Изменение содержания сахаров в семенах гороха, мг/г.

Среднее количество сахаров по сортам снизилось на 0,2 мг/г, что составило 8,8 %. Так, количество сахаров уменьшилось у сортов Мультик на 2,5%, Орел на 5,4%, Алла на 5,9%, Орлус на 6,8%, Изумруд на 11,6%, Татьяна на 19,1%, Спартак на 21,7%, Наташа на 36%.

Снижение концентрации сахаров в семенах гороха связано, по-видимому, с тем, что у данных сортов выше интенсивность дыхания и трата субстратов дыхания – углеводов.

Углеводный комплекс семян гороха подвержен значительным колебаниям при хранении, которые зависят от генотипа.

У сортов Орловчанин, Темп, Зарянка, Аз-1420 отмечено уменьшение количества сахаров во 2 году на 0,7%, 4,2%, 8%, 16%, а затем увеличение в 3 году на 4,6%, 24%, 17%, 19% соответственно.

Наиболее пригодные для хранения из анализируемых сортов гороха Мультик, Темп, Орловчанин, Орлус, так как они полнее сохраняют свой углеводный потенциал.

Таким образом, в течение трех лет хранения в семенах гороха происходит снижение энергии прорастания, лабораторной и полевой всхожести, содержания запасных веществ, и это необходимо учитывать при создании условий для длительного хранения семян.

**Библиографический список**

1. *Baninasab B., Rahemi M.* Seed dormancy in *Pistacia mutica* F. and M. *Iranagr.Res.*, 2001. Vol. 20, № 2. P. 181-188.
2. ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. Введ. 1986-07-01. М.: Изд-во стандартов, 1986. 28 с.
3. Методы биохимического исследования растений. В.В. Арасимович, Н.П. Ярош и др.; Под ред. А.И. Ермакова. 3-е изд. перераб. и доп. Л.: Агропромиздат, 1987. 430с.
4. *Друшляк Н.Г.* Влияние сроков хранения на всхожесть семян гороха. Вклад молодых ученых в реализацию приоритетных направлений развития АПК: [сборник]. Орел: изд-во ОрелГАУ, 2007. С. 44 - 46.



5. Павловская Н.Е., Друшляк Н.Г Влияние фиторегуляторов на период покоя и электрофоретические спектры белка семян гороха. Хранение и переработка сельхозсырья. 2008, №8. С. 26-29.

*N.G. DRUSHLJAK*

**CHANGE IN THE PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS  
OF PEA SEEDS DURING STORAGE**

*The article describes the effect of storage time on the chemical composition, laboratory and field germination of seeds of different varieties of peas.*

*Key words: peas, seeds, storage, protein, starch, sugar, germination.*



**Н.В. ЕРМАКОВА***кандидат биологических наук, доцент кафедры химии Орловского государственного аграрного университета**E-mail:chemistrysend@yandex.ru**Тел/ 8 906 571 21 77*

## КАТАЛИТИЧЕСКАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ФЕРМЕНТОВ ПЕРЕАМИНИРОВАНИЯ У КОРОВ В УСЛОВИЯХ СМЕНЫ СЕЗОНОВ ГОДА

*В статье показана сезонная динамика каталитической концентрации ферментов переаминирования – аланинаминотрансферазы и аспаратаминотрансферазы – у коров при технологическом стрессе.*

*Ключевые слова: сезонная динамика, аланинаминотрансфераза, аспаратаминотрансфераза, коровы, перекисное окисление липидов, технологический стресс, малоновый диальдегид.*

Сельскохозяйственные животные постоянно находятся под воздействием различных стресс-факторов окружающей среды и вынуждены приспосабливаться к ним. Стрессоры, связанные со способами содержания животных и элементами технологии, принятой в том или ином хозяйстве, способствуют развитию у животных технологических стрессов [4;1]. Технологические стрессы оказывают неблагоприятное влияние на физиологическое состояние, интенсивность обменных процессов и, в конечном итоге, на здоровье животных и их продуктивность. При этом сроки эксплуатации животных снижаются.

Возникновению стрессового состояния в условиях смены сезонов года способствует различная технология содержания крупного рогатого скота. Речь идёт о зимнем стойловом и летнем пастбищном периодах, каждый из которых характеризуется определённым набором экстремальных, чрезвычайных раздражителей. На сегодняшний день вопрос о развитии стресс-реакций в условиях смены сезонов года остаётся открытым.

Стресс имеет сложные биохимические механизмы [3]. Одной из сторон развития общей стрессовой реакции является интенсификация процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ). Длительная некомпенсированная активация ПОЛ и связанное с этим накопление продуктов перекисацции биомолекул приводят к развитию оксидативного стресса, что является одним из существенных факторов, снижающих продуктивность животных, их резистентность и провоцирующих возникновение значительного числа заболеваний.

Ферменты переаминирования: аланинаминотрансфераза (АЛТ) и аспаратаминотрансфераза (АСТ) играют важную роль в обмене веществ, катализируя обратимые реакции переноса аминокислоты с аминокислот на  $\alpha$ -кетокислоты и обнаруживаются у животных во всех органах и тканях [5]. Целью

данной работы являлось изучение сезонной динамики каталитической концентрации аминотрансфераз у коров при технологическом стрессе.

Работа была выполнена на базе УОХ «Лавровский» Орловской области на молочном поголовье коров чёрно-пёстрой породы, находящихся на 3-4 месяце 2-3 лактации. Кормление животных осуществлялось в соответствии с нормами РАСХН 2004г. Группы животных по 15 голов в каждой были сформированы по принципу аналогов. Забор крови осуществлялся в первой декаде каждого месяца в течение года. С октября по апрель включительно животные экспериментальных групп содержались привязно, в стойлах, без предоставления активного моциона. С мая по сентябрь включительно коровы находились на пастбище в летних лагерях. В стойловый период в помещении отмечался неудовлетворительный температурно-влажностный режим (температура воздуха от  $-2$  до  $+10^{\circ}$  и влажность свыше 90%), а также повышение температуры окружающей среды до  $+35-37^{\circ}\text{C}$  во время пастбищного периода (июнь). Гипертермия протекала на фоне нарушения водоснабжения животных. При кормлении животных в экспериментальных группах отмечалось ухудшение качества кормов к концу зимне-стойлового периода.

Пробы крови для исследований брали из яремной вены утром до кормления, а затем в лабораторных условиях обводили тонкой стальной спицей по внутренним стенкам и на 2 часа помещали в термостат при температуре  $+37-38^{\circ}\text{C}$ . Получившуюся сыворотку сливали в центрифужные пробирки и центрифугировали при 2000 об/мин в течение 10мин. Определение каталитической концентрации ферментов переаминирования АЛТ и АСТ проводили с использованием набора реактивов Био-Ла-Тест Аминотрансфераза АсАТ-АлАТ фирмы «Лахема» (Чехия) путем измерения оптической плотности гидразонов 2-оксоглутаровой и пировиноградной

кислот в щелочной среде. По оптической плотности опытной пробы на соответствующем калибровочном графике находили активность ферментов.

Для оценки активности процессов перекисного окисления липидов параллельно в сыворотке крови определяли концентрацию малонового диальдегида (МДА) как одного из конечных продуктов ПОЛ. В основе метода определения лежит реакция между МДА и тиобарбитуровой кислотой (ТБК), которая при высокой температуре и кислом значении pH протекает с образованием окрашенного в розовый цвет триметинового комплекса. Комплекс экстрагируется бутанолом и имеет максимум поглощения при 532нм [2].

По результатам исследований среди получившихся 12 групп в качестве контроля была выбрана группа животных, анализ крови в которой проводился в сентябре в условиях минимального действия стресс-факторов и характеризовался самым низким содержанием малонового диальдегида.

В ходе исследований было установлено, что каталитическая концентрация ферментов аланин- и аспаратаминотрансферазы при зимне-стойловом содержании и в летний пастбищный период (июнь) имела тенденцию к повышению по сравнению с контролем (сентябрь) (табл. 1).

Таблица 1.

Каталитическая концентрация аминотрансфераз у коров в условиях технологического стресса

Месяцы	АЛТ, мккат/л	АСТ, мккат/л
сентябрь	0,38±0,01	0,55±0,02
октябрь	0,36±0,01	0,58±0,02
ноябрь	0,45±0,02**	0,56±0,01
декабрь	0,43±0,02*	0,62±0,02*
январь	0,46±0,01***	0,59±0,01
февраль	0,45±0,03*	0,61±0,01**
март	0,47±0,04*	0,65±0,03*
апрель	0,40±0,03	0,59±0,02
май	0,38±0,01	0,56±0,03
июнь	0,50±0,03***	0,65±0,01***
июль	0,38±0,01	0,58±0,01
август	0,36±0,03	0,54±0,02

Различия статистически достоверны по сравнению с контролем: \*-P<0,05; \*\*-P<0,01; \*\*\*-P<0,001

По АЛТ достоверный рост составил: в ноябре – 18,4% (P<0,01), в декабре – 13,2% (P<0,05), в январе – 21,1% (P<0,001), в феврале – 18,4% (P<0,05), в марте – 23,7% (P<0,05). По АСТ начало повышения каталитической концентрации было отмечено в декабре и составило 12,7% (P<0,05). В январе для АСТ она была выше на 7,3%, в феврале на 10,9% (P<0,01), в марте на 18,2% (P<0,05). В июне повы-

шение каталитической концентрации АЛТ составило 31,6% (P<0,001), а АСТ – 18,2% (P<0,001).

В ходе эксперимента выявлена сходная динамика по малоновому диальдегиду, выражающаяся в увеличении его концентрации в зимне-стойловый период и в условиях гипертермии в июне. Уже с началом стойлового периода намечается тенденция к увеличению его концентрации. В декабре его концентрация в 1,7раза больше (P<0,001), в январе в 2 раза (P<0,001), в феврале в 2,5 раза (P<0,001), а в марте в 2,7 раза (P<0,001) по сравнению с контролем (сентябрь). В июне подъем уровня малонового диальдегида также свидетельствовал об активации ПОЛ: его содержание увеличилось в 2,6 раза (P<0,001).

Очевидно, что негативное воздействие на организм коров продуктов ПОЛ приводит к разрушению как клеточных мембран, так и мембран органелл клетки, в результате чего активность ферментов повышается. Увеличению активности ферментов переаминирования также способствовало развитие в поздний стойловый период алиментарного стресса, связанного со снижением общей питательности кормов и разбалансированием рационов, а также возможным накоплением нитритов в кормах в июне, в ходе развития у животных стресса на фоне действия высоких температур,

Таким образом, в зимне-стойловый период наблюдалось увеличение каталитической концентрации ферментов переаминирования АЛТ и АСТ на фоне интенсификации перекисного окисления липидов в условиях алиментарного стресса, связанного со снижением общей питательности кормов и разбалансированием рационов, отсутствия систематического активного моциона коров, нарушения параметров микроклимата в животноводческих помещениях. Гипертермия на фоне нарушения питьевого режима в июне также сопровождалась усилением процессов перекисного окисления липидов и ростом активности аминотрансфераз. Негативное воздействие на организм коров продуктов ПОЛ приводит к нарушениям в работе мембран клетки и мембран её органелл, в результате чего каталитическая концентрация ферментов в сыворотке крови повышается. Учитывая то, что наибольшая активность ферментов переаминирования наблюдается в гепатоцитах, скелетной мускулатуре и миокарде, необходимым представляется проведение свободно-радикальной терапии и профилактики заболеваний печени, сердца, мышц у коров в наиболее стрессогенные сезоны года.

**Библиографический список**

1. Голиков А.Н. Стресс и адаптационный синдром у коров в молочном комплексе. Ветеринария. 1993. №10. С.44-46.
2. Коробейникова Э.Н. Модификация определения продуктов перекисного окисления липидов в реакции с тиобарбитуровой кислотой. Лаб.дело. 1989. №7. С.8-10.
3. Панин Л.Е. Биохимические механизмы стресса. Новосибирск: Наука, 1983. 233с.
4. Плященко С.И. Стрессы у сельскохозяйственных животных.С.И. Плященко, В.Т.Сидоров. М.: Агропромиздат, 1987. 192с.
5. Холод В.М. Справочник по ветеринарной биохимии. В.М.Холод, Г.Ф. Ермолаев. Минск: Ураджай, 1988. 167с.

**N. V. ERMAKOVA**

**CATALYTIC CONCENTRATION OF THE FERMENTS OF TRANSAMINATION THE COWS  
HAVE UNDER THE CONDITIONS OF CHANGING THE SEASONS OF YEAR**

*In article shows seasonal dynamics of the catalytic activity of the ferments of the transamination: alanine aminotransferase and aspartate aminotransferase - in cows with the technological stress.*

*Key words: seasonal dynamics, alanine amitransferase, aspartate aminotransferase, cows, the peroxide oxidation of lipids, technological stress, malonic dialdehyde.*



**Н.Н. ЛЫСЕНКО**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
Орловского государственного аграрного университета  
Тел. (4862) 45 40 59

**Е.Г. ПРУДНИКОВА**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
Орловского государственного аграрного университета  
E-mail: elena-prudnikova@rambler.ru

**Н.Л. ХИЛКОВА**

кандидат химических наук, доцент Орловского  
государственного аграрного университета  
E-mail: hilkova59@rambler.ru  
Тел. 8 910 209 82 72

**Е.И. ЧЕКАЛИН**

кандидат сельскохозяйственных наук, ЦКП  
«Генетические ресурсы растений и их использование»  
Тел. (4862) 45 40 59

## ОСОБЕННОСТИ ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РАСТЕНИЯХ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ОБРАБОТКЕ ФУНГИЦИДОМ

*При использовании современных фунгицидов важно не только их эффективно применять против болезней, обеспечить безопасность для окружающей среды и получаемой продукции, но и направленно воздействовать на физиолого-биохимические процессы в растениях, влияющие на количественные и качественные показатели урожая. Это особенно важно в экстремальных условиях развития растений. Яровую пшеницу, пораженную болезнями, обработали фунгицидом Титул 390 ККР (д.в. пропиконазол) в фазу развития конец трубкования – флаговый лист. Интенсивность поражения болезнями снизилась на 40-70%. Интенсивность антиоксидантного фермента пероксидазы и свободно-радикальных процессов уменьшилась по показателю конечного продукта пероксидации – малонового диальдегиду, что свидетельствует о повышении устойчивости растений к действию биотических и абиотических факторов. Улучшился водный режим растения, увеличилось содержание сухого вещества, возросла урожайность и повысилась качество зерна яровой пшеницы в условиях сильной засухи.*

*Ключевые слова:* яровая пшеница, фунгицид пропиконазол, физиолого-биохимические показатели, урожайность, фотосинтез.

### **Введение**

В условиях современной экологической обстановки актуальным представляется не только безопасное и своевременное применение пестицидов в достаточном количестве, но и уточнение возможностей по использованию препаратов, позволяющих направленно воздействовать на физиолого-биохимические процессы, содержание минеральных элементов, качественные показатели урожая, особенно в экстремальных условиях возделывания культур.

### **Цель исследования**

Цель исследования заключалась в изучении особенностей влияния пропиконазола на физиолого-биохимические показатели растений яровой

пшеницы в условиях патогенеза и экстремальных погодных условий (засуха).

### **Материал и методы исследования**

Растения яровой пшеницы сорта Дарья обработали фунгицидом Титул 390 ККР (действующее вещество пропиконазол – (±)-4-Пропил-1-[2-(2,4-дихлорфенил)-1,3-диоксолан-2-илметил]-1 Н-1,2,4-триазол – 390г/л) в фазу развития конец трубкования – флаговый лист из расчета 0,26 л/га по препарату.

Учеты болезней проводили перед обработкой и через 5,11,17 дней после обработки. По показателям распространенности и интенсивности развития болезней на обработанном и необработанном участках рассчитывали биологическую эффективность фунгицида.



Активность пероксидазы определяли методом Бояркина. Метод основан на измерении оптической плотности продуктов реакции, образовавшихся при окислении бензидина за определенный промежуток времени. Содержание малонового диальдегида (МДА) исследовали на основе реакции взаимодействия этого соединения с тиобарбитуровой кислотой (ТБК). Микроэлементы анализировали на приборе «Спектрометр ICAP 6300» атомно-абсорбционным методом.

Оценка световых реакций фотосинтеза (по показателям флуоресценция хлорофилла, квантовый выход, фотохимическое и нефотохимическое тушение флуоресценции) проводилась методом регистрации индукции флуоресценции хлорофилла у обработанных и необработанных растений яровой пшеницы с использованием портативной системы измерения флуоресценции хлорофилла Mini-PAM (Bilger & Schreiber, 1995).

Статистический анализ экспериментальных данных проводили на IBM PC с помощью программ MS EXCEL.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

В течение летнего вегетационного периода 2010 года температура воздуха в Орловской области превышала среднеголетние значения на 1,4-11,9 °С при значительном дефиците осадков. Такие условия соответствуют стрессовой ситуации для растений пшеницы.

Кроме воздействия абиотических факторов, на растения сильное влияние оказывали патогенные грибы. Перед обработкой распространенность болезней на яровой пшенице составила: мучнистая роса (*Erysiphe graminis*) – 87%, ржавчина (*Puccinia triticina*) – 5%, септориоз (*Septoria* sp.) – 78%. При этом степень проявления болезней составляла соответственно: мучнистая роса 12%, ржавчина 0,1%, септориоз 17%. Мучнистая роса на необработанном участке через 5 дней поражала 98% растений при степени поражения 20%, а через 11 дней 100% со степенью поражения 27%. Скорость распространения мучнистой росы в условиях июня 2010 года на яровой пшенице Дарья в фазу конец трубкования-флаговый лист (международный код фенофазы 37-39) составила 2,4% в день, что является показателем эпифитотии. Ржавчина на яровой пшенице развивалась медленнее, но скачкообразно: через пять дней распространенность от 5% повысилась до 7%, через 11 дней – до 18%. При этом степень пораженности растений увеличивалась стремительно: через 5 дней от 0,1 до 0,5% (в пять раз), а через 11 дней до 3% (в 30 раз). Скорость распространения составила 1,2% в день. Септориоз в этот период распространялся при-

мерно с той же скоростью, как и мучнистая роса: через 11 дней его распространенность с 78% достигла 100%, а степень проявления с 17 до 35%.

Относительно низкая эффективность против мучнистой росы и септориоза (39-41%) связана с начальным (до обработки) большим распространением, высокой интенсивностью проявления болезней, также высокой скоростью развития и ослабленностью растений. Высокая биологическая эффективность препарата Титул 390 ККР отмечена против бурой листовой ржавчины – 85,6% в среднем: через пять дней препарат снижал проявление ржавчины на 91,4%, а через 11 дней – на 95,4% и лишь к 17 дню после обработки эффективность понизилась до 70%. Высокую эффективность препарата против ржавчины мы связываем с начальной низкой распространенностью патогена и низкой интенсивностью развития на растении. Можно сказать, что применение фунгицида против листовой бурой ржавчины было своевременным и поэтому успешным.

Общеизвестно, что наличие в тканях патогена индуцирует формирование ответных реакций. Одним из таких ответов растительного организма является повышенное образование активных форм кислорода (АФК), способствующих развитию устойчивости. Однако тут же возникает проблема утилизации избыточного количества АФК, которые, развивая свободно-радикальные процессы окисления, приносят вред и самому растению. В нейтрализации избыточных АФК и вызванных ими процессов участвует антиоксидантная система защиты. Исследование интенсивности работы антиоксидантного фермента пероксидазы через 5 дней после обработки растений пшеницы пропиконазолом показало снижение ее активности на 12%. При этом, на фоне снижения пероксидазной активности, отмечалось и незначительное развитие свободно-радикальных процессов, в частности переокисление мембранных липидов (ПОЛ). Об интенсивности ПОЛ судили по конечному продукту перекисидации – малоному диальдегиду (МДА): содержание которого под воздействием фунгицида было на 13% ниже, чем у контрольных растений.

Наблюдаемое снижение окислительно-восстановительных процессов мы связываем со снятием инфекционной нагрузки с растений в первые дни после применения фунгицида, о чем судили по показателю содержания фенольных соединений. Известно, что во многих случаях высокая концентрация фенольных соединений в покровных тканях препятствует размножению в них патогенных микроорганизмов, грибов и обуславливает устойчивость растений к действию биотических и

абиотических факторов. В наших исследованиях содержание фенольных соединений в зерне пшеницы в контроле превышало показатели варианта опыта в 5,6 раза. Снятие инфекционной нагрузки пропиконазолом способствовало значительному снижению массы фенольных соединений в зерне пшеницы. Образование меньшего содержания фенолов в опытных вариантах объясняется наличием компенсаторного эффекта, т.е. растению нет необходимости тратить энергетические ресурсы на создание фенольных соединений при отсутствии патогена.

Через 11 дней после обработки активность пероксидазы в контроле снижалась на 40%, отмечено и уменьшение содержания МДА в 2,7 раза, по сравнению с 5-м днем после обработки. Под действием пропиконазола снижение пероксидазной активности за этот период снизилось на 60% при уменьшении МДА в 2 раза.

Активность фермента в опыте была на 27% ниже контроля, а уровень МДА на 17% выше. Повидимому, некоторое превышение МДА в варианте с использованием пропиконазола связано не с наличием стресс-факторов, а с усилением интенсивности физиолого-биохимических процессов: дыхания, фотосинтеза, роста.

Показатели роста растений могут служить интегральным показателем физиолого-биохимических процессов. Известно, что в молодых и интенсивно делящихся тканях всегда существует повышенное количество АФК. Об усилении ростовых процессов также свидетельствует существенное накопление опытными растениями сухого вещества – в 6,5 раза больше по сравнению с данными 5 дней после обработки. В контроле за этот период времени сухая биомасса увеличилась в 5,7 раза. Через 11 дней после обработки растения по сухому веществу в варианте с пропиконазолом на 60,5% превосходили контрольные. Важно отметить, что в опытных растениях яровой пшеницы на фоне 59%-ного увеличения биомассы корней и 35%-ного увеличения их рабочей адсорбирующей поверхности наблюдалось значительное повышение оводненности тканей.

Различий между обработанными и контрольными растениями в эффективности поглощения и использования квантов света хлорофиллом листьев пшеницы в фазу налива зерна через 5 дней после обработки растений фунгицидом не отмечается. Однако через 11 дней у контрольных растений увеличился квантовый выход первичного разделения зарядов и повысилась активность фотосистемы II на 15% по сравнению с опытным вариантом.

В это же время необработанные растения пшеницы более эффективно использовали погло-

щенные кванты света на фотосинтез, что подтверждается показателем фотохимического тушения флуоресценции, который в первые две недели после обработки существенно превышал по данному показателю необработанные растения. У растений в опытном варианте фотохимическое тушение флуоресценции хлорофилла составило 0,793, в контрольном варианте – 0,770.

Однако спустя три недели эффективность использования квантов света хлорофиллом растений пшеницы заметно уменьшается как у необработанных, так и у обработанных растений, что связано с началом созревания зерна, активизацией процессов реутилизации и спадом фотосинтетической активности растения в целом.

Таким образом, наблюдаемое после обработки повышение активности поглощения и использования квантов света хлорофиллом у растений контрольного варианта по сравнению с обработанными может объясняться, с одной стороны, механизмом компенсации, в связи с уменьшением активной листовой поверхности вследствие сильного развития болезней, а с другой – потребностью в энергии для борьбы с патогенными микроорганизмами.

Также в наших исследованиях установлено, что содержание минеральных элементов в листьях яровой пшеницы при использовании пропиконазола характеризовалось различными тенденциями. В варианте с пропиконазолом отмечено увеличение содержания в листьях: кальция, хрома, магния и марганца и уменьшение – цинка, фосфора, натрия и железа. Однако в зерне содержание всех анализируемых элементов увеличилось: железо на 40%, марганец – на 17%, натрия – на 10%, кальций – на 12%, кремний – на 8%.

О результате продукционного процесса в целом, как правило, судят по количеству и качеству урожая. Урожайность яровой пшеницы на участке с использованием фунгицида составила 31,19 ц/га против 28,90 ц/га в контроле. Качество клейковины пшеницы удовлетворительно слабое: в контроле и опыте соответственно 82,5 и 80 у.е. Массовая доля клейковины в зерне пшеницы контроле и опыте 28,8% и 31,2%, что соответствует второму классу качества. Таким образом, использование фунгицида позволило увеличить содержание клейковины на 2,4% в стрессовых погодных условиях.

Определение остаточных количеств пропиконазола на хроматографе показало их быстрое исчезновение из сырой массы растений. Например, с 11 по 17 день учета содержание пропиконазола сократилось в 42,6 раза (с 0,98 мкг/г до 0,023 мкг/г). В зерне остаточные количества действующего вещества препарата не обнаружены.

**Выводы**

1. В условиях повышенной температуры, сухости воздуха и почвы, при интенсивно идущем патологическом процессе грибного происхождения фунгицид Титул 390 ККР (д.в. пропиконазол) подавлял развитие болезней яровой пшеницы: мучнистой росы и септориоза на 39-41%, бурой листовой ржавчины на 85,6%.

2. Отмеченное снижение активности антиоксидантного фермента пероксидазы после обработки растений пшеницы фунгицидом и уменьшение содержания МДА связано со снятием инфекционной нагрузки с растений за счет применения пропиконазола. На это указывают данные по снижению содержания фенольных соединений и усилению ростовых процессов.

3. Повышение активности поглощения и использования квантов света у растений контрольного варианта (без обработки) по сравнению с обработанным связано с их потребностью в энергии для борьбы с патогенами.

4. При использовании фунгицида произошло разнонаправленное изменение содержания элементов в листьях яровой пшеницы, увеличилось количество кальция, хрома, магния и марганца, уменьшилось – цинка, фосфора, натрия и железа. Однако в зерне содержание всех анализируемых элементов увеличилось.

5. Выявленная фунгицидная и ростостимулирующая активность пропиконазола на фоне повышения качества зерна способствовала увеличению урожайности яровой пшеницы.

*N.N. LYSENKO, E.G. PRUDNIKOVA, N.L. KHILKOVA, E.I. TCHEKALIN*

**FEATURES OF PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PROCESSES  
OF SPRING WHEAT PLANTS AFTER USING FUNGICIDE**

*Using fungicide is efficiently against diseases, provides safety for environment and obtained products, and also influence to physiological and biochemical processes of plants and quality yield. There is especially important in extreme environment. Infected plants of spring wheat worked the fungicide Titul 390 KKR (reactant - propikonazol) in end booting – flag leaf period. Intensity infection of diseases decreased on 40-70 %. Intensity antioxidant ferment peroxidase and free radical processes decreased by final product of peroxidation – malonic dialdegide, and testified to increase steadiness plants to biotic and a biotic factors. Water consumption are improved, content of solids and yield are increased, quality of grain of spring wheat are heightened.*

*Key words: spring wheat, fungicide propikonazol, physiologic biochemical characteristics, yield, photosynthesis.*



**В.С. НИКУЛЬНИКОВ***кандидат сельскохозяйственных наук, профессор Орловского государственного университета**Тел. (4862) 47 60 54; 8 910 305 21 71***Е. А. КОНОНЕНКО***аспирант Орловского государственного университета**Тел. 8 903 880 53 82***А.И. АТРОХОВ***аспирант Орловского государственного университета**Тел. 8 910 261 51 81***Ю.Н. ФАТЕЕВА***аспирант Орловского государственного университета**Тел. 8 960 655 84 18*

## РЕЗУЛЬТАТЫ ГИБРИДИЗАЦИИ И МЕЖПОРОДНОГО СКРЕЩИВАНИЯ В СВИНОВОДСТВЕ\*

*В статье представлены результаты исследований по гибридизации и межпородному скрещиванию свиней.*

*Ключевые слова: скрещивание, гибридизация, гетерозис, скороспелость.*

Межпородное скрещивание свиней – это одна из действенных форм повышения продуктивности товарного свиноводства. В. Герасимов, Е. Пронь (2000) считают, что помеси более скороспелы, жизнеспособны, лучше используют корма по сравнению с чистопородными животными. В одинаковых оптимальных условиях кормления и содержания они, как правило, меньше затрачивают кормов на 1 кг прироста живой массы, поэтому их откорм экономически более выгоден.

Ч. Дарвин (1937,1939) впервые обосновал скрещивание и сущность проявляемого при этом гетерозиса как метода разведения домашних животных и сформулировал его следующим образом: «Скрещивание животных и растений не близкородственных друг другу в высшей степени полезно и даже необходимо, а размножение в близких степенях в продолжении многих поколений в высшей степени вредно».

Одним из приемов, на котором основано использование гетерозиса, является скрещивание, позволяющее использовать генетические параметры не только одной, но и нескольких пород, что способствует повышению продуктивности свиней (И.С. Полегешко, 1969; В.А. Стрельцов, 1980; М.Ф. уменный, 1980; Н. Березовский, О. Мороз, 1999; Т.К. Курбан, 2000).

В условиях интенсификации свиноводства внутрипородное совершенствование свиней и связанная с ним изоляция пород привели к отставанию от требуемого уровня продуктивности животных. В одной породе все труднее объединить требуемые показатели продуктивности (воспроизводительные, откормочные, мясные). Мощным средством повышения продуктивности свиноводства является практическое использование гетерозиса, проявляемого при межпородном скрещивании.

Гибридизация в свиноводстве – это скрещивание свиней специализированных пород, типов и линий, которые сочетаются по воспроизводительным, откормочным и мясным качествам, позволяющая объединить эффективность селекции и скрещивания и за счет этого повышать многоплодие, скороспелость и улучшать оплату корма соответственно на 5-7; 8-10 и 3-5 % (В.Г. Козловский, Ю.В. Лебедев, И.Н. Тоньшев 1987, А. Филатов, В. Мичурин, 1998).

Научные исследования и практика показывают, что одним из методов повышения продуктивности товарного свиноводства является гибридизация как высшая форма промышленного скрещивания. Используя генетическое разнообразие животных при гибридизации, можно значительно расширить наследственную основу и за счет эффекта гетерозиса повысить жизнеспособность и продук-

\* Статья подготовлена по результатам выполнения госзадания Орловскому государственному университету на 2012 г. (регистрационный номер 4.4544.2011)



тивность потомства.

Н. Андреев и И. Ангелов (1978) считают, что основное преимущество гибридизации – в целенаправленном использовании эффекта гетерозиса и возможности организации свиноводства по смешанным программам в условиях промышленной технологии, поэтому одна из задач для получения высокопродуктивных гибридов – передача достижений племенных хозяйств в товарное свиноводство.

Гибридизация – это скрещивание заранее отселекционированных по определенным признакам продуктивности линии и их проверка на сочетаемость друг с другом для производства свинины. Гибридизация предполагает наиболее эффективное использование гетерозиса и представляет систему разведения с селекцией исходных пород, где достигается тесная связь племенного и товарного свиноводства (Ю.В. Лебедев, 1977).

По сообщению Ф.М. Гучь (1980), при гибридизации продуктивность свиноматок повышается на 8-10 %; улучшается скороспелость помесей на 5-7 дней, а расход корма на 1 кг прироста снижается на 0,3-0,5 корм. ед. в сравнении с чистопородным разведением.

В качестве основных методов реализации гетерозиса в животноводстве признаны различные формы межпородного скрещивания и гибридизации, которые имеют большое значение в свиноводстве (И.Н. Никитченко, 1987).

Таблица 1.

Сравнительная оценка методов разведения (по данным ак. В.П. Рыбалко)

Метод разведения	Показатель				
	Многоплодие	Масса гнезда в 2 мес. возрасте, кг	Средне-суточный прирост, г	Затраты корма, корм. ед.	Скороспелость, дней
Чистопородное разведение	10,21	159,4	624	4,45	222
Двухпородное скрещивание	10,76	170,3	643	4,38	215
Трехпородное скрещивание	10,93	179,1	657	4,22	208
Гибридизация	10,47	183,7	681	4,06	199

Экономический эффект от использования гибридов по сравнению с помесями, полученными путем промышленного скрещивания, увеличивается по большинству из хозяйственно-полезных параметров продуктивности до 10-15 %, а в случае использования чистопородных животных – до 25 %. Такое значительное превосходство гибридных животных позволяет приступить к более эффективной системе свиноводства с выведением специализированных сочетающихся линий для гибридизации, обеспечивающих в условиях товарных хозяйств разных форм собственности производство высоко-

качественной свинины (Э.Г. Васильева, 1999).

Гибридизация в свиноводстве как высшая форма скрещивания основана на использовании различной степени воспроизводительных, откормочных и мясных качеств, проведении преимущественной раздельной селекции и специализации пород, типов и линии по группам признаков, определяющих эти качества, выявление положительной сочетаемости по ним при скрещивании с целью получения товарных гибридов с желательной продуктивностью. Таким образом, при получении товарных гибридов используется эффект селекции исходных генотипов и эффект их скрещивания (А.И. Филатов, В. Мичурин, 1998)

А.И. Овсянников (1973) считает, что гибридизация – одна из форм выражения научно-технической революции в животноводстве. Межлинейная и породно-линейная гибридизация позволяет без дополнительных капложений увеличить производство свинины по сравнению с чистопородным разведением и простым межпородным скрещиванием.

Е.В. Коряжнов (1977) считает, что нет возможности говорить об условиях, которые могут выявить эффективность скрещивания и гибридизации и заранее определять оптимальные варианты скрещивания, проблема практически не решена, и необходимы исследования по этому вопросу.

Поэтому в конкретных условиях производства необходимо проведение научно-производственных опытов для определения наиболее эффективных вариантов скрещивания, для повышения продуктивности свиней, разводимых в различных регионах страны, чему и посвящена настоящая работа.

Межпородная и породно-линейная гибридизация способна устойчиво обеспечить высокоценный в хозяйственном отношении конечный продукт. Особый интерес представляет породно-линейное скрещивание. Поэтому на племязаводе им. Георгиевского и ОАО Агрофирме «Ливенское мясо» был проведен опыт по изучению породно-линейного скрещивания свиней по сравнению с чистопородным разведением в условиях промышленной технологии по следующей схеме.

Схема опыта

Группа	Матки, n=15	Хряки, n=5
I	Ливенская, Доброго1697	Ливенский, Доброго1697
II	Ливенская, Мамонта 5	Ливенский, Мамонта 5
III	Ливенская, Тура 203	Ливенский, Тура 203
IV	Ливенская, Доброго1697	Дюрок, Рифле 900041
V	Ливенская, Мамонта 5	
VI	Ливенская, Тура 203	



**Цель исследования**

Оценить продуктивность животных ливенской породы свиней линий: Доброго 1697, Мамонта 5, Тура 203 в сочетании с хряками породы дюрок линии Рифле 900041 в сравнении с внутрилинейными вариантами спаривания этих же генотипов для выявления лучших вариантов породно-линейного скрещивания и получения максимального экономического эффекта.

Результаты откормочных и мясных качеств свиной представлены в таблице 2.

*Таблица 2.*

Откормочные и мясные качества чистопородных и помесных свиней

Группа	Возраст достижения живой массы 100 кг, дн.	Среднесуточный прирост живой массы, г	Заплаты корма, корм. ед.	Площадь «мышечного глазка», см <sup>2</sup>	Масса задней трети полутуши, кг	Содержание мяса в туше, %
I	203±0,72	665±1,2	4,02±0,11	29,00±0,90	10,25±0,24	56,9±0,54
II	195±0,90	689±1,0	3,80±0,09	34,02±0,50	10,92±0,14	61,5±0,58
III	201±0,95	670±1,8	4,29±0,18	31,02±0,74	10,32 ±0,50	60,2±1,09
IV	200±1,3	673±2,40	3,84±0,15	31,09±0,43	10,54±0,49	59,7±0,88
V	191±0,86	708±0,95	3,84±0,20	35,63±0,39	10,94±0,40	63,0±0,92
VI	204±0,39	662±1,4	3,90±0,24	33,94±0,60	10,20±0,15	61,2±1,30

Из таблицы 2 видно, что среди групп чистопородного разведения и породно-линейной гибридизации наибольшей скоростью роста отличались подсвинки, полученные от свиноматок линии Мамонта 5 (II и V группы). При откорме до живой массы 100 кг среднесуточный прирост у подсвинков II и V групп был равен 689г и 708г при наименьшей скороспелости 195дн. и 191дн., соответственно. Содержание мяса в туше и площадь «мышечного глазка» у помесей были больше, чем у чистопородных животных. В целом гибриды от породно-линейного скрещивания характеризовались наилучшими показателями продуктивности по сравнению с чистопородным линейным разведением.

Результаты проведенного научно-производственного опыта дают основание рекомендовать для более широкого использования в товарном свиноводстве породно-линейное скрещивание вместо обычного межпородного и чистопородного. Конкретно для промышленных хозяйств Орловской области может быть рекомендован оптимальный вариант скрещивания свиней ливенской породы линии Мамонта 5 с хряками породы дюрок линии Рифле 900041.

**V.S. NIKULNIKOV, E. A. KONONENKO, A.I. ATROHOV, U.N. PHATEEVA**

**RESULT GIBRYDING AND AMONGBREED UNION TO PIGSBREEDING**

*Business front result investigation to gibryding and amongbreed union to pigsbreeding.*

*Key word: union, gibryding, geterozis soonripeness.*

**Г.А. СИМОНОВ**

доктор сельскохозяйственных наук, ГНУ  
Северо-Западный НИИ молочного и лугопаст-  
бищного хозяйства Россельхозакадемии  
Тел. 8 915 002 59 97

**В.С. НИКУЛЬНИКОВ**

кандидат сельскохозяйственных наук, профес-  
сор Орловского государственного университета  
Тел. (4862) 47 60 54

**В.С. ЗОТЕЕВ**

доктор биологических наук, профессор Самар-  
ской государственной сельскохозяйственной  
академии  
Тел.: (8466) 34 62 46

### ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ РАЦИОНА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ БЫЧКОВ ПРИ ОТКОРМЕ НА СВЕЖЕЙ ЗЕРНОВОЙ БАРДЕ\*

*Изучено влияние свежей зерновой барды на продуктивность молодняка крупного рогатого скота. Определена оптимальная структура её в рационе по питательности при откорме бычков.*

*Ключевые слова:* зерновая барда, рацион, среднесуточный прирост, живая масса.

Зерновая барда – это отходы спиртовой промышленности. В рационах жвачных животных она используется давно. При её скармливании крупному рогатому скоту следует учитывать, что она содержит протеин, азотистые вещества, которые состоят преимущественно из микробного белка, ценного в биологическом отношении витаминами группы В, фосфорными и калийными солями, но бедна углеводами, солями кальция и натрия. Поэтому при использовании барды в рационе крупного рогатого скота следует уделять особое внимание минеральному и углеводному питанию животных, так как этот корм не может полностью обеспечить физиологическую потребность скота в этих веществах [1].

При откорме молодняка крупного рогатого скота на барде большое значение имеет нормирование минеральных веществ, поскольку в этом случае животные с основным кормом потребляют много воды, что нередко приводит к нарушению обмена веществ (кетозу), которое протекает на фоне дистрофических изменений в паренхиматозных органах (Вракин В.Ф. и др., 1991, Драганов И.Ф. и др., 2007). Это нарушение, по данным ряда учёных, – следствие вымывания минеральных веществ из организма в результате повышенного диуреза [2].

Целью наших исследований было изучение продуктивности молодняка крупного рогатого скота в стойловый период на откорме на рационах с различной структурой. Научно-хозяйственный опыт для определения влияния структуры рациона на

продуктивность бычков на откорме был проведен в Никольском районе Пензенской области на базе совхоза «Шеншинский». На опыт было отобрано 60 голов бычков симментальской породы, из которых по принципу аналогов сформировали 4 группы животных, одну контрольную и три опытные, каждая группа состояла из 15 голов. Средняя живая масса бычков составляла 361,1 кг. Опыт продолжался в течение 90 дней. Животные всех групп во время эксперимента содержались в типовом помещении на привязи. Помещение отвечало всем зооигиеническим параметрам. Поение бычков было бесперебойно из автопоилок. Живую массу животных контролировали путем взвешивания при постановке на опыт и при снятии. Среднесуточный прирост рассчитывали на основании полученных данных. Учёт кормов заданных и потребленных проводили ежедневно. Опыт был проведен по следующей схеме:

Схема опыта

Корм	Группа			
	Структура рациона, % по питательности			
	I (контроль)	II опытная	III опытная	IV опытная
Сено злаково-бобовое	20	20	15	10
Силос кукурузный	45	-	-	-
Барда зерновая свежая	-	45	50	55
Патока кормовая	5	5	5	5
Комбикорм	30	30	30	30

\* Статья подготовлена по результатам выполнения госзадания Орловскому государственному университету на 2012 г. (регистрационный номер 4.4544.2011)

Первая контрольная группа бычков в период опыта получала рацион, % по питательности: сено злаково-бобовое 20, силос кукурузный 45, патока кормовая 5 и 30% комбикорма. Вторая опытная группа получала идентичный рацион с I контрольной группой, но вместо кукурузного силоса ей скармливали барду зерновую свежую в таком же количестве по питательности 45%. Рацион животных III опытной группы в период эксперимента включал в себя по питательности: 15% сено злаково-бобовое, 50% свежей зерновой барды, 30% комбикорма и 5% кормовой патоки. Бычкам четвертой опытной группы скармливали в период опыта соответственно по питательности 10% сено злаково-бобовое, 55% барды зерновой свежей, 30% комбикорма и 5% патоки кормовой.

Рационы животных в период опыта во всех группах были составлены по детализированным нормам РАСХН (А.П. Калашников и др., 2003) на получение среднесуточного прироста живой массы бычков 900 г.

Следует отметить, что общая питательность рационов животных во всех группах была примерно одинаковой. Объём кормов по мере роста бычков увеличивали, но общая структура рациона оставалась без изменений.

Продуктивность животных в целом за опыт показана в табл. 1.

Таблица 1.

Живая масса и среднесуточный прирост бычков на откорме (за 90 дней)

Показатель	Группа			
	I (контроль)	II опытная	III опытная	IV опытная
Количество бычков, гол.	15	15	15	15
Живая масса в начале опыта, кг	361,4±1,3	361,2±1,5	360,8±1,4	361,0±1,7
Живая масса в конце опыта, кг	441,6±2,5	446,1±2,1	450,4±	438,9±2,3
Абсолютный прирост, кг	80,2±2,1	84,9±2,3	89,6±1,8	77,9±2,5
% к контролю	100,0	105,9	111,7	97,1
Среднесуточный прирост, г	891	943	996	865

Из таблицы 1 видно, что при постановке на опыт бычки в группах имели практически одинаковую живую массу. Структура рациона оказала не одинаковое влияние на продуктивность животных при откорме. В III опытной группе, где в рационе было 50% свежей зерновой барды по питательности, зафиксированы самые высокие показатели продуктивности, средняя живая масса бычков при снятии с откорма достигала уровня 450,4 кг при среднесуточном приросте 996 г против 441,6 кг и 891 г соответственно в контроле. Абсолютный прирост живой массы во второй опытной группе за период опыта 90 дней составил 89,6 кг, или он был выше на 11,7% по сравнению I контрольной группой.

Во II опытной группе, где зерновая барда в структуре рациона занимала 45% по питательности, показатели продуктивности были выше по сравнению с контрольной группой, но ниже, чем в III опытной группе.

Четвертая опытная группа, где в рационе содержалось 55% барды по питательности, имела самые низкие показатели продуктивности бычков на откорме, абсолютный прирост живой массы одной головы при снятии с откорма равнялся 77,9 кг, или он был ниже на 2,9% по отношению контроля.

Следует отметить, что животные I контрольной группы, а также II и III опытных групп потребляли грубый корм практически полностью, в отличии от IV опытной группы, где остатки сена составляли 2,8%, что отрицательно сказалось на калорийности рациона и в конечном счёте на продуктивности откармливаемых животных.

Полученные данные в опыте позволяют сделать следующие выводы: при откорме животных на свежей зерновой барде целесообразно включать её в рацион, сбалансированный по детализированным нормам РАСХН 50% по питательности, что позволит повысить абсолютный прирост живой массы бычков на 11,7%.

Библиографический список

1. Маликова М., Сабитов М. Использование белково-минеральной добавки в бордьяных рационах коров. Зоотехния. 2007. №1. С21-22.
2. Ушаков А.С. Обмен некоторых микроэлементов у молодняка крупного рогатого скота при откорме на барде. Зоотехния. 2008. №10. С.13-15.

G.A.SIMONOV, V.S. NIKULNIKOV

INFLUENCE OF DIET STRUCTURE ON MALE CALVE PRODUCTIVITY  
WHILE FEEDING ON FRESH CEREAL BARD

*The influence of fresh cereal bard on male calves productivity is researched. Its optimal structure by nutrition value in diet for male calves feeding is defined.*

*Key words: cereal bard, diet, daily growth, live weight.*



**А.И. ШЕНДАКОВ**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
кафедры частной зоотехнии и биотехнологии  
Орловского государственного аграрного универ-  
ситета

E-mail: aish78@yandex.ru

Тел. 8 953 816 78 84

**В.С. БУЯРОВ**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
проректор по научной работе Орловского госу-  
дарственного аграрного университета

E-mail: bvc5636@mail.ru

Тел. 8 920 084 50 62

**Т.А. ШЕНДАКОВА**

кандидат сельскохозяйственных наук, стар-  
ший преподаватель Орловского государствен-  
ного аграрного университета

E-mail: deni-260185t@yandex.ru

Тел. (4862) 43 03 17

**О.А. ШАЛИМОВА**

доктор биологических наук, профессор, дирек-  
тор Инновационного научно-исследователь-  
ского испытательного центра Орловского го-  
сударственного аграрного университета

E-mail: iniic@mail.ru

Тел. (4862) 47 51 71

## СЕЛЕКЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ В СИСТЕМАХ РАЗВЕДЕНИЯ МОЛОЧНОГО СКОТА В ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*В статье приведены результаты селекции чёрно-пёстрого и симментал-голландского скота в Орловской области, также результаты проведенных исследований позволили выделить перспективные направления повышения эффективности молочного скотоводства на основе применения современных технологий.*

*Ключевые слова:* селекция, чёрно-пёстрый, симментальский, голландский скот.

При совершенствовании систем разведения молочных пород крупного рогатого скота, как правило, основное внимание уделяется селекционным, биологическим и экономическим факторам [3, 4, 5], однако в связи с внедрением в животноводство современных методов генетики и новых технологий содержания возникает необходимость более подробной дифференциации факторов, оказывающих влияние на селекционный эффект в популяциях молочного и молочно-мясного скота [1, 11].

В настоящее время в хозяйствах Орловской области подробно изучена молочная продуктивность помесей симменталов и чёрно-пёстрого скота с голштинами [6-8, 10], рассмотрены вопросы генетической модернизации скотоводства [12], изучены экономические факторы селекции и влияние способов содержания на молочную продуктивность, а также рентабельность производства молока [9], предложены ресурсосберегающие технологии в молочном скотоводстве [2]. Однако селекционно-

технологические факторы селекции по-прежнему нуждаются в подробном системном исследовании.

Особое значение при этом приобретают адаптационные и воспроизводительные особенности коров в дойных стадах. О пригодности животных к интенсивным технологиям использования можно судить по многим абсолютным показателям и генетико-статистическим параметрам (пожизненная продуктивность, устойчивость селекционных признаков, продолжительность сервис-периода, фенотипическая изменчивость и пр.).

**Материал и методы исследований.**

Исследования были проведены на чёрно-пёстром, симментальском и голштинском поголовье в хозяйствах Орловской области, в исследованиях применялся принцип пар-аналогов. В ОПХ «Стрелецкое» был изучен пожизненный удой у коров с кровностью от 1/8 до 7/8 по голштинской породе. С целью повышения воспроизводительных качеств голштинизированного скота СПК «Фатневский» были проанализированы



селекционно-технологические особенности коров 4-х генотипов: симментальская – контроль, I, II и III – симментал-голштинские с разной кровностью по красно-пестрой голштинской породе (соответственно 25, 50 и 75%). Множественная корреляция определялась по методике Г. Ф. Лакина (1990).

Статистический анализ был проведён в компьютерных программах «Microsoft Excel» и «Статистика».

**Результаты исследований.** Исследования показали, что наибольшим удоём за 5 завершённых лактаций в ОПХ «Стрелецкое» обладали коровы с кровностью 5/8 и 3/4 по чёрно-пестрой голштинской породе (24903 и 25792 кг молока соответственно). Это превысило чистопородных чёрно-пестрых животных на 833 и 1722 кг молока. Аналогичные тенденции были получены по удою за 305 дней лактации: коровы с кровностью 5/8 и 3/4 по чёрно-пестрой голштинской породе оказались лучшими – с удоями 22031 и 22419 кг молока. Это превысило чёрно-пестрых коров на 1005 и 1393 кг молока соответственно.

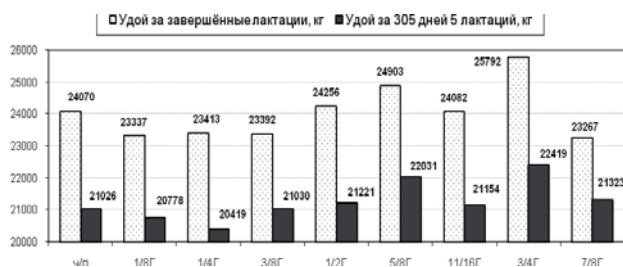


Рис. 1. Удой чёрно-пестрых голштинизированных коров за 5 завершённых лактаций в зависимости от генотипа в ОПХ «Стрелецкое» Орловской области.

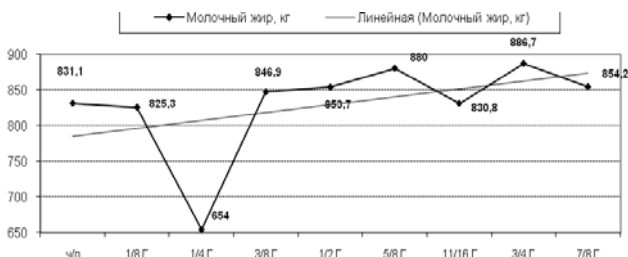


Рис. 2. Количество молочного жира у чёрно-пестрых коров ОПХ «Стрелецкое» за 5 стандартных лактаций (по 305 дней) в зависимости от генотипа.

Из рисунка 2 следует, что наибольшее количество молочного жира за 5 лактаций по 305 дней было получено от коров с кровностью 5/8 и 3/4 по чёрно-пестрой голштинской породе – 880,0 и 886,7 кг. Это превысило чистопородных животных на 48,9 и 55,6 кг соответственно. Все генотипы обладали достаточно высоким показателем молочного жира, за исключением коров с кровностью 25% по улучшающей породе – 654,0 кг, что было меньше,

чем в контроле, на 177,1 кг ( $p < 0,05$ ).

Результаты исследований показали, что наибольшую устойчивость удоя за завершённую лактацию имели коровы с кровностью 1/8 по голштинской породе –  $r_{1(2,3)} = 0,594$ . Это превысило чистопородных животных на 0,308. Высокие показатели по удою также имели коровы с кровностью 5/8 и 3/4 по голштинам –  $r_{1(2,3)} = 0,412$  и 0,414. Наиболее устойчивый удой за 305 дней лактации был получен от коров с кровностью 7/8 и 3/8 –  $r_{1(2,3)} = 0,648$  и 0,641, что достоверно превысило контроль на 0,485 и 0,492. Высокими показателями устойчивости также обладали коровы с кровностью 5/8 –  $r_{1(2,3)} = 0,568$ , хотя при увеличении кровности до 3/4 коэффициент множественной корреляции понизился до 0,248. Полукровные коровы не отличались хорошими показателями устойчивости удоя.

Наиболее устойчивая жирность молока была получена от коров с кровностью 1/8-1/4 по голштинской породе –  $r_{1(2,3)} = 0,698-0,568$ , что значительно превзошло показатели других помесных генотипов, за исключением коров с кровностью 7/8, которые отличались невысокими удоями.

По устойчивости живой массы точных тенденций получено не было, однако наибольшими показателями обладали чистопородные коровы, а также помеси с кровностью 3/8, 5/8 и 7/8 по голштинской породе. Ни один помесный генотип не превзошёл чистопородных животных.

Таблица 1.

Множественная корреляция между признаками 1, 2 и 3 лактаций у чёрно-пестрого скота разных линий в ОПХ «Стрелецкое» Орловской области

Линия	Удой, кг	Удой за 305 дней, кг	Жир, %	Молочный жир, кг
А. Адема	0,839±0,164	0,305±0,287	0,528±0,256	0,102±0,300
Ривелино	0,269±0,134*	0,367±0,129	0,374±0,129	0,259±0,134
У. Идеал	0,236±0,100*	0,326±0,097	0,168±0,101*	0,349±0,096
Р. Соверинг	0,217±0,116*	0,288±0,114	0,379±0,110	0,260±0,115
С. Т. Рокит	0,067±0,258***	0,219±0,252	0,702±0,184	0,273±0,248

Примечание: животные линии А. Адема – контрольная группа.

Из таблицы 1 следует, что наибольшую устойчивость удоя за завершённую лактацию имели коровы линии А. Адема –  $r_{1(2,3)} = 0,839$ . Коровы линии Ривелино обладали наибольшим коэффициентом множественной корреляции по удою за 305 дней лактации –  $r_{1(2,3)} = 0,367$ , что превысило чистопородных коров линии А. Адема на 0,062.

Наиболее устойчивая жирность молока была получена от коров линии С. Т. Рокит –  $r_{1(2,3)} = 0,702$ , а по количеству молочного жира все голштинские линии имели преимущество над чистопородными коровами на 0,157-0,247.

Из рисунка 3 следует, что наибольший процент выбраковки к 5 лактации составил у коров с кровностью 11/16 по голштинской породе – 93,5. Несмотря на низкую продуктивность, чистопородные коровы с показателем 87,2% уступали по адаптационным качествам помесным коровам с кровностью 1/8, 3/8, 1/2, 5/8 и 3/4 по голштинской породе. Меньший процент выбраковки был у коров с кровностью 3/8 и 1/2 по голштинской породе – 78,3 и 78,1. Их незначительно превысили коровы с кровностью 5/8 и 3/4 по чёрно-пёстрой голштинской породе – 84,6 и 83,5%.

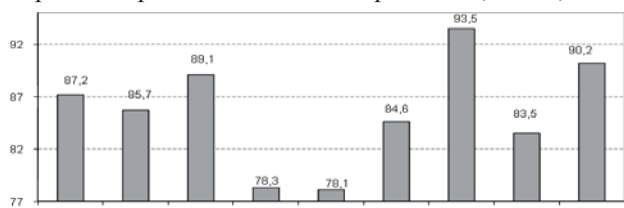


Рис. 3. Процент выбраковки чёрно-пёстрых голштинизированных коров из стада к 5 лактации в зависимости от генотипа в ОПХ «Стрелецкое» Орловской области

Кроме того, у молочного скота от 1 к 5 лактации может иметь разную величину не только устойчивость признаков, но и устойчивость фенотипической ( $\sigma^2_{\phi}$ ) и генотипической ( $\sigma^2_{\gamma}$ ) изменчивости при увеличении продолжительности лактации, что определяет эффективность отбора и влияет на стандартную передающую способность (STA), которая находится через коэффициент наследуемости ( $h^2$ ). Наибольшая передающая способность по удою за 305 дней в стаде чёрно-пёстрых коров была характерна для животных с кровностью 12,5 и 62,5% по голштинской породе. Однако коэффициент адаптационных способностей коров к увеличению продолжительности лактации, найденный как отношение фенотипической изменчивости удоя за 305 дней к удою за завершённую лактацию (КАС), в зависимости от генотипа имел вид параболы второго порядка. Её минимальное значение принадлежало коровам поколения  $F_1$  (52%), а максимальные – чистопородным чёрно-пёстрым коровам и коровам с кровностью 87,5 по голштинской породе (76 и 72% соответственно). Отсюда следует, что при воспроизводительном и возвратном скрещивании проявляются аналогичные тенденции, связанные с консолидацией генотипов и признаков молочной продуктивности, а гомогенный подбор впоследствии ведёт к их закреплению.

В СПК «Фатневский» по первой лактации наибольшая продолжительность межотельного периода (МОП) была у чистопородных симменталов – 409 дней, что превысило животных II и III групп на 32 и 38 дней. Коэффициент воспроизводительной особенности (КВС) по первой лактации был наиболее

оптимальным у первотёлок II и III групп – 0,97-0,98, превышая контроль соответственно на 0,08 и 0,09.

По второй лактации наибольшая продолжительность МОП также составила у чистопородных животных – 401, что превысило II группу на 26 дней. Продолжительность сервис-периода по второй лактации была приблизительно одинаковой – 93-97 дней. По второй лактации КВС в I, II, III группах превысил чистопородных коров (0,91) соответственно на 0,05, 0,06 и 0,05.

К третьей лактации продолжительность МОП во всех опытных группах увеличивалась, превысив симменталов (385 дней) соответственно на 2, 5 и 10 дней. Для симментальского скота была характерна наименьшая продолжительность сервис-периода – 81 день. В опытных группах по третьей лактации КВС был ниже, чем в контроле (0,95), на 0,01, 0,01 и 0,03.

Высокий коэффициент вариации сервис-периода был связан с большой зависимостью этого признака от внешних и внутренних факторов. Если продолжительность межотельного периода можно нивелировать с помощью хозяйственных мероприятий, то длительность сервис-периода зависит ещё и от биологических особенностей организма. В связи с этим необходимо уделять внимание ветеринарному обслуживанию животных. В целом полученные коэффициенты вариации говорят о широких возможностях работы по улучшению воспроизводительных качеств стада и необходимости отбора по основным параметрам, характеризующим воспроизводительные функции коров. Кроме того, по всем лактациям помесные симментал-голштинские коровы имели лучшую скорость молоковыделения (до 1,8-1,9 кг/мин) и превысили симменталов на 0,5-0,8 кг/мин.

Особое значение при оптимизации селекции имеют адаптационные качества завозимого поголовья. Так, импортные животные СП «Сабурово» были закуплены в Германии в 2007 г. (n=1200). Среднесуточное содержание жира в их молоке колеблется в пределах 3,8-4,0%, белка – 3,3-3,4%, количество соматических клеток варьирует от 250 до 350 тыс./см<sup>3</sup>. Молоко реализуется на 4 молокоперерабатывающих комбината, в том числе для производства детского питания.

Анализ продуктивности чёрно-пёстрых голштинских коров по 2 и 3 лактациям показал, что их среднесуточный удой колебался от 18,53 кг в сентябре до 24,31-26,22 кг в декабре-марте 2010 г. Это было обусловлено тем, что массовые отёлы (70%) проходили в зимний период. Максимальный среднесуточный удой был зафиксирован в феврале – 55,7 кг. Минимальный удой был определен при запуске коров (см. таблицу 2).

Следует отметить, что коровы-первотелки чёрно-пёстрой голштинской породы, полученные от импортных животных, превосходили своих матерей по среднесуточному удою, но существенно уступали им по максимальному удою (см. табл. 3). Это было связано с адаптацией потомства к новым условиям содержания.

Снижение удоя у подопытных животных в августе 2010 г. было связано с негативными последствиями воздействия на них аномально высокой температуры воздуха в условиях предусмотренного технологией круглосуточного и круглогодичного содержания в коровнике с естественной вентиляцией.

Таблица 2.  
Характеристика коров голштинской чёрно-пёстрой породы немецкой селекции по молочной продуктивности

Месяц года	n	Среднесуточный удой, кг (M±m)	Количество молока, кг	Среднесуточный удой, кг	
				минимум	максимум
Январь	585	25,52 ± 0,38	14931,9	0,6	52,3
Февраль	596	25,46 ± 0,37	15171,5	1,5	55,7
Март	603	26,22 ± 0,40	15809,6	2,2	52,6
Апрель	608	22,81 ± 0,38	13869,2	0,5	52,4
Май	598	23,52 ± 0,40	14066,9	0,6	53,8
Июнь	592	22,61 ± 0,39	13386,1	0,7	46,3
Июль	601	22,31 ± 0,41	13411,1	0,6	48,7
Август	603	18,84 ± 0,35	11363,4	0,7	43,2
Сентябрь	584	18,53 ± 0,40	10820,5	0,5	45,7
Октябрь	550	19,28 ± 0,41	10606,2	0,7	49,3
Ноябрь	540	22,7 ± 0,34	12255,5	1,2	43,5
Декабрь	591	24,31 ± 0,35	14364,5	1,2	47,6

Примечание: январь-октябрь 2010 г.; ноябрь-декабрь 2009 г.

Таблица 3.  
Молочная продуктивность голштинских коров-первотёлок немецкого происхождения, полученных от импортных животных

Месяц года	n	Среднесуточный удой, кг (M±m)	Количество молока, кг	Среднесуточный удой, кг	
				минимум	максимум
Январь	112	26,61 ± 0,53	2980,80	3,70	39,20
Февраль	153	27,12 ± 0,44	4150,00	8,80	43,50
Март	186	27,98 ± 0,42	5204,40	9,70	45,20
Апрель	212	25,83 ± 0,38	5476,70	8,00	40,40
Май	218	26,39 ± 0,38	5753,70	7,30	38,20
Июнь	213	25,80 ± 0,41	5495,30	8,00	40,30
Июль	222	25,76 ± 0,43	5718,90	0,70	39,80
Август	219	20,86 ± 0,39	4567,30	5,60	38,90
Сентябрь	201	21,57 ± 0,45	4336,50	4,00	44,50
Октябрь	187	21,44 ± 0,48	4010,20	2,00	37,30
Ноябрь	55	23,11 ± 0,54	1271,30	11,50	31,30
Декабрь	83	25,95 ± 0,70	2153,90	6,10	42,00

Примечание: январь-октябрь 2010 г.; ноябрь-декабрь 2009 г.

Необходимо также отметить, что за рубежом длительная селекция по молочной продуктивности

привела к тому, что у голштинского скота молочная продуктивность доминирует над инстинктом самосохранения. Закупка животных с высоким генетическим потенциалом без кардинального улучшения кормовой базы приводит к резкому снижению сохранности животных, сроков их хозяйственного использования и огромным экономическим потерям. Опыт хозяйств, ведущих селекционную работу по голштинизации своего поголовья, свидетельствует о следующем: там, где селекционная работа проводилась одновременно с улучшением кормовой базы, продуктивность животных повышалась, там же, где качество кормовой базы не изменилось, продуктивность оставалась на прежнем уровне или даже снижалась. Для полной реализации генетического потенциала и сохранения здоровья животных необходимо полноценное, сбалансированное кормление и его грамотная организация, что требует высокой квалификации специалистов и наличия опыта работы с высокопродуктивным скотом.

### Выводы

Таким образом, наилучшими адаптационными способностями обладают чёрно-пёстрые коровы, полученные от возвратного и воспроизводительного скрещивания. При возрастании кровности от 25 до 75% по голштинам у чёрно-пёстрого скота проявляется тенденция к увеличению пожизненного удоя, а генотип с кровностью 11/16 не пригоден для интенсивного использования на молочных комплексах. Животные с кровностью 3/8 и 1/2 по голштинской породе характеризуются наименьшей фенотипической и генетической устойчивостью удоя при увеличении продолжительности лактации, а это значит, что, несмотря на низкий процент их выбраковки, с возрастом у них сильнее прослеживается взаимодействие «генотип-среда». В целом, следует сделать вывод, что чёрно-пёстрый голштинский скот положительно влияет на пожизненную продуктивность помесей. Симментальский скот обладает хорошими воспроизводительными качествами, однако в процессе выбраковки помеси с красно-пёстрыми голштинами также могут показывать хорошие воспроизводительные качества.

Совершенствование систем управления селекцией и технологических процессов в молочном скотоводстве должно предусматривать использование интенсивных технологий производства продукции. Системное изучение пригодности коров для интенсивного использования на комплексах и их адаптации позволит более эффективно использовать генетический потенциал племенного скота в Орловской области.

**Библиографический список**

1. Буяров В.С. Эффективность селекции молочного скота. В.С. Буяров, А. И. Шендаков, Т.А. Шендакова. Животноводство России. 2011. №1. С. 41-44.
2. Буяров В.С. Ресурсосберегающие технологии в молочном скотоводстве Орловской области. В. С. Буяров, А. В. Буяров, А. А. Ветров. Вестник ОрёлГАУ. 2010. №6. С. 85-92.
3. Кузнецов В. М. Основы научных исследований в животноводстве. Киров, Изд. Зонального НИИСХСВ. 2006. 568 стр.
4. Кузнецов В. М. Разработка оптимальных программ селекции в молочном скотоводстве. Зоотехния. 1996. №1. С. 5-13.
5. Кузнецов В. М. Современные методы анализа и планирования селекции в молочном стаде. Киров, Изд. Зонального НИИСХСВ. 2001. 116 стр.
6. Ляшук Р. Н. Совершенствование чёрно-пёстрого скота в Орловской области. Р. Н. Ляшук, А. И. Шендаков, М. В. Востров. Молочное и мясное скотоводство. 2005. №7. С. 20-22.
7. Ляшук Р. Н. Совершенствование молочного скота в Орловской области. Р.Н. Ляшук, А.И. Шендаков, М.В. Востров. Молочное и мясное скотоводство. 2007. №1. С. 22-26.
8. Ляшук Р. Н. К вопросу о голштинизации чёрно-пёстрого скота в Орловской области. Р.Н. Ляшук, А.И. Шендаков, М.В. Востров, В. В. Сорокин. Вестник ОрёлГАУ. 2007. №1. С. 38-41.
9. Полухина М. Г. Тенденции и перспективы развития племенного скотоводства в Орловской области. М. Г. Полухина, А. И. Шендаков //Вестник Орёл ГАУ. 2011. №6. С. 39-43.
10. Шендаков А.И. Совершенствование симментальского скота в Орловской области. А.И. Шендаков, В.И. Крюков. Молочное и мясное скотоводство. 2004. №7. С. 10-11.
11. Шендаков А. И. Модернизация селекции в молочном скотоводстве Орловской области. Молочное и мясное скотоводство. 2008. №6. С. 15-19.
12. Шендаков А. И. Генетические аспекты модернизации молочного скотоводства. А. И. Шендаков, Т. А. Шендакова. Вестник Орёл ГАУ. 2009. №2. С. 30-35.

**A. I. SHENDAKOV, V. S. BUYAROV, T. A. SHENDAKOVA, O. A. SHALIMOVA**

**SELECTION AND TECHNOLOGICAL FACTORS IN BREEDING SYSTEMS OF DAIRY CATTLE IN OREL REGION**

*In the scientific work said about results of selection of Black-and-White and Simmental-Holstein cattle in Orel region, also the results of the conducted researches enable to single out the more advanced ways of efficiency increase of dairy cattle breeding on basis of current technologies application.*

*Key words: selection, Black-and-White, Simmental, Holstein cattle.*





И.Э. ФЕДОТОВА

кандидат сельскохозяйственных наук, зав. кафедрой почвоведения и прикладной биологии Орловского государственного университета  
E-mail: fedotovaie@mail.ru  
Тел. 8 910 303 42 31

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕЦИЗИОННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ УСКОРЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЛЕКЦИИ СОРТОВ И ПОДВОЕВ ВИШНИ\*

*В работе представлены результаты оптимизации технологии отдалённой гибридизации тетраплоидного ( $2n=4x=32$ ) вида вишни обыкновенной с диплоидными ( $2n=2x=16$ ) отдалёнными видами *C. sachalinensis* и *C. serrulata* при использовании методов гаметной селекции. Для всех видовых форм показана целесообразность стимулирующего лазерного облучения пыльцы, для формы *C. serrulata lannesiana* № 1 – ультрафиолетового облучения. Для формы *C. sachalinensis* БГ-30 допустимо использовать катодную фракцию пыльцы и магнитное воздействие на пыльцу.*

*Ключевые слова:* вишня обыкновенная, диплоидные виды, отдалённые гибриды, прецизионный метод гаметной селекции, биофизические факторы.

### Актуальность исследований

Приоритетная задача садоводства России – обеспечение потребностей населения продукцией плодов собственного производства. Основным путём наращивания производства фруктов является создание насаждений из высокоадаптивных, экологически чистых, высокорентабельных сортов интенсивного типа. Это касается, в том числе, и косточковых плодовых культур. В сорimente вишни обыкновенной (*Cerasus vulgaris* Mill.,  $2n=4x=32$ ) ещё не достаёт таких сортов. В селекции этой культуры был использован бедный исходный генофонд. Для создания сортов интенсивного типа вишня нуждается в интрогрессии в геном генов отдалённых видов подсемейства *Prunoideae*, контролирующих иммунитет к болезням и адаптивность к резко изменившимся погодно-климатическим условиям.

Для повышения эффективности селекционного процесса возникает настоятельная потребность в использовании новых технологий, позволяющих преодолеть трудности, возникающие при отдалённой гибридизации растений. В последние годы всё большее применение находит метод гаметной селекции, который позволяет целенаправленно воздействовать на оплодотворяющую способность мужских гамет, расширять спектр генетической изменчивости и ускорять отбор ценных гибридов [14; 15; 16; 17].

Большой научный и производственный интерес представляют биофизические методы, которые позволяют на наноуровне целенаправленно воздействовать на структуры клеток пыльцы. Широкое применение получило: использование электроста-

тистических полей высокой напряженности  $8 \times 10^5$  –  $12 \times 10^5$  В/м для разделения пыльцы по уровню пloidности [8]; электросепарирование пыльцы для повышения её оплодотворяющей способности при отдаленных скрещиваниях плодовых растений [8]; применение магнитных и электромагнитных полей, оказывающих существенное влияние на энергию прорастания зародышей, ростовые процессы микрорастений в культуре *in vitro* и оплодотворяющую способность пыльцы. Применяют также ультрафиолетовое (УФ) излучение для обработки пыльцы, растительных тканей, незащищенных покровными чешуями, в культуре *in vitro*, используя лучи с  $\lambda = 2800-2500 \text{ \AA}$ , характеризующиеся наиболее мутагенным действием [3; 5; 13]. Используют в растениеводстве и в селекции лазерные, магнито-лазерные аппараты [1; 2; 4; 6; 12; 13].

**Цель исследований** – оптимизация прецизионной технологии гаметной селекции при отдалённой гибридизации вишни обыкновенной ( $2n=4x=32$ ) с дальневосточными видами ( $2n=2x=16$ ) подсемейства *Prunoideae* Focke для программируемой реконструкции её генома.

### Задачи исследований:

- изучение морфологических особенностей признаков пыльцы отдалённых видов подсемейства *Prunoideae* Focke;
- выявление функциональных особенностей (фертильности) пыльцы в зависимости от обработки её физическими факторами;
- изучение эффективности скрещиваний вишни обыкновенной ( $2n=4x=32$ ) с дальневосточными

\* Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России».



видами ( $2n=2x=16$ ) подсемейства *Prunoideae* Focke в зависимости от обработки её биофизическими факторами.

#### Условия, объекты и методы исследований

Исследования проводили в ФГБОУ ВПО «Орловский государственный университет» в 1995 - 2011 гг. Погодно-климатические условия различались по годам. Ряд лет был близок к климатической норме. В отдельные годы наблюдали: аномально низкие температуры в период покоя растений, аномально высокие температуры и недостаток влаги в период вегетации.

#### Объекты исследований.

В исследования вовлечён нетрадиционный мировой генофонд подсемейства *Prunoideae* Focke, включающий генотипы рода *Cerasus* Mill. – тетраплоидный ( $2n=4x=32$ , *Cerasus vulgaris*, сорт Шоколадница) и диплоидные виды ( $2n=2x=16$ , *Cerasus sachalinensis* (Fr. Schmidt) kom. et Aliss., видоые формы БГ – 30, *sargentii*; *C. serrulata* (Lindl.) G. Don, видоые формы *dr. Edwin Muller*; *C. lannesiana* №1 и *C. lannesiana* №2; *C. kurilensis* (Miyabe) Kaban. et Vorobiev, *C. incisa* (Thunb.) Loisel).

#### Методы исследований.

Изучение морфологических признаков пыльцы диплоидных видов проводили под электронным микроскопом НТАСНІ S – 405А при увеличении от  $\times 750$  до  $\times 3000$ . Изучение функциональных параметров (фертильности) пыльцы проводили методом ацетокарминового окрашивания под микроскопом «Биолар» (объектив  $\times 20$ , окуляр  $\times 15$ ) с использованием стандартной методики [9].

Влияние эффективности воздействия физических факторов оценивали по оплодотворяющей способности мужских гамет, использованных при отдаленной гибридизации. По характеру воздействия физических факторов испытывали следующие варианты: 1 – катодная фракция, 3 – анодная фракция, 3 – обработанная лазером, 4 – обработанная ультрафиолетовыми лучами (УФ), 5 – обработанная в магнитном поле, 6 контроль – без обработки [10].

Катодная и анодная фракции пыльцы были получены путем электросепарирования гаметофитов в электростатическом поле высокой напряженности ( $8 - 10^5$  в/м); обработка лазером осуществлена на установке ЛГН – 208, экспозиция 34 сек.; обработка УФ – лампой ПРК – 2, экспозиция 21 мин.; магнитное поле имело напряженность 64 000 А/м, экспозиция 34 мин.

Семена, полученные в результате опыления пестиков цветков сорта Шоколадница пыльцой

отдаленных форм видов *C. sachalinensis* и *C. serrulata*, обработанной физическими факторами, стратифицировали по принятой технологии [11].

Экспериментальный материал обработан методом дисперсионного анализа [6] с использованием компьютерной программы Excel.

#### Результаты исследований

Исследования показали, что видоые формы диплоидных видов: *Cerasus sachalinensis* (Fr. Schmidt) kom. et Aliss., *C. serrulata* (Lindl.) G. Don, *C. lannesiana*; *C. kurilensis* (Miyabe) Kaban. et Vorobiev, *C. incisa* (Thunb.) Loisel имеют пыльцу, характерную для всех представителей рода *Cerasus* Mill. [III 11]. Типичные предположительно фертильные пыльцевые зёрна 3-бороздно-оровые, сплюсненно-шаровидные, сплюснутые с полюсов. Борозды длинные, щелевидные, почти сходящиеся на полюсах. В очертании с полюса – округлые или округло-треугольные, с экватора – широкоэллиптические. Оры расположены на экваторе, крупные, наружные их края образуют конический выступ. Очертания ор в плане с экватора почти округлые. Скульптура экины сетчатая, шиповатая, бугорчатая или редко совсем без скульптуры. Текстура пятнистая.

Встречаются пыльцевые зёрна очень крупные, превосходящие по размерам типичные, но имеющие разную форму: шаровидные, 3-бороздно-оровые, 4-бороздно-оровые (в очертании с полюса четырёхугольные квадратные округло угловатые) и 5-бороздно-оровые (в очертании с полюса пятиугольные округло угловатые). В таких пыльцевых зёрнах содержится, предположительно, нередуцированное число хромосом родителя.

Нетипичные, предположительно стерильные пыльцевые зёрна, часто бывают мельче типичных. В очертании с экватора – сплюсненно сфероидальные, вытянутые к полюсам; борозды длинные, оры нетипичные или не просматриваются, часто находятся на полюсах. Скульптура слабо заметная. Иногда у стерильных пыльцевых зёрен не наблюдали ни борозд, ни пор, ни ор. Изученные морфологические признаки пыльцы учитывали в дальнейшем при оценке её фертильности.

Учеты количества жизнеспособных и нежизнеспособных пыльцевых зерен показали некоторые различия в зависимости от видовой формы и варианта воздействия физического фактора.

У видовой формы *C. sachalinensis* БГ – 30 в среднем за два года фертильность пыльцы в контрольном варианте составила 91,12 %. В лучшую сторону по сравнению с контрольным достоверно выделились варианты: «лазер» (98,47 %), «катод» (97,54 %) и «УФ» (95,28 %). Достоверно ниже кон-

трольного фертильность пыльцы в варианте «анод» (75,21 %). Не отличалась достоверно от контроля фертильность варианта «магнит» (91,32 %).

Достоверное превышение числа жизнеспособных пыльцевых зёрен в вариантах «катод», «анод», «лазер» и «УФ» по сравнению с контролем (87,25 %) выявлено у видовой формы *C. sachalinensis sargentii* (соответственно 91,09 %, 88,43 %, 88,65 % и 94,78 %). В худшую сторону выделился вариант «магнит» (84,15 %).

В среднем для видовых форм *C. sachalinensis* за годы исследований достоверно установлено преимущество по сравнению с контролем (89,20 %) вариантов «катод», «лазер» и «УФ» (соответственно 94,65 %, 96,27 % и 94,33 %). Не имеет существенных различий с контролем вариант «магнит» (84,26 %), значительно ниже контроля варианты «анод» и «нейтральная» (80,13 % и 67,16 % соответственно). Методом дисперсионного анализа установлено, что фертильность пыльцы видовых форм *C. sachalinensis* существенно зависит от воздействующих на неё физических факторов (доля влияния 55,81 %). Генетико-биологические особенности видовых форм значительно меньше влияют на фертильность (доля влияния 37,26 %). Определяющее влияние оказывают погодные условия формирования мужских гамет (влияние года – 39,69 %).

У видовой формы *C. serrulata dr. Edwin Muller* в среднем за годы исследований по количеству фертильных пыльцевых зёрен достоверно превышают контроль (88,13 %) варианты: «катод» (94,43 %), «лазер» (98,12 %) и «УФ» (93,28 %). Однако в разные годы ультрафиолетовое облучение по-разному влияло на фертильность пыльцы: в 2010 году фертильность пыльцы варианта «УФ» была значительно ниже контроля (81,14 % против 86,18 %), а в 2011 году – выше (96,75 % против 90,87 %). На уровне контрольного была фертильность в варианте «магнит». Значительно ниже контрольного фертильность пыльцы в вариантах «анод» (71,74 %) и «нейтральная» (63,72 %).

У видовой формы *C. serrulata lannesiana* № 1 в среднем за годы исследований фертильных пыльцевых зёрен была достоверно меньшей по сравнению с контролем (84,64 %) в вариантах «анод» и «нейтральная» (соответственно 79,71 % и 61,36 %). Некоторое превышение по фертильности показал вариант «катод» (87,88 %). У *C. serrulata lannesiana* № 2 незначительное превышение контроля по фертильности показал вариант «катод» (95,81 %), остальные варианты уступали контролю. У *C. serrulata Hally Tolivetta* в лучшую сторону выделились варианты «катод» и «лазер» (соответственно

95,84 % и 91,67 % против 89,85 % в контроле), в худшую – все другие варианты.

Для видовых форм вида *C. serrulata* в среднем за годы исследований преимущество по сравнению с контролем (89,12 %) имел вариант «катод» (92,75 %). Не дал существенных различий с контролем вариант «лазер» (89,11 %). Значительно ниже контроля были остальные варианты. Установлено, что фертильность пыльцы всех видовых форм *C. serrulata* существенно зависит от воздействующих физических факторов (влияние 43,01 %), значительно меньше – от генотипических особенностей видовых форм (доля влияния 14,48 %). В то же время на фертильность пыльцы по вариантам в различные годы оказывают влияние погодные условия формирования мужских гамет (влияние года – 47,47 %) и адаптивность видовых форм к климатическим условиям (доля влияния 35,73 %).

Для всех форм видов *C. sachalinensis* и *C. serrulata* в целом характерно наличие достаточно большого количества нежизнеспособных пыльцевых зёрен в вариантах «нейтральная» (фертильной пыльцы – всего 74,61 %) и «анод» (фертильной пыльцы – всего 79,21 %). Преимущество по фертильности в сравнении с контролем наблюдали в вариантах «катод» и «лазер» (соответственно 89,24 % и 88,36 %). Установлено достоверно большее влияние воздействующего физического фактора (доля влияния 48,11 %) по сравнению с влиянием генотипов видовых форм (доля влияния 6,10 %). Выявлены влияния условий года на фертильность пыльцы видов (доля влияния 52,62 %) и видовых форм (11,77 %). Фертильность пыльцы зависит от эффекта взаимодействия «видовая форма – год» на 21,83 %, а также от варианта воздействия физических факторов (доля влияния 63,52 %).

Оплодотворяющую способность мужских гамет некоторых видовых форм *C. sachalinensis* и *C. serrulata* в зависимости от варианта обработки физическими факторами исследовали в комбинациях отдаленной гибридизации с сортом вишни обыкновенной Шоколадница (таблица 1). Как видно из таблицы 1, семена были получены во всех гибридных комбинациях. Это свидетельствует о том, что во всех изученных вариантах воздействий физическими факторами на мужские гаметофиты жизнеспособной пыльцы достаточно для оплодотворения при гибридизации. Количество полученных семян зависело от варианта обработки мужских гамет физическими факторами. Обращает на себя внимание факт образования довольно большого числа гибридных семян в контрольном варианте (10,89 – 14,79 %).

Таблица 1.

Выход гибридных семян в зависимости от варианта воздействия физических факторов на мужские гаметы при отдаленной гибридизации вишни, 1995 – 2010 г.

Материнская форма	Отцовская форма	% полученных семян, варианты					
		катод	анод	лазер	УФ	магнит	конт-роль
Cerasus vulgaris сорт Шоколад-ница	C. sachalinensis БГ-30	13,38	9,49*	18,82*	8,65*	8,39*	14,79
	C. serrulata lannesiana №1	9,37	6,28*	16,27*	8,13*	9,12	10,89
	C. serrulata lannesiana №2	11,31	9,24	14,58*	12,22*	7,36*	10,18

\* существенная разница с контролем при P = 0,95

Таблица 2.

Выход гибридных сеянцев в зависимости от варианта воздействия физическими факторами на мужские гаметы при использовании в качестве материнского родителя сорта Шоколадница (2n = 4x), 1996 – 2011 гг.

Материнская форма	Отцовская форма	выращено сеянцев от числа полученных семян (%), варианты					
		катод	анод	лазер	УФ	магнит	конт-роль
Cerasus vulgaris сорт Шоколадница	C. sachalinensis БГ-30	4,04*	1,16	7,66**	1,60	4,54*	2,06
	C. serrulata lannesiana №1	4,10	4,99	11,72**	7,73*	0,95**	4,76
	C. serrulata lannesiana №2	5,38*	2,76**	19,79**	1,61**	0,89**	7,26
В среднем:		4,20	2,50	11,38**	4,91	3,43	4,23

\* – существенная разница с контролем при P = 0,95

\*\* – существенная разница с контролем при P = 0,99

Устойчивое преимущество, в сравнении с контролем, по числу образовавшихся семян во всех исследовавшихся комбинациях сорта Шоколадница с видовыми формами получено в варианте с обработкой лазером: 18,82 % семян против 14,79 % в контроле – для *C. sachalinensis* БГ-30, 16,27 % против 10,89 % – для *C. serrulata lannesiana* № 1 и 14,58 % против 10,18 % – для *C. serrulata lannesiana* №2. Вариант “катод” оказался на уровне контроля во всех комбинациях скрещиваний: 13,38 % для *C. sachalinensis* БГ-30, 9,37 % – для *C. serrulata lannesiana* № 1 и 11,31 % – для *C. serrulata lannesiana* №2. Все остальные варианты в комбинациях с видовыми формами уступали контролю. При опылении пыльцой варианта “УФ” *C. serrulata lannesiana* № 2 получено 12,22 % семян, что достоверно больше, чем в контроле.

Сравнительное изучение качества семян по их всхожести в зависимости от варианта обработки пыльцы показано в таблице 2. Из семян, полученных при опылении сорта пыльцой варианта «лазер», в среднем из всех видовых форм выращено 11,38 % сеянцев, что значительно больше контроля 4,23 %.

Воздействие лазерными лучами на пыльцу каждой из видовых форм способствовало получению наибольшего количества сеянцев: для видовой формы *C. sachalinensis* БГ-30 – 7,66 % против 2,06 % в

контроле; для *C. serrulata lannesiana* № 1 – 11,72 % против 4,76 % в контроле; для *C. serrulata lannesiana* № 2 – 19,79 % против 7,26 в контроле.

Устойчивое положительное влияние на число выращенных сеянцев выявлено в вариантах: «УФ» для формы *C. serrulata lannesiana* №1 – 7,73 %; “катод” и “магнит” для *C. sachalinensis* БГ-30 соответственно 4,04 % и 4,54 %. Воздействие физических факторов на пыльцу вида *C. serrulata lannesiana* № 2 отрицательно повлияло на качество семян и выход гибридных сеянцев во всех (кроме «лазера») вариантах воздействия.

### Выводы

1. Типичные фертильные пыльцевые зёрна видовых форм диплоидных видов: *Cerasus sachalinensis* (Fr. Schmidt) kom. et Aliss., *C. serrulata* (Lindl.) G. Don, *C. lannesiana*; *C. kurilensis* (Miyabe) Kaban. et Vorobiev, *C. incisa* (Thunb.) Loisel 3-бороздно-оровые, сплюсненно-шаровидные, сплюснутые с полюсов. Борозды длинные, щелевидные, почти сходящиеся на полюсах.

2. Показана более высокая фертильность пыльцы катодной фракции видовых форм диплоидных видов *C. sachalinensis* и *C. serrulata*. У видовых форм *C. sachalinensis* повышенная по сравнению с контролем фертильность пыльцы выявлена в вари-

антах «лазер» и «УФ», близок к контролю «магнит».

3. Лазерное облучение мужских гамет отдалённых диплоидных видов *C. sachalinensis* и *C. serrulata*, а также ультрафиолетовое облучение – видовой формы *C. serrulata lannesiana* № 2 стимулирует их оплодотворяющую способность и способствует получению большего числа гибридных семян при отдаленной гибридизации с тетраплоидным видом *Cerasus vulgaris* (сорт Шоколадница) по сравнению

с контролем и другими вариантами.

4. Большее число гибридных сеянцев получено при лазерном облучении мужских гамет отдалённых диплоидных видов *C. sachalinensis* и *C. serrulata*, а также при ультрафиолетовом облучении гамет видовой формы *C. serrulata lannesiana* № 1, использовании катодной фракции гамет и магнитном воздействии на гаметы видовой формы *C. sachalinensis* БГ-30.

#### Библиографический список

1. Вебер Х. Лазеры. М.: Наука и искусство, 1964. С. 60-61. (IV, 6).
2. Гаряев П.П. Волновой геном. Энциклопедия русской мысли. М., 1994. Т. “Общественная польза”. 280 с. (IV, 7).
3. Гурздян Г. Г. Механизм инактивирующего действия лазерного ультрафиолетового излучения на вирусы и бактериальные плазмиды. Биофизика. 1981. Т.26. № 4. С. 659-663. (IV, 10).
4. Девятков Н.Д. Результаты и задачи использования лазерного излучения для стимуляции и мутагенеза растений. Проблемы фотоэнергетики растений. 1978. Вып.5. С. 129-135. (IV, 11).
5. Джигадло М.И. Использование физических и химических воздействий на генеративные структуры плодовых растений с целью интенсификации селекционного процесса: методич. рекомендации. М.И. Джигадло, Г.А. Седышева, Е.Н. Джигадло. Орёл: ВНИИСПК, 2008. 52 с. (IV, 12).
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 2-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1985. 352 с.
7. Инюшин В. М. Поляризация и когерентность как факторы нефотосинтетического и фотосинтетического действия световой энергии в растениях. Проблемы фотоэнергетики растений. Кишинев, 1974. С. 29-42. (IV, 14)
8. Остапенко В.И. Биоэлектрические свойства пыльцы и семян некоторых плодовых культур. В.И.Остапенко, С.Д.Рыжков. Бюл. ЦГЛ им. И.В. Мичурина. 1967. Т. 9. С. 64-67. (IV, 24).
9. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. М.: Колос, 1980. 304 с.
10. Программа и методика биофизических исследований плодовых растений. Мичуринск, 1977. 120 с.
11. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК, 1995 г. 502 с.
12. Рудь Г.Я. Применение лазерного облучения в селекционно-генетических исследованиях. Г.Я. Рудь, О.В. Бляндур, Ю.В. Когут./ 6 Всесоюзная конф. по фотоэнергетике растений. Кишинев, 1974. С.89-90. (IV, 30).
13. Франк Г.М. Сборник работ по биологическому действию ультрафиолетовых лучей. М., 1939. С 105-106. (IV, 35)
14. Herrero M.P., Johnson R.R. High temperature stress and pollen viability of maize. // Crop. Sci. 1980. V. 20. № 6. P. 796 - 800.
15. Johri B.V., Shivanna K.R. Differential behaviour of 2 and 3-celled pollen. // Phytomorphology. 1977. V. 27. № 1. P. 98-106.
16. Kumar O. Aniel et al. Pollen morphological studies in Capsicum - II. Interspecific hybrids, induced tetraploids and desynapsis mutants. // Geophytology. 1987. V. 17. № 1. P. 1 - 11.
17. Pfahler P.L., Linskens H.F., Mulcahy D.L. Effect of pollen ultraviolet radiation on the abortion frequency and segregation patterns at various endosperm mutant loci in maize ( *Zea mays* L. ). // Environ. & Exper. Bot. 1981. V. 21. P. 5 - 11. (44 - III)

I.E. FEDOTOVA

#### USING OF PRECISION METHODS FOR ACCELERATION AND INCREASE OF GRADES AND CHERRY STOCKS SELECTION EFFICIENCY

*In work results of the remote hybridization optimization technology tetraploid ( $2n=4x=32$ ) a type of cherry ordinary with diploidic ( $2n=2x=16$ ) the remote types of *C. sachalinensis* and *C. serrulata* when using methods of gametny selection are presented. For all specific forms expediency of stimulating laser radiation on pollen, for the *C. serrulata lannesiana* No. 1 form — ultra-violet radiation is shown. For the BG-30 *C. sachalinensis* form is admissible to use cathodic fractions of pollen and magnetic impact on pollen.*

*Key words: cherry ordinary, diploidic types, remote hybrids, precision method of gametny selection, biophysical factors.*



# ГЕОГРАФИЯ

**А.М. САРАЕВА**

кандидат педагогических наук, профессор, зав.  
кафедрой географии Орловского государственного университета

E-mail: [amsaraeva-osu@yandex.ru](mailto:amsaraeva-osu@yandex.ru)

Тел. 8 903 880 48 17

## ТОПОНИМИКА ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ\*

*В статье рассматриваются вопросы топонимики в процессе изучения географии. Предлагается существующее в современной науке определение топонимики. Анализируются топонимические названия географических объектов Орловской области.*

*Ключевые слова:* топоним, топонимика, география, топонимика Орловской области.

Без преувеличения можно сказать, что мы живем в мире географических названий. Ученые давно обратили внимание на долговечность названий. Вымирают народы, исчезают языки, а названия продолжают жить, хотя и не остаются неизменными: с течением времени изменяется их звучание, написание, а иногда и смысловое значение. И новые поколения пользуются названиями, зачастую не зная ни языка, на котором они когда-то были даны, ни их значения. Пытливый человеческий разум не может мириться с таким положением, и люди издавна стремились понять окружающие их имена. Но без надлежащей подготовки далеко не во всех случаях удастся раскрыть смысл названий, возникших в далеком прошлом, на чуждых, нередко уже мертвых языках. В наши дни географические названия являются предметом изучения специальной науки – топонимики, которая обеспечивает правильный, объективный подход к их происхождению и смысловому значению.

Топонимика – наука о географических названиях, объясняющая, откуда произошло то или иное название и какой смысл в нем заключается (от греч. «топос» – место, «онима» – имя). Традиция обращения к топонимике в процессе историко-географических исследований восходит к античному времени, а в нашей стране – к трудам В.Н. Татищева. Еще в 19 в. русский географ Н.И. Надеждин писал: «Земля есть книга, где история человеческая записывается в географической номенклатуре»<sup>1</sup>.

Значение топонимики как науки не ограничивается объяснением смыслового содержания названий. Это ее очень важная задача, но далеко не единственная.

Каждый топоним несет разнообразную ин-

<sup>1</sup> Поспелов Е.М. Топонимика и картография. М. «Мысль», 1971. С. 220.

\* Научно-исследовательская работа проводится в рамках Государственного задания Министерства образования и науки РФ, проект №4. 4544. 2011 «Устойчивое развитие биосферы Приокского региона Центральной России в условиях изменяющейся окружающей среды».



ски, их происхождение тесно связано с общественной жизнью и языками народов, населявших те или иные местности.

В течение тысячелетий менялись исторические условия, языки и народы; поэтому ни в одной стране нет единообразной географической номенклатуры. Она создавалась постепенно и является многослойным образованием, всегда состоящим из разновозрастных и разноязычных элементов, искаженных временем, измененных в результате воздействия новых языков.

Если совершить путешествие по карте Орловской области, то можно обнаружить много любопытных названий городов, деревень, рек и т.д.

Орловская область – один из районов раннего славянского заселения. Уже в «Повести временных лет» указывается, что территория по Оке была занята славянами вятичами и в 10 в. вошла в состав Черниговского княжества. В 13 в. край запустел в связи с нашествием татаро-монголов и превратился в дикое поле. С 16 в. этот край вновь стал заселяться и был включен в границы Московского государства. Начали основываться оборонительные крепости: одной из них и стал город Орел, возникший в 1566 г. на основе поселка, расположенного при впадении Орлика в Оку.

Город Орел – центр Орловской области. Был построен в середине 16 в. Само слово «город» в своем первоначальном древнерусском значении – «ограда». В те времена городами называли селения, укрепленные оградой, которая обычно состояла из рва, земляного вала, деревянного частокола. Город Орел был основан в 1566 г. как крепость для защиты русского государства от набегов степных кочевников. Существует легенда о том, как возник город. Однажды, гласит легенда, после удачного набега на русские земли, татарский хан остановился на кургане у реки Оки. Вдруг он заметил гнездо. Хан решил посмотреть, что за птица живет в нем, но в это время над ним раздался грозный крик, хан поднял голову и увидел, что на него с высоты несется грозный орел. Хан выпустил стрелу. Раненый орел устремился на свою жертву. Татары бежали с кургана. Царь Иван Грозный услышал о смелой птице и повелел поставить над Окою крепость. Нарекли ее Орлом. Существует и другая легенда: легенда о дубе, росшем на намеченном для города месте, где было орлиное гнездо, и орел поднялся с него при первом ударе топора. Историки считают, что город получил свое название от реки Орел (теперь Орлик). Орель – это тюрское название, которое в переводе на русский язык означает «угол». Река Орел (в прошлом Орель) при впадении в Оку образует угол, развилку. В тюрском языке это было

«алрылы» – образующая угол, а «орелка» во многих местностях России означает «возвышенность среди пойменного луга», «цепь высоких холмов в пойме реки». Впоследствии же в языке славян в результате звуковых изменений река стала называться Арлы. В живом произношении она превратилась в Арел, а на письме в Орел. Причиной превращения р. Орел в Орлик стало появление другого объекта с таким же названием – сам город. В языке должна была произойти дифференциация, т.е. разграничение названий, и она произошла при помощи суффикса «ик». Город рос, увеличивался, а река становилась меньше, и поэтому суффикс «ик», имеющий в русском языке уменьшительное значение, присоединился к названию реки, а не города.

Город Ливны – второй по величине город Орловской области. Название получил от реки Ливны, а последняя, по утверждению известного историка Г. Пясецкого, от древнего кочевого финского племени ливов. Или от старопольского «залев» – пойма, наводнение, или от слова «ливада», «невада» – луговое понижение на пойменных участках мелких рек.

г. Мценск: Существует несколько точек зрения на происхождения названия города. Так П.И. Якоби подчеркивает, что город раньше назывался по-разному: Мьченек, Мечьненск. Впервые он упоминался в 1147 г. как Мьчененск. В говоре – Амченск. Название было дано р. Мецне, на которой и стоит город. К этому нужно добавить, что у реки Свапы, разделяющей Орловскую и Курскую область, есть приток Мицень, существует «в восточно-финском крае» и множество других речек с тем же корнем. Все они текут в местности, славившейся когда-то своими лесами. В финском языке слово «метсян» означает «лесной».

г. Дмитровск: образован Екатериной II в 1782 г. из села, принадлежащего некогда князю Кантемиру.

г. Малоархангельск: город был образован при Екатерине II из села Архангельское. Чтобы не путать с городом Архангельском, прибавили приставку «мало».

г. Болхов: Если сопоставить Болхов с г. Болгое Тверской области, то можно происхождения г. Болхова объяснить так: возможна связь с восточно-славянским словом «болог» или со славянским «влага».

г. Новосиль: В книге «Сказание современников о Дмитрие-самозванце», изданной еще в 1832 г., приложена уникальная карта России, составленная в нач. 17 в. по чертежу царевича Федора Борисовича Годунова. Карта составлена на латыни. На карте показана географическая сетка с линиями через 5 градусов и с начальным меридианом не от Гринвича,

а от Ферро (самый западный остров в группе Канарских островов, расположенных у западных берегов Африки). Меридиан, проходящий через этот остров, принимался за начальный при составлении карт 16-17 столетий. Это делалось, чтобы долготы пунктов в Европе были восточными, т.е. всегда выражались положительными числами. Год составления карты 1614-й. На карте нанесены и подписаны города: Tult – Тула, Woronicz – Воронеж, Livina – Ливны, Arol – Орел и, наконец, Navawasily. Значит, не Новосиль, а Новавасилий. Ново – «новый». Но был ли город такой – Василий? Умерший в 1015 году Киевский князь Владимир Святославович (по прозвищу «Красное Солнышко») оставил о себе большую память мерами по укреплению Киевского государства. Одной из таких мер было введение на Руси Христианства. Он построил недалеко от Киева на р. Стугне город Василев. Но почему Василев? С введением христианства были введены и христианские праздники. Одним из таких был праздник в честь весьма почитаемого деятеля христианской церкви Василия Великого. И город Василев был назван в память святого христианской церкви Василия Великого. Основателем Новосила является Юрий Долгорукий. Можно предположить, что либо он сам, либо воевода, которому было поручено устройство нового города, был происхождением из г. Василева и назвал новый город именем своего города, добавив приставку «ново». Так уж получилось, что со временем полное название города Нововасилий сменилось сокращенным Новосиль.

Никонов считает, что название города едва ли образовано из «новое село», т.к. необъясним переход Е в И на территории, где слово «село» общепотребимо в живой речи. В древнерусском языке слово «сить» – «камышовая» (в русских диалектах «ситник» – «камыш», «сита» – «куга», т.е. болотное растение тростникового вида).

г. Кромы: Существует несколько гипотез. По р. Крома, т.е. «край, рубежная полоса, граница». И действительно, в 12 в. кромская земля была крайней по отношению к Черниговскому, а затем и Новгород-Северскому княжеству. Но нельзя обойти и другое толкование: Кромы образованы от слова «кремль». Слово «кремль» является древнерусским и означает «крепость внутри города». Как же тогда «кремль» дал слово «Кромы»? По мнению ученых, это возможно, т.к. люди стремятся произносить слова как можно короче. М.В. Горбаневский и В.Ю. Дукельский в своей книге «По городам и весям Золотого кольца» пишут, что слово «кремль; кремник, кром» родственны слову «крома». Не значит ли это, что Кромы несут в себе двойное толкование, т.е. как «дальняя, расположенная на границе крепость». И. Забелин привлекает

для объяснения слово «укромный», т.е. скрытый.

п. Змеевка: В.А. Никонов, объясняя название реки Нерис, текущей в Литве, так пишет: Литовское Нарыс – «змеяка». Но рядом со Змиевкой протекает река Неручь, которая и дала название поселку.

п. Колпна: возможно, из славянского «колпь» – один из видов цапли.

п. Залегощь: В Кромском районе есть село Легощь, тогда «за» станет приставкой. Основу «гошь» ученые выводят из тотского «гаст» – гость, купец. Но можно связать и со славянским «гозд, гоща» – лес.

п. Верховье: славянское название. Назван так потому, что находится в месте на водоразделе, откуда начинаются реки, текущие в Зушу и Сосну. Исток рек и до сих пор называется верхом. Как правило, балки, овраги, откуда берут свое начало ручьи, имеют в своем названии указательное прилагательное. Так в Орловской области есть Каменный верх, в Троснянском районе – Сухая Вершина, в Кромском районе – Добрый верх.

с. Шаблыкино: в древне-тюрском языке вода обозначается словом «Саба», «Лык» – есть тюрский суффикс. Обобщенно можно сказать, что Шаблыкино – это село, расположенное на воде.

с. Сосково: Раньше называлось Щир, по названию протекающей там реки. В некоторых до-революционных названиях написано: Сарьково. Возможно, название пошло от финского слова «Сосе, Сосин» – болото, грязь. В тюрском языке есть слово «Сасык» – издающий гнилостный запах.

с. Корсаково: когда-то село Корсаково принадлежало Римским-Корсаковым. Здесь было 2 храма: первый во имя преподобного Пафнутия Боровского построен в 1795 г. на средства помещика Петра Михайловича Римского-Корсакова, второй – во имя праведных Иокима и Анны построен в 1820 г. Николаем Петровичем. Село образовано помещиками Корсаковыми. Эндземин указывал на то, что с. Корсаково и г. Курск имеют общую основу в своем названии. Балто-славянское слово «корс» – просека.

Лес Зубер: зубрина, щербина, засечка. И действительно, лес похож на пилу, у которой выщерблен один-два «зуба».

л. Рогатый: лес расположен по двум оврагам, расходящимся в разные стороны.

л. Репный: от слова «репей» или «репаться» – лопаться, трескаться.

л. Становой: от слова «стан» – место, где останавливались.

Мурашихинский лес (Малоархангельский р-н): название связано с легендой. Был такой человек Мураш. Богачи считали его разбойником, т.к. он их грабил, а бедняки – благодетелем, т.к. все на-

грабленное имущество он отдавал нуждающимся людям. Царские стражники пытались его поймать, но Мураш был неуловим. Он прятался в лесу, который народ и окрестил его именем.

Сычин лес (Сосковский р-н): назван по ручью Сычик, вытекающему из заболоченной части леса. Возможно и от слова «сочиться». Если посмотреть старые карты, то там лес пишется «Сычий». Очевидно, от обилия сычей – ночных хищных птиц.

Пахотные землепользования и населенные пункты на месте лесов, степей носят теперь названия белых ландшафтных урочищ, например: Липник, Липовец – лесные урочища с преобладанием липы, Лог Вязовик.

Сафронов Лог (Сосковский р-н): расположен там, где когда-то проходила по водоразделу в направлении Кром бойкая торговая дорога. Рядом с логом высотка, которая зовется Девять дубов. Видимо, здесь в давние времена находился сторожевой пост. Когда-то Иван Грозный приказал создать южную пограничную засеку и для этого построить крепость Кромы. Вот на этих огромных девяти дубах располагался наблюдательный пункт. В старых планах название пишется «Схорон лог».

«Схорон» – хоронить, прятать, укрываться. Вероятно, в Сафроновом логоу была землянка, или изба, где был отряд сторожевых людей. Позднее слово «схорон» трансформировалось и стало звучать как «сафрон». От славянского слова «схорон» – тайник и произошло название Сафронов Лог.

В Орловской области встречаются такие объекты, названия которых связаны с легендами. Например, д. Ветренка и д. Крапивка. Жил богатый крестьянин. У него были разбалованные сыновья. Когда они поженились, то отец выделил им участок земли для ведения хозяйства. Но их безалаберность и лень волновали хозяйственного старика, и он часто говорил соседям: – Сыновья мои никуда не годны. Один ветренный, ему бы только гулять да пить; а другого надо сечь крапивой, чтобы из него толк вышел. С тех пор места, где жили непутевые сыновья, стали так называть.

с. Глотова (Знаменский р-н): Была легенда, что здесь разбойники «глотали» (грабили) проезжих.

с. Девять дубов (Хотынецкий р-н): считалось, что именно здесь произошел поединок Ильи Муромца с Соловьем-Разбойником.

Орловская область богата реками. Названия рек давно привлекают внимание топонимистов. В результате накопленных в течение длительного времени наблюдений выявились некоторые закономерности. Давно было замечено, что самые крупные реки обычно носят названия наиболее древнего происхождения, а небольшие реки чаще

всего имеют поздние названия. Пример, р. Ока: происхождение и смысловое значение названия относят к самому нижнему топонимическому слою, оставленному древнейшими финно-угорскими неолитическими племенами, жившими в 3 – 2 тыс. до н.э. В начале 2 тыс. последние представители этих народов (меряне) смешались со славянами. Существует несколько гипотез по поводу названия реки Оки. Наиболее вязкая из них от финского «йокки» – река. Существуют и другие гипотезы: от германского «аһа» – вода, литовского «ака» – источник, литовского «akis» – глаз. И другое предположение: Ока начинается двумя небольшими озерками, «оками», так что можно понимать название не в единственном смысле, а как множественное число «ока» в смысле «оки», т.е. глаза.

В русской топонимии существует тесная связь между названиями рек и населенных пунктов. Это обусловлено, прежде всего, взаимосвязью с их географическим положением. Как известно, учитывая хозяйственное значение рек, люди издавна стремились размещать свои селения на их берегах, чаще всего в местах слияния рек. Селения, возникавшие на реках, как правило, получали имена, образованные от названий рек. Например, п. Любовша по р. Любовша, с. Фошня по р. Фошня, д. Березуй по р. Березуй.

р. Любовша: существует такая легенда. В один из набегов на Русь татары захватили большую добычу. Они везли в орду награбленное добро, вели на чужбину сотню пленников. Среди них была девушка Любаша. Ее хотели подарить самому хану. Но во время переправы пленница с крутого берега бросилась в реку. С той поры реку стали называть Любашей, что значит «Любашина река».

р. Сосна: ранее называлась Созона. Связана с финским словом «созон» – грязь, болото. В древнеславянском языке слово «сосе» – болото, грязь, а «цна» – узкий. С течением времени словосочетание «сосецна» постепенно трансформировалось в слово Сосна.

р. Марица: поселение финского племени мари.

В Орловской области немало рек, названия которых начинаются с «не». Например, р. Неручь – левый приток Зуши. Некоторые объясняют название так: не река. Но река могла получить свое толкование из литовского слова «нарыс» – змейка. Такой же подход можно осуществить и к р. Нерусса.

П.И. Якоби говорит и о такой стороне «не» – как отрицательное указание по отношению к национальности: Нерусса – не русская река по отношению к русскому населению. Немарь – не мерская, т.е. не принадлежащая племени Меря.

Малая Нерусса и Несса. Музалев (автор книги

«Дмитровск») отмечал, что они имеют сильно заболоченную пойму. Не означает ли это, что гидроним Несса получил свое название от финского слова «Сосе, Сосен» – болото, грязь. А может быть, из тюрского «су» – вода (не исключено, т.е. приток Неруссы – Осмонька, явно тюрское слово). Тогда «Несса» – малая вода.

р. Неполодь: неполноводная.

р. Неживка: С. Ожегов объясняет название так: слово «нежить» в русской мифологии – фантастические существа (лешии, русалки и т.д.). Нашему объяснению поможет следующее: недалеко от места впадения р. Неживки в р. Крома впадает и р. Лешенка. Есть в Кромском районе и Русалочья поляна.

р. Недны: нет дна. В сев.-вост. Руси есть г. Ростов, который стоит на оз. Неро. Историк М.Н. Тихомиров связал слово «Неро» с именем племени Меря. М. Раслир с марийским словом «нер» – мыс. Корсаков писал, что в ряде восточно-финских языков корень «нер, нюр» – вода, тонкое место.

На уроках географии топонимы используются для выяснения преобразования ландшафта под влиянием хозяйственной деятельности человека. В далекие времена Орловщина славилась не только громадными лесами, но и обширными гнилыми болотами, спрятанными среди лесов. Ни пеший, ни конный не мог пробраться через гиблые топи. И названия орловских деревень отразили былую заболоченность нашего края – Болотово, Гнилое Болото, Гнилище, Моховое, Топки.

Встречаются на Орловщине названия, связанные с флорой и фауной. Использованы почти все (около 40) названий пород деревьев, типичных для среднерусской полосы, а также названия кустарников, трав, злаков, хотя встречаются редко. Народ никогда не давал имена населенным пунктам без причины, и древние летописи подтверждают, что когда-то на Орловщине водилось множество бобров. Отсюда названия населенных пунктов, где водились эти ценные пушные зверьки, – Бобровка, Бобрики, Бобрик, Бобрец. Водились в изобилии и туры в нашей области, о чем свидетельствует название ряда населенных пунктов – Турья, Турьи, Туровка. Еще топонимы, связанные с названиями из области фауны: с. Медвежка, д. Коты, с. Петухи, д. Грачи,

с. Комари, с. Щучье, с. Барсуки, с. Змиево, с. Зубари.

В далекие времена Орловщина славилась обширными дремучими лесами. Когда-то в нашем крае росли обширные дубовые леса, отсюда деревни с названиями: Дубы, Дубровки, Дубок. Д. Красова – когда-то территорию занимал красный (хвойный) лес. Сейчас от него остались лишь названия: Красный стан, д. Красова, Алешня – первоначально она называлась Олешня – слова «Ольха»: ольховыми зарослями некогда была покрыта вся эта местность. С. Боровое – в окрестностях были лесные казенные дачи – остаток обширного старинного бора. И такие топонимы, связанные с расположением у фауны, как: с. Сосенка, Смородинка, Борки (бор – хвойный лес), Крапивенка, Березник, Моховое, Липки, п. Ягодный.

Раскрывая этимологию указанных топонимов и показывая современное состояние ландшафта области, учитель подводит учащихся к выводу, что преобразованная природная обстановка данной местности уже не соответствует смыслу топонимов, которые возникли несколько веков назад, и изменение ландшафта – это следствие хозяйственного преобразования природы людьми. В этом случае топонимы являются средством, с помощью которого глубже раскрывается учебный материал, облегчается его усвоение, развивается интерес к предмету. В связи с изучением экономики района, области, следует обратить внимание учащихся на возникновение поселков, названия которых указывают на род занятий жителей, например: д. Пушкарская, п. Егерский, д. Кузнецы, п. Крахмальный завод, п. Пенькозаводской, п. Стрелецкий, а также сел, названия которых связаны с историческими этапами развития страны, к ним относятся топонимы послеоктябрьского времени: Восход, Заря, Искра, Коммуна, Пробуждение, п. Дружба, п. Рассвет, п. Родной, п. Мирный, п. Светлый, п. Серебряный.

Можно сделать вывод, что благодаря таким справкам учащиеся получают вспомогательный материал для более глубокого понимания определенных географических фактов и что в их представлении устанавливается живая связь между явлением и обозначающим его словом, между именем и объектом, который это имя носит.

A.M. SARAeva

#### TOPONYMICS OF THE ORYOL REGION

*In article toponymics questions in educational process on geography are considered. Definition of toponymics existing in a modern science is offered. Toponymic names of geographical objects on geography of the Oryol region are analyzed.*

*Key words: toponym, toponymics, geography, toponymics of the Oryol region.*



**Л.Н. ТРОФИМЕЦ**

кандидат географических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры географии факультета естественных наук Орловского государственного университета  
E-mail: trofimetc\_l\_n@mail.ru  
Тел. 8 905 85 61 153

**Е.А. ПАНИДИ**

старший преподаватель кафедры картографии и геоинформатики Санкт-Петербургского государственного университета  
E-mail: panidi@yandex.ru

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ САМООЧИЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОЙМЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РЕКИ НУГРЬ НИЖЕ Г.БОЛХОВА\*

*Исследованы особенности горизонтальной и вертикальной миграции радиоизотопа цезия-137 в пойменных отложениях реки Нугрь. Показано, что слой пойменных отложений мощностью 0-20 см наименее загрязнен радиоизотопом на участках низкой поймы в прирусловой части и в местах «выхода» на пойму тальвегов логов со склонов долины. Максимум радиоактивности здесь – на глубине 25-30см. На высокой пойме максимум радиоактивности приурочен к слою 0-10 см и 50-55см. При сорбционной фиксации цезий-137 тяготеет к органической составляющей пойменных отложений.*

*Ключевые слова:* цезий-137, пойма реки Нугрь, гумус, тяжелые металлы, пойменные отложения, смыв, выход воды на пойму.

Экспериментальный участок представляет собой часть поймы реки Нугрь на левом берегу реки ниже города Болхова. Исследования проводились в 2009 – 2010 г.г. В основу анализа положены результаты радиологического анализа более чем 200 проб почвы.

Самоочищение пойменных образований происходит, по меньшей мере, двумя путями: размывом и сносом загрязненных образований, а также путем захоронения радиоактивного слоя под слоем наилка и под смытым со склонов долины почвенным материалом.

Смыв со склонов долины реки осуществляется наиболее интенсивно по понижениям в рельефе [6].

**Цель исследования** – выявить с помощью маркера – радиоизотопа цезия-137 (а также некоторых видов тяжелых металлов) особенности формирования участков с разной самоочищающей способностью поймы.

**Объект исследования** – пойменные отложения на экспериментальном участке поймы реки Нугрь.

Долинный комплекс реки Нугрь отличается большой высотой и крутизной склонов долины, испещренных понижениями в рельефе. Смыв со склонов долины реки осуществляется наиболее интенсивно по этим понижениям. Происхождение понижений может быть объяснено криогенными

процессами в поздневалдайское время (Алифанов, 2010) [1].

По Алифанову, происходившие в поздневалдайское время мерзлотные процессы привели к сильному растрескиванию почв и грунтов. Заполнение трещин льдом и мелкоземом в периоды потепления привело к возникновению полигонально-блочного микрорельефа. Трещины обусловили древовидный характер флювиальной эрозийной сети на склоновых поверхностях. Совмещение топографической карты и карты площади сбора, построенной методом Costa cabral [7], позволило установить, что блоки повышений и межблочные понижения имеют размеры соответственно 5м и 7м, 9м и 7м, 12м и 8м, 8 м и 5м, 27м и 8м (рис. 1). Н.Г. Гуматов с соавторами (1992) также считает, что варьирование свойств серой лесной почвы связано с древней блочно-полигональной структурой почвенного покрова с размерами полигонов 20-60м.

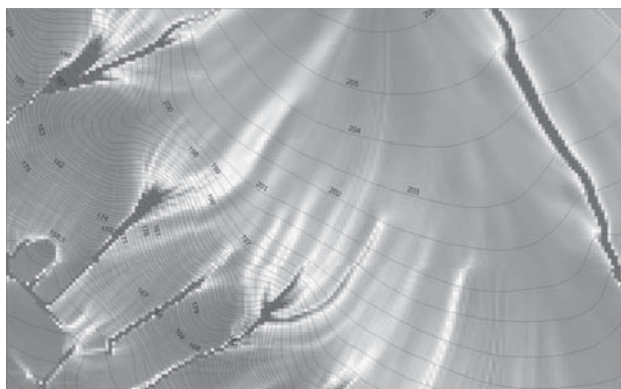
Пойма реки Нугрь устроена сложно. Ее широкая часть (в пределах экспериментального участка) достигает 200 метров, узкая на повороте реки практически отсутствует. Поворот русла реки обуславливает резкое изменение размывающей силы потока в период весеннего половодья и, как следствие, увеличивает вариабельность условий самоочищения поймы (рис.2).

\*Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ № 12-05-97511, гранта РГНФ № 12-16-57001.



**Материалы и методы исследования.** Основу исследования составили данные радиологического анализа проб почвы, отобранных в 2009-2010 г.г. Радиологический и химический анализ проб почвы осуществлялся в Центре химизации и сельскохозяйственной радиологии «Орловский». Исследуемые образцы пойменных отложений подвергались физико-химическому анализу для определения следующих характеристик: рН, гумус, а также содержания микроэлементов Zn, Cu, Pb. Использование ГИС позволило объяснить некоторые выявленные закономерности вертикального распределения радиоактивности пойменных отложений положением точки пробоотбора в рельефе.

**Результаты и их обсуждение.** Из рисунка 2 можно заключить, что основная зона размыва на пойме реки занимает пространство вблизи русла (в пределах 30 метров на протяжении 70 метров вниз по течению реки Нугрь). Именно в этой зоне сосредоточена основная масса точек с низкой активностью цезия-137 (30-400 Бк/кг). Причина, вероятно, в том, что именно в прирусловой части поймы, в пределах низкой поймы, происходит ежегодное затопление со смывом и выносом за пределы поймы загрязненных пойменных отложений. Цезий-137, как видно из рисунка 2, довольно четко маркирует это пространство пониженными значениями активности (30-400 Бк/кг при максимальной радиоактивности в пределах участка 1050 Бк/кг).

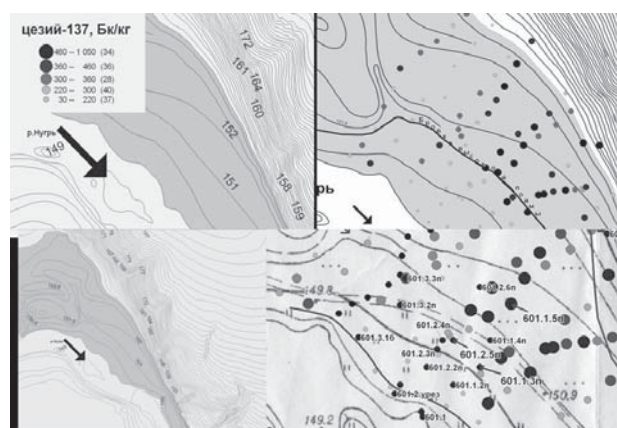


**Рис.1.** Карта площади сбора (в основу ее построения положены расчеты площади сбора по методу Costa-Cabral [7]) позволяет различить полигонально-блочную структуру склоновой поверхности долины реки Нугрь.

На рис.2 отчетливо видна полоса повышенной самоочищающей способности поймы в прирусловой ее части (низкая пойма). Повышенной самоочищающей способностью обладают также участки поймы, приуроченные к «выходам» логов (рис.3), где потоки высокой интенсивности размывают загрязненные пойменные отложения у основания склонов долины реки.

Из рис. 3 становится ясно, что пониженная активность цезия-137 отмечается на тех участках поймы у

основания склона долины, которые расположены в местах «выхода» на пойму логов или понижений, по которым осуществляется смыв со склона (на рисунках – это места, указанные стрелками). Во всех прочих случаях основание склона долины является зоной аккумуляции и, соответственно, зоной повышенной радиоактивности пойменной почвы. Радиоактивность почвы в зоне аккумуляции достигает максимальных значений (более 600 Бк/кг). Хорошо идентифицирует участки наиболее интенсивного смыва карта площади сбора (на рис.3 правый фрагмент).

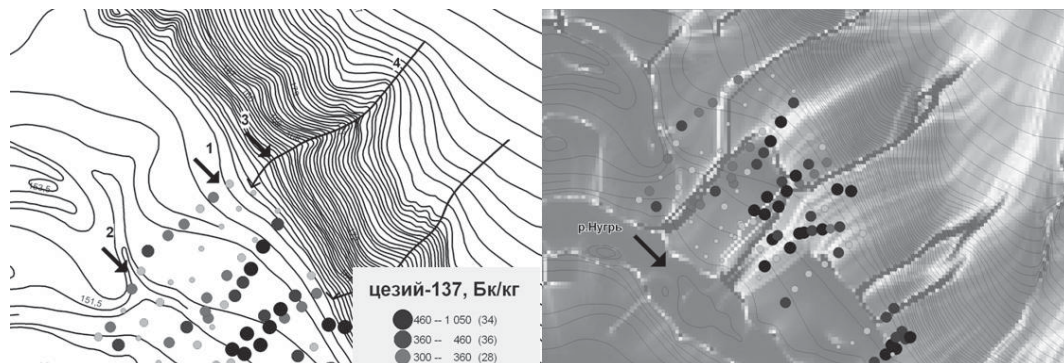


**Рис. 2.** Темным цветом выделена зона максимального затопления поймы реки Нугрь в 1951, 1967, 1970, 1971, 1994 г (отметки максимальных уровней достигали 154,5 – 154,8 м БС). Полоса повышенной самоочищающей способности поймы (пространство от уреза до бровки высокой поймы) – низкая пойма – маркируется точками с активностью цезия-137 не более 400 Бк/кг в слое 0-20 см. В легенде в скобках указано число точек пробоотбора с указанной активностью цезия-137.

Следовательно, можно сделать следующий вывод о влиянии особенностей строения парагенетической ассоциации поймы – склон долины реки на самоочищающую способность поймы реки Нугрь (в слое 0-15см). В местах «выхода» на пойму потоков, текущих со склона долины, – места повышенной самоочищающей способности поймы. На участках аккумуляции смытого загрязненного почвенного материала (у основания склона, в зоне снижения скорости потока) радиоактивность почвы повышенная. Повышенная она и на отдельных участках высокой поймы (там, где во время высокой воды откладывается радиоактивно загрязненный почвенный материал). На рис. 2 – это точка 601.1.5.

На низкой пойме, которая ежегодно заливается водой и в пределах которой скорости потока достаточно велики для размыва верхнего, загрязненного слоя пойменных отложений, радиоактивность отложений в слое 0-20 см снижена до 300 – 400 Бк/кг (на рис.2 это точки 601.2.5 и 601.1.3п.)

Второй этап исследований включал анализ загрязнения пойменных отложений по глубине. Результаты анализа должны были показать, на ка-



**Рис.3.** Потoki, стекающие по тальвегам логов на склоне, размывают прилегающий участок поймы и снижают радиоактивность пойменных отложений. 1, 2, 3 – направление течения на пойме. 4 – направление потока, текущего по тальвегу понижения на склоне долины. Справа – фрагмент карты площади сбора, построенной по методу Costa-Cabral.

кую глубину захоронены сегодня радиоактивные пойменные отложения чернобыльского происхождения и какой фактор является определяющим в процессе сорбции радиоактивного цезия.

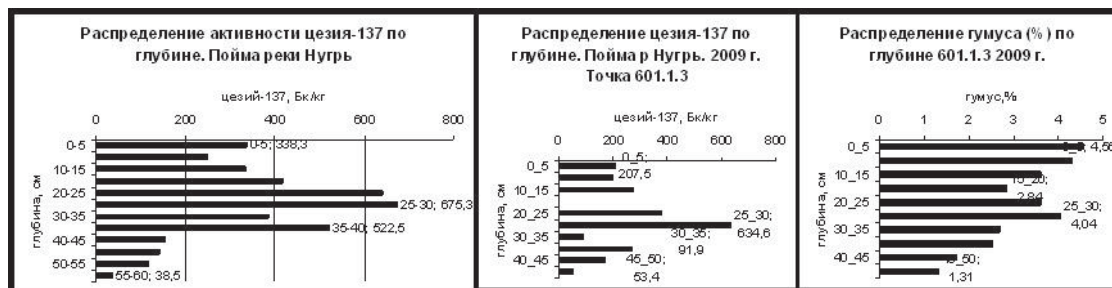
**Анализ распределения активности цезия-137 по глубине пойменной почвы**

Если анализ латеральной миграции (перераспределения) цезия-137 показал, что радиоактивность (по цезию-137) снижена в местах интенсивного смыва и повышена в зонах аккумуляции, то вертикальная миграция цезия-137 в пойменной почве носит еще более сложный характер. Анализ вертикальной миграции цезия-137 проводился летом 2009 года. На рис. 4 приведены диаграммы вертикального распределения цезия-137 по глубине пойменных отложений в зоне низкой поймы (этот участок характеризуют точки 601.1.2 и 601.1.3 на рис.2) и высокой самоочищающей ее способности.

Из рисунка 4 становится очевидным, что утверждение о том, что участок поймы может быть охарактеризован как наименее радиоактивно загрязненный, справедливо лишь для слоя пойменных отложений мощностью 0-20см. На глубине 25-30 см в обеих точках отмечается пик активности цезия-137, превышающий 600 Бк/кг. Следовательно, в области низкой поймы ежегодный выход воды на пойму обеспечивает отложение порций смытого материала,

под которым на глубине 30см оказываются погребенными отложения 1986 года. Факт заглублиения слоя максимальной радиоактивности на глубину 25-30 см свидетельствует о том, что на этой глубине находится геохимический барьер. Анализ вертикального распределения гумуса (рис.4) позволяет сделать вывод, что при сорбционной фиксации [4] цезий-137 тяготеет к органической составляющей пойменных отложений.

Для точек, расположенных на высокой пойме, заглублиение максимально загрязненных цезием-137 отложений происходит на меньшую глубину (в точке 601.1.5 это 5-10 см на рис.5). Анализ вертикального распределения гумуса позволяет сделать вывод, что и на высокой пойме в зоне близкого залегания к поверхности радиоактивно загрязненных пойменных отложений цезий-137 также тяготеет к органической составляющей пойменных отложений (рис. 5). По данным В.А. Кузнецова, В.А. Генераловой, 2001, десорбция Cs-137 (снижение активности) из пойменных образований возрастает в ряду: торф < глина < лимонит < донный ил < луговая дернина < гумусовая супесь < наилок. Наиболее прочно цезий-137 сорбируется глиной, что связано с изоморфными замещениями в кристаллической решетке минералов монтмориллонитовой группы, и торфом, в котором происходит образование его малоподвижных соединений с гуминовыми кислотами и гуминами. Из



**Рис.4.** Вертикальное распределение активности цезия-137 по профилю пойменной почвы. Точка 601.1.2 (слева) и 601.1.3 (справа) расположены в зоне низкой радиоактивности пойменных отложений на низкой пойме (рис.2).

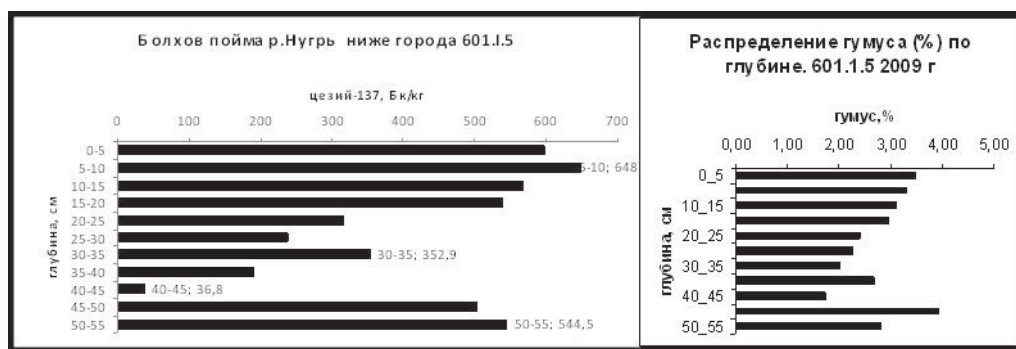


Рис.5. Максимальная активность цезия-137 в точке 601.1.5, расположенной на высокой пойме (в зоне высокой радиоактивности верхних слоев пойменных отложений на глубине 0-10см), приурочена к слою повышенного содержания гумуса.

рис.5 видно, что максимумы активности цезия-137 и максимумы содержания гумуса практически совпадают. Некоторое несовпадение может быть объяснено погрешностью измерения активности цезия-137 на спектрометре Гамма-плюс.

Из сравнения распределения гумуса и цезия по глубине (рис.5) становится очевидным, что в точке пробоотбора мы наблюдаем слоистость. Налицо, как упоминалось выше, – совпадение экстремальных значений цезия-137 и гумуса. Объяснить это можно следующим. Пойма в этом месте практически последние годы находилась в зоне аккумуляции (об этом свидетельствует высокая радиоактивность верхних слоев почвы: 600; 648; 568; 537,7; 316,8; 237,2; 352,9; 190,3 Бк/кг). Точка 601.1.5 находится на высокой пойме. Это значит, что она маркирует ту часть поймы (повышенную), на которой отлагаются смываемые со склонов загрязненные радиоактивной почвой наносы в период наиболее высоких половодий. Что же касается экстремально низкой радиоактивности почвы на глубине 40-45 см, то вероятнее всего, этот слой маркирует условия выхода воды на пойму и формирование руслового наилка. По данным белорусских ученых [4], наилок обеспечивает десорбцию цезия-137. В наилках цезий-137 отличается высокой подвижностью и выщелачивается всеми испытуемыми реагентами. Видимо, именно наилковые отложения обуславливают

наибольшую вариабельность этого изотопа в условиях поймы. Наши исследования на склонах долины реки Орлик в районе с. Звягинки показали, что активность цезия-137 в прослоях песка снижается с 200 Бк/кг (в верхнем горизонте, обогащенном гумусом, содержание которого составило 5,88%) до менее чем 3 Бк/кг в слое опесчаненном с содержанием гумуса 0,66%.

Выход воды на пойму, несмотря на сооружение плотины у города Болхова в 1980 году, происходит почти ежегодно (подъем воды на пойме составляет 30-50 см). По опросам местных жителей удалось установить, что наиболее высокая вода на пойме отмечалась в следующих годах. В 1971 году – до 2 метров, в 1979 году – до 4 метров; в 1985 году – до 1 метра; в 1993 году – до 0,5 метра; в 1995 году – до 1 метра; в 2001 году – до 5 метров. Анализ данных Новосильской ЗАГЛОС позволил выявить, что максимальный смыв в послечернобыльский период отмечался в 1994 (с зяби он составил 37 мм, с уплотненной пашни – 50 мм); в 1996 (с зяби 29 мм, с уплотненной пашни – 26 мм), в 2003 году (с зяби 24, 1 мм, с уплотненной пашни – 37 мм). Возможно, опрос местных жителей содержит ошибки, связанные с неточностью установления дат высокой воды. По данным Гидрометслужбы, действительно, высокий уровень воды в реке Нугрь отмечался в последние годы в 1994 году (498 см), в 2003 году (422 см) (таблица 1).

Таблица 1.

Осредненные показатели поверхностного стока талых вод на уплотненной пашне (по данным Барабанова А.Г., Сурмача Г.П. до 1990 г.[2], Петелько Н.Е., Петелько А.И., Тубольцева Е.Я., Ивановой В.А., Богачевой О.В., Борца В.П., Гаршинева Е.А. с 1991 по 2012 г.)

Период	Максимальный сток с уплотненной пашни, мм (год)	Максимальный уровень воды в реке Нугрь, см (год)	Отметка максимального затопления поймы, м БС	Сток с уплотненной пашни (год)
1951-1958	109 (Воронежская обл, чернозем), (1955)	523 (1951)	154,78(1951)	Нет данных
1959-1985	186(1967)	491(1967) 502(1970) 469(1979)	154,47(1967) 154,57(1970) 154,24(1979)	117мм(1960) 186мм(1967), 94мм(1970), 45мм(1979)
1986	36(1986)	Нет данных	Нет данных	Нет данных
1987-2012	50(1994)	(498)1994 (422)2003	154,53(1994) 153,77(2003)	50мм(1994), 37мм(2003)
Максимальный	186(1967)	523 (1951)	154,78(1951)	186мм(1967)



Снижение радиоактивности на глубине 40-45 см может быть объяснено выходом воды на пойму в 1967, в 1970 или 1979 году (когда уровень воды в реке был всего на 21 см ниже исторического максимума, наблюдавшегося в 1951 году) и формированием наилка с малым содержанием гумуса (1,73%). А возможно, низкая радиоактивность на глубине 40-45 см может быть связана с выходом воды на пойму в 1960 г. Сток с уплотненной пашни в 1960 г. был высок – 117 мм. Выше него за весь период наблюдений на Новосильской ЗАГЛЮС был только сток в 1967 году – 186 мм.

Как следует из рисунка 5, с высокой степенью точности можно лишь утверждать, что в точке 601.1.5 выпадения 1986 года фиксируются на глубине 10 см (648 Бк/кг). Это значит, что самоочищение поймы в этой точке, происходящее за счет захоронения радиоактивных загрязнений под слоем намывтого почвенного материала, обеспечивает очищение слоя пойменных отложений мощностью 10см.

Относительно датировки максимумов на глубине 5-10см, 30-35см, 50-55см необходимо отметить следующее. Отнесение выпадений 1964 года (года максимума ядерных испытаний) к глубине 35 см (352.9 Бк/кг), а выпадений 1954 – года начала ядерных испытаний (по другим данным 1958 года [3]) к глубине 55 см (544,5 Бк/кг) пока является спорным. Обращают на себя внимание высокие значения активности, которая не могла быть в 1964 и 1954 годах. Причину такого распределения активности надо искать в вертикальной миграции цезия-137 1986 года и осаждении его на радиоактивно загрязненных геохимических барьерах. Анализ распределения гумуса по глубине показал, что на глубинах 35см и 50 -55 см отмечаются локальные максимумы содержания гумуса (соответственно, 2,69% и 3,93%). Это свидетельствует о формировании на этих глубинах геохимических барьеров. Здесь радиоактивный цезий образует комплексы с гуматами, что обуславливает его сорбцию.

### Тяжелые металлы в пойменной почве

Для выяснения закономерностей поведения подвижных форм тяжелых металлов в пойменной почве были произведены определения содержания цинка, свинца, меди, кислотности почвы (рН) в точке, расположенной в основном теле низкой поймы 601.2.5 (рис. 2). На рис.2 видно, что точка 601.2.5 находится в зоне невысокой радиоактивности почвы (30-400 Бк/кг). Однако это справедливо для слоя почвы 0-20 см. Максимальная радиоактивность почвы в этой точке приурочена к 25см и 45см глубины и составляет соответственно 614,6 и 666 Бк/кг.

Из рисунка 6 становится очевидным, что для точки 601.2.5 характерна ранее выявленная закономерность прямой зависимости между цезием-137 и гумусом, являющимся, как было показано ранее, геохимическим барьером, на котором осаждается радионуклид. Какой гумус – фульватный (с преобладанием фульвокислот) или гуматный (с преобладанием гуминовых кислот, более щелочной), можно предварительно установить на основании совместного анализа содержания гумуса и рН. Как показал предварительный анализ, характер гумуса различен на разной глубине почвы. В слое 0-15 см гумус с большей долей гуминовых кислот, то есть гуматно-фульватный (рН=7 и более); в слое 20-25 см гумус тяготеет к фульватно-гуматному типу (при содержании гумуса 4,56% рН=6,6); на глубине 40-50 см гумус также тяготеет к фульватно - гуматному типу (при содержании гумуса 4,89-5,05% рН=6,8-6,9).

Причем, судя по тому, что в слое 20-25 см и 40-45 см наблюдается максимальная радиоактивность при повышенной кислотности (на глубине 20-25см активность цезия-137 = 614,6 Бк/кг, гумуса=4,56%. рН=6,6; на глубине 40-45 см активность цезия 666 Бк/кг, гумуса – 4,89%. рН= 6,9) до 70% радиоцезия связано с негидролизуемым остатком органики (Ю.И. Бондарь и др, Фундаментальные..., 1998) [4].

Следует остановиться также на слое 0-15см. Радиоактивность отложений здесь понижена до 181,7 Бк/кг при сравнительно высоком содержании



Рис.6. Распределение по глубине цезия-137, гумуса и рН в точке 601.2.5.





**Вывод.** Техногенное (в частности, радиоактивное) загрязнение пойменных почв в бассейне реки Нугрь в почвенном горизонте 0-20 см напрямую связано с самоочищающей способностью поймы. Наибольшая самоочищающая способность поймы отмечена за прирусловым валом (бровкой), на пониженных участках центральной поймы, где она зависит от гидродинамических характеристик потоков. В целом можно сказать, что способность поймы к самоочищению в слое 0-20см растет в ряду: старицы – пойма (притеррасная, – центральная – прирусловая) – русло. Это связано с ростом в этом направлении накопления песчаного и снижения илистого материала, с усилением инфильтрационных процессов по причине роста обводненности и опесчаненности поймы. Наиболее радиоактивно

загрязненные илистые наносы находятся на повышенных участках поймы и вершинах прирусловых валов (они откладываются в период высоких паводков). Также загрязнены участки у подножия склонов долины в зонах аккумуляции. Наиболее глубоко «захораниваются» радиоактивные отложения на низкой пойме (на глубину 25-30 см), на высокой пойме они заглублены на 10-15см. Из тяжелых металлов следует отметить высокое загрязнение пойменных отложений свинцом. Захоронение максимально загрязненных свинцом пойменных отложений на низкой пойме происходит на глубину 10-15 см. Для снижения до минимума доступности токсичных металлов необходимо поддерживать pH пойменных почв не ниже 6,5 [5].

#### Библиографический список

1. Алифанов В.М., Гугалинская Л.А., Овчинников А.Ю. Палеокриогенез и разнообразие почв центра Восточно-Европейской равнины. М.: ГЕОС, 2010. 160 с.
2. Барабанов А.Г. Агроресомелиорация в почвозащитном земледелии. Волгоград, 1993. 156 с.
3. Жукова О.М. Динамика эрозионно-аккумулятивных процессов центра Русской равнины на основе применения радиоизотопных методов //дисс. на соиск. уч. степени канд. геогр. наук, М, МГУ, 2010, 175 с.
4. Кузнецов В.А., Генералова В.А. Сорбция-десорбция техногенных радиоизотопов пойменными образованиями р.Сож (экспериментальные исследования). Литосфера. 2000. № 13. С. 137.
5. Орлов А.С., Безуглова О.С. Биогеохимия. Ростов н/Д: «Феникс», 2000. 320 с.
6. Трофимец Л.Н., Паниди Е.А. Поточное структурирование склоновой поверхности при изучении вторичного перераспределения цезия-137 чернобыльского происхождения. Формирование экологической культуры и среда обитания на территории урбэко систем: Сб. материалов Всеросс. научной конференции (г.Шуя, 27-28 сентября 2012г.). С.64-72.
7. Costa-Cabral M. C. and S. J. Burges. 1994. Digital elevation model networks (DEMON): A model of flow over hillslopes for computation of contributing and dispersal areas. WATER RESOURCES RESEARCH, VOL. 30, NO. 6, P. 1681, 1994, doi:10.1029/93WR03512

*L.N. TROFIMETZ, E.A. PANIDI*

#### EXPERIMENTAL STUDY OF SELF-PURIFICATION CAPACITY OF THE RIVER NUGR FLOOD-PLAIN DEPOSITS DOWNSTREAM BOLKHOV SITE

*Experimental study of horizontal and vertical migration of Cesium-137 radioisotope in the River Nugr flood-plain deposits showed the least radioactive contamination in the 0-20-cm surface layer of low flood-plain deposits within the scroll parcels and ravine thalwegs outlets and the most one in the 25-30-cm layer. The highest values of radioactivity have been registered within both 0-10-cm and 50-55-cm depth intervals in the upper flood-plain deposits. In the course of sorptive fixation cesium-137 is strongly drawn towards the organic component of flood-plain deposits.*

*Key words: Cesium-137, the River Nugr flood-plain, humus, heavy metals, washout, landflood.*

## ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

**Общие правила.** Статья объемом 4-15 страниц формата А-4 должна быть набрана в текстовом редакторе Microsoft Word в формате \*.rtf шрифтом Times New Roman, размером 14 pt, через один интервал без переносов. Параметры документа: верхнее поле – 25мм, нижнее – 25 мм, правое – 25 мм, левое – 25 мм. Нумерация страниц проставляется от центра, внизу страницы.

В начале статьи помещаются инициалы и фамилия автора (авторов), название статьи, аннотация (40-50 слов), ключевые слова (5-6). Вся информация предоставляется на русском языке, а в конце статьи на английском языке. Сведения об авторе (авторах) – ученая степень, ученое звание, должность, кафедра, вуз, электронный адрес и контактный телефон (без сокращений) помещаются в начале статьи после фамилии автора (авторов). К статье в обязательном порядке должна прилагаться электронная версия, идентичная печатной одним файлом на диске CD или DVD (CD-R, CD-RW, DVD-R, DVD-RW).

Формулы помещаются в текст с использованием формульного редактора Microsoft Equation (Вставка – Объект – Создание – Microsoft Equation). Символы можно вставлять с помощью операции в Word (Вставка – Символ). Диаграммы располагаются в тексте с использованием программы Microsoft Excel (Вставка – Объект – Создание – Диаграмма Microsoft Excel). Рисунки и графики должны иметь четкое изображение и быть выдержаны в черно-белой гамме, лучше применять штриховку (Формат автофигуры – Цвета и линии – Цвет – Способы заливки – Узор). Схемы создаются с помощью панели инструментов Рисование. Фотографии и рисунки в формате \*.tif или \*.jpg, должны иметь разрешение не менее 300 dpi и прилагаться отдельными файлами.

**Библиографические списки** и затекстовые примечания оформляются в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления» и ГОСТ 7.0.5-2008. В списке все работы перечисляются по алфавитному принципу: сначала отечественные авторы (или зарубежные, опубликованные на русском языке), затем – зарубежные. При упоминании отдельных фамилий авторов в тексте им должны предшествовать инициалы (фамилии иностранных авторов при этом приводятся в оригинальной транскрипции). В тексте статьи библиографические ссылки даются арабскими цифрами в квадратных скобках.

**Порядок составления списка:** а) автор(ы) книги или статьи; б) название книги или статьи; в) выходные данные. При авторском коллективе до 4-х человек включительно упоминаются все авторы (с инициалами после фамилий), при больших авторских коллективах упоминаются три первых автора и добавляется «и др.» (в иностранной литературе «et al»). Если в качестве авторов книг выступают их редакторы или составители, после фамилии последнего из них в скобках следует ставить «ред.» (в иностранных ссылках «ed.»).

В библиографическом описании книги (после ее названия) приводятся город (где она издана), после двоеточия – название издательства, после запятой – год издания. Если ссылка дается на главу из книги, сначала упоминаются авторы и название главы, после точки – с заглавной буквы ставится «В кн.» («In») и фамилия(и) автора(ов) или редактора(ов), затем название книги и ее выходные данные.

В библиографическом описании статьи из журнала (после ее названия) приводятся название журнала и год издания (между ними знак препинания не ставится), затем после точки с запятой – номер отечественного журнала (для иностранных журналов номер тома), после двоеточия помещаются цифры первой и последней (через тире) страниц.

**Примеры библиографического описания источников:**Книги

1. *Парыгин Б.Д.* Основы социально-психологической теории. М.: Мысль, 1971.
2. *Базыма Б.А.* Психология цвета: теория и практика. М.: Речь, 2005. С. 20-24.
3. *Ильин И.А.* Учение о правосознании. В кн.: Ю.Т. Лисица (ред.) Родина и мы. Смоленск: Посох. 1995: 355-364.
4. *Harding A.E.* The hereditary ataxias and related disorders. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1984
5. *Goldman S.M., Tanner C.* Etiology of Parkinson's disease. In: Jankovic J., Tolosa E. (eds.) Parkinson's disease and movement disorders. 3d ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1998: 133-158.

Журналы

6. *Ершов В.Ф., Курамина Н.В.* Российские образовательные учреждения за рубежом: опыт 1920-1930 годов. Исторические записки 2004; 7:198-222.
7. *Block W., Karitzky J., Traber F. et al.* Proton magnetic resonance spectroscopy of the primary motor cortex in patients with motor neuron disease. Arch. Neurol. 1998; 55: 931-936.

Электронные публикации и базы данных

8. *Shulman L.M., Gruder-Baldini A.L., Anderson K.E. et al.* The evolution of disability in Parkinson's disease. Mov. Disord. 2008: epub ahead.
9. <http://www.globalreach.com/>

В конце статьи обязательно должна быть надпись **статья публикуется впервые**, ставится дата и подпись автора (авторов). Подпись автора сканируется, сохраняется в формате \*.tif или \*.jpg и вставляется в файл.

За ошибки и неточности научного и фактического характера ответственность несет автор (авторы). Поступившие в редакцию материалы возврату не подлежат.

Статьи лиц, не имеющих ученой степени, заверяются также их научными руководителями.

Редакция оставляет за собой право сокращать и редактировать статьи. Статьи, оформленные не в соответствии с указанными требованиями, возвращаются авторам без рассмотрения.

## РЕДАКЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКАЯ КОЛЛЕГИЯ

**АВДЕЕВ Ф.С.** (главный научный редактор) – доктор педагогических наук, профессор, ректор Орловского государственного университета, председатель докторского диссертационного совета по методике математики и профессиональному образованию, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, действительный член Международной академии информатизации, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;

**ПУЗАНКОВА Е.Н.** (заместитель главного научного редактора) – доктор педагогических наук, профессор, проректор по научной работе Орловского государственного университета, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации;

**БЕЛЕВИТИНА Т.М.** – ответственный редактор журнала «Ученые записки Орловского государственного университета»;

**ДУДИНА Е.Ф.** – (ученый секретарь редакционной коллегии) – кандидат филологических наук, руководитель научного отдела Орловского государственного университета;

**АЛЕСАНДРОВА А.П.** – кандидат филологических наук, доцент кафедры английской филологии Орловского государственного университета;

**АЛЕКСЕЕВ А.П.** – доктор философских наук, профессор, зав. кафедрой гуманитарных дисциплин философского факультета Московского государственного университета;

**ЗАЙЧЕНКОВА М.С.** – доктор филологических наук, профессор, зав. кафедрой русского языка как иностранного, председатель докторского диссертационного совета по русскому языку и методике его преподавания Орловского государственного университета, Заслуженный деятель науки Российской Федерации;

**ИВАНОВ А.Е.** – доктор исторических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Института российской истории РАН;

**ИЗОТОВ В.П.** – доктор филологических наук, профессор, руководитель НИИ филологии Орловского государственного университета;

**ИСАЕВА Н.И.** – доктор психологических наук, профессор, декан факультета психологии Белгородского государственного университета;

**КАПУСТИН А.Я.** – доктор юридических наук, профессор, руководитель центра сравнительно-правовых исследований института законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве Российской Федерации, президент Российского отделения Ассоциации международного права;

**КОЛЕСНИКОВА А.Ф.** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры почвоведения и прикладной биологии, руководитель НИИ естественных наук Орловского государственного университета, заслуженный деятель науки РФ, действительный член Международной Российской экологической академии;

**ЛЬВОВА С.И.** – доктор педагогических наук, профессор, зав. лабораторией обучения русскому (родному) языку Института содержания и методов обучения Российской академии образования;

**МИНАКОВ С.Т.** – доктор исторических наук, профессор, председатель докторского диссертационного совета по истории России Орловского государственного университета, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации;

**МИХЕИЧЕВА Е.А.** – доктор филологических наук, профессор, зав. кафедрой русской литературы XX-XXI веков и истории зарубежной литературы Орловского государственного университета, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации;

**ОСКОТСКАЯ Э.Р.** – доктор химических наук, профессор, заведующая кафедрой химии Орловского государственного университета, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;

**ПАХАРЬ Л.И.** – доктор философских наук, профессор Орловского государственного университета; академик Академии социальных наук, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации;

**ПИВЕНЬ В.Ф.** – доктор физико-математических наук, профессор, зав. кафедрой теоретической физики и математического моделирования Орловского государственного университета, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации;

**РЕПИН О.А.** – доктор физико-математических наук, профессор, зав. кафедрой Самарского экономического университета;

**СЕДОВ Е.Н.** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик Российской академии сельскохозяйственных наук, заслуженный деятель науки РФ, зав. отделом селекции семечковых культур ВНИИСПК;

**СЕРЕГИНА Т.В.** – кандидат философских наук, профессор, декан философского факультета, руководитель НИИ проблем провинциальной культуры Орловского государственного университета;

**ТЕР-МИНАСОВА С.Г.** – доктор филологических наук, профессор, декан факультета иностранных языков и регионоведения Московского государственного университета, почетный доктор Бирмингемского и Нью-Йоркского университетов;

**ТЫРТЫШНИКОВ Е.Е.** – доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент Российской академии наук, заместитель директора Института вычислительной математики Российской академии наук.

**УМАН А.И.** – доктор педагогических наук, профессор, зав. кафедрой общей педагогики Орловского государственного университета; действительный член Международной педагогической академии;

**ШАБАНОВ Н.К.** – доктор педагогических наук, профессор кафедры теории и методики преподавания изобразительного искусства Курского государственного университета, член Союза дизайнеров России, член международной ассоциации изобразительных искусств им. И.А. Пюнеско.

## РЕДАКЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКАЯ КОЛЛЕГИЯ СЕРИИ

**АВДЕЕВ Ф.С.** (главный научный редактор) – доктор педагогических наук, профессор, ректор Орловского государственного университета, председатель докторского диссертационного совета по методике математики и профессиональному образованию, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, действительный член Международной академии информатизации, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;

**ПУЗАНКОВА Е.Н.** (заместитель главного научного редактора) – доктор педагогических наук, профессор, проректор по научной работе Орловского государственного университета, директор Орловского филиала Института содержания и методов обучения Российской академии образования, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации;

**БЕЛЕВИТИНА Т.М.** – ответственный редактор журнала «Ученые записки Орловского государственного университета»;

**ДУДИНА Е.Ф.** (ученый секретарь редакционной коллегии) – кандидат филологических наук, начальник научно-исследовательского сектора Орловского государственного университета;

**АЛЕСАНДРОВА А.П.** – кандидат филологических наук, доцент кафедры английской филологии Орловского государственного университета;

**ВИШНЕВСКИЙ В.И.** – доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой внутренних болезней медицинского института Орловского государственного университета;

**ГОРПИНИЧ А.Б.** – доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой общей хирургии и анестезиологии медицинского института Орловского государственного университета, член-корреспондент Российской академии естественных наук;

**ЗАРУБИН А.Н.** – доктор физико-математических наук, профессор, зав. кафедрой математического анализа и дифференциальных уравнений Орловского государственного университета, заслуженный деятель науки Российской Федерации, действительный член Международной педагогической академии;

**ЗАТОЛОКИН В.Д.** – доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой анатомии человека, оперативной хирургии и топографической анатомии, заслуженный деятель науки РСФСР;

**КАЛЕКИН А.А.** – кандидат технических наук, профессор, зав. кафедрой технологии и предпринимательства Орловского государственного университета, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, заслуженный деятель науки Российской Федерации;

**КОЛЕСНИКОВА А.Ф.** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры почвоведения и прикладной биологии, директор НИИ естественных наук Орловского государственного университета, заслуженный деятель науки РСФСР, действительный член Международной экологической академии;

**ЛАДНОВА Г.Г.** – доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой экологии и общей биологии Орловского государственного университета, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, академик Академии социальных наук;

**ПУЗИНА Т.И.** – доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой ботаники Орловского государственного университета, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, заслуженный деятель науки Российской Федерации;

**ОСКОТСКАЯ Э.Р.** – доктор химических наук, профессор, зав. кафедрой химии Орловского государственного университета, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;

**ПИВЕНЬ В.Ф.** – доктор физико-математических наук, профессор, зав. кафедрой теоретической физики и математического моделирования Орловского государственного университета, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации;

**САРАЕВА А.М.** – кандидат педагогических наук, доцент, зав. кафедрой географии Орловского государственного университета;

**СНИМЩИКОВА И.А.** – доктор медицинских наук, профессор, директор медицинского института Орловского государственного университета;

**ФЕДОТОВА И.Э.** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, зав. кафедрой почвоведения и прикладной биологии Орловского государственного университета.

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ  
ОРЛОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
СЕРИЯ «ЕСТЕСТВЕННЫЕ, ТЕХНИЧЕСКИЕ И МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ»

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ №ФФС 77-29955 от 17.10.2007  
Включен в каталог «Издания органов НТИ» ОАО Агентство «Роспечать»  
(почтовый индекс: 66005)

Ответственный редактор: Белевитина Т.М.  
Ответственный составитель: Кирсанов М.А.  
Компьютерная верстка: Корявкина О.С.  
Дизайн обложки: Никифоров А.В.  
Корректурa: Рыбкина О.А.

Подписано в печать 20.12.2012 г. Формат 60x80 1/8  
Печать оперативная. Бумага офсетная. Гарнитура Times  
Объем 52,5 усл. п. л. Тираж 1000 экз. Заказ № 184  
Отпечатано с готового оригинал-макета  
на полиграфической базе редакционно-издательского отдела  
ФГБОУ ВПО «Орловский государственный университет»  
302026, г. Орел ул. Комсомольская , 95  
Тел./факс (4862) 74-45-08