

И.В. СТЕПИНА<sup>1</sup>, М. СОДОМОН<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва, Россия

## БИОСТОЙКИЙ РАСТИТЕЛЬНЫЙ КОМПОЗИТ ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ

**Аннотация.** На основе измельченных пористых стеблей борщевика Сосновского, модифицированных с целью обеспечения биостойкости боразотным соединением, с использованием органополимерных связующих получены композиты различного состава и структуры. Размер частиц растительного сырья варьировался от 1 до 10 мм. В качестве связующих использовались поливинилацетат, полиуретан и казеин. Соотношение компонентов (растительное сырьё: полимер) в композитах составляло 3:1 по массе. Путем применения соответствующих ГОСТовских методик исследованы биостойкость и теплофизические свойства полученных композитов.

Установлено, что предварительное модифицирование частиц растительного сырья моноэтаноламин(NB)-тригидроксиборатом позволяет обеспечить 100%-ную биостойкость композитных материалов на основе используемого сырья и органополимерных связующих. Причем применение указанного модификатора равно эффективно для всех композитов, полученных с использованием различных видов связующих: полиуретановое, поливинилацетатное и казеиновое. Полученные композиты на основе модифицированного растительного сырья и органополимерных связующих являются теплоизоляционными материалами, характеризующимися соответствующими коэффициентами теплопроводности и плотности.

Композиты на основе полиуретанового связующего обладают пониженной теплопроводностью по сравнению с композитами на основе поливинилацетатного и казеинового связующих и относятся к классу А. Полиуретановое связующее обеспечивает полученным композитам с размером частиц 5 мм повышенную прочность на сжатие по сравнению с прочностью композитов на основе поливинилацетатного и казеинового связующих. Таким образом, оптимальным составом биостойкого теплоизоляционного материала является состав на основе модифицированного растительного сырья с размером частиц 5 мм и полиуретанового связующего.

**Ключевые слова:** композит, теплопроводность, плотность, прочность, биостойкость.

I.V. STEPINA<sup>1</sup>, M. SODOMON<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

## BIOSTABLE VEGETAL COMPOSITE FOR THERMAL INSULATION

**Abstract.** Composites of different composition and structure have been obtained on the basis of crushed porous stems of Sosnovsky's hogweed modified with borazote for biostability with the use of organopolymer binders. The particle size of the plant material varied from 1 to 10 mm. Polyvinyl acetate, polyurethane, and casein were used as binders. The ratio of the components (vegetable raw material: polymer) in the composites was 3:1 by mass. Biostability and thermophysical properties of the composites obtained were investigated by applying appropriate GOST methods.

It was established that the preliminary modification of vegetable raw material particles with monoethanolamine (NB)-trihydroxyborate provides 100% biostability of composite materials based on used raw materials and organopolymer binders. The use of the above modifier is equally effective for all composites obtained using different types of binders: polyurethane, polyvinyl acetate, and casein. The composites obtained on the basis of modified plant raw materials and organopolymer binders are heat-insulating materials characterized by appropriate coefficients of thermal conductivity and density.

*Composites based on polyurethane binders have lower thermal conductivity compared to composites based on polyvinyl acetate and casein binders and belong to class A.*

*The polyurethane binder provides the resulting composites with a particle size of 5 mm with an increased compressive strength as compared to the composites based on polyvinyl acetate and casein binders. Thus, the optimal composition of biostable heat insulating material is the composition based on modified plant raw materials with a particle size of 5 mm and polyurethane binder.*

**Keywords:** composite, thermal conductivity, density, strength, biostability.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лунева Н.Н. Борщевик Сосновского в Российской Федерации // Защита и карантин растений. 2014. № 3. С. 12-18.
2. Мысник Е.Н. Потенциальный ареал борщевика Сосновского на территории России // Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем: Материалы 3-го Всероссийского съезда по защите растений в 3-х томах, Санкт-Петербург, 16–20 декабря 2013 года / Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений (ВИЗР); главный редактор В.А. Павлошин. – Санкт-Петербург: Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений РАСХН, 2013. С. 301-302.
3. Смирнова О.Е., Селихова В.С. Возможности изготовления теплоизоляционных материалов на основе органических отходов // Труды Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин). 2017. Т. 20. № 2(65). С. 120-130.
4. Колосова А.С., Пикалова Е.С. Современные эффективные теплоизоляционные материалы на органической основе // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2021. № 4. С. 74-85.
5. Белопухов С.Л., Кочаров С.А., Сторчевой В.Ф. Теплоизоляционные материалы из отходов льняного производства // Научное обозрение. 2016. № 4. С. 15-20.
6. Давыденко Н.В., Бакатович А.А. Эксплуатационные показатели и технологические особенности производства костросоломенных плит // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. 2015. № 16. С. 61-65.
7. Давыденко Н.В. Эксплуатационно-технологические характеристики костросоломенных плит // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. 2011. № 8. С. 85-90.
8. Солдатов Д.А., Хозин В.Г. Теплоизоляционные материалы на основе соломы // Известия КазГАСУ. 2013. № 1 (23). С. 197-201.
9. Карпова Д.А. Использование отходов растениеводства в производстве строительных материалов // IV Международный студенческий строительный форум - 2019: Сборник докладов (К 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова), Белгород, 26 ноября 2019 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2019. С. 284-289.
10. Степанов Н.Д. Энергоэффективность строительства каркасно-соломенных домов // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2019. Т. 1. С. 207-211.
11. Дубатовка А.И., Твердохлебов Р.В. Обзор технических свойств целлюлозной изоляции // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. 2018. № 8. С. 67-81.
12. Ильвицкая С.В., Ильвицкий Д.Ю., Лобков В.А. [и др.] Природные материалы в "зеленой" архитектуре жилища // Строительные материалы. 2018. № 10. С. 69.
13. Pasztory Z., Borcsok Z., Bazhelka I. K. [et al.] Thermal insulation panels from tree bark // Proceedings of BSTU. Issue 1, Forestry, Nature Management, Processing of Renewable Resources. 2021. No 1(240). P. 141-149.
14. Wenig C., Hehemeyer-Cürten J., Reppe F.J. [et al.] Advanced materials design based on waste wood and bark // Philosophical Transactions: Mathematical, Physical and Engineering Sciences (Series A). 2021. Vol. 379. No. 2206. P. 20200345.
15. Ibragimov A.M., Fedotov A.A. Research physic-mechanical properties of composite materials on the base of crushed wood // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 3, Moscow, 18 мая 2018 года. Moscow, 2018. P. 012028.
16. Han Y., Qin T., Chu F. Preparation and properties of polyurethane heat insulating building materials based on lignin // Applied Mechanics and Materials. 2012. Vol. 193-194. Pp. 505-508.
17. Zhang X., Hao X., Hao J., Wang Q. Thermal and mechanical properties of wood-plastic composites filled with multiwalled carbon nanotubes // Journal of Applied Polymer Science. 2018. Vol. 135. No. 22. P. 46308.
18. Степина И.В., Содомон М., Семенов В.С. [и др.] Повышение биостойкости стеблей борщевика Сосновского в качестве сырья для производства строительных материалов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2021. № 2(746). С. 79-91.
19. Zhou X., Zheng F., Li H., Lu C. An environment-friendly thermal insulation material from cotton stalk fibers // Energy and Buildings. 2010. Vol. 42. No. 7. Pp. 1070-1074.

20. Халиков Д.А. Классификация теплоизоляционных материалов по функциональному назначению // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-6. С. 1287-1291. [Электронный ресурс]. URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=35716> (дата обращения: 12.08.2022).

## REFERENCES

1. Luneva N.N. Borshchevik Sosnovskogo v Rossijskoj Federacii [Sosnovsky's hogweed in the Russian Federation] // Zashchita i karantin rastenij. 2014. No. 3. Pp. 12-18. (rus).
2. Mysnik E.N. Potencial'nyj areal borshchevika Sosnovskogo na territorii Rossii [Potential area of Sosnovsky's hogweed in Russia] // Fitosanitarnaya optimizaciya agroekosistem: Materialy 3-go Vserossijskogo s "ezda po zashchite rastenij v 3-h tomah, Sankt-Peterburg, December 16–20, 2013 goda / Vserossijskij nauchno-issled instituto-issled zashchity rastenij (VIZR), glavnyj redaktor V.A. Pavlyushin, Sankt-Peterburg: Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut zashchity rastenij RASKHN, 2013. Pp. 301-302. (rus).
3. Smirnova O.E., Selikhova V.S. Vozmozhnosti izgotovleniya teploizolyacionnyh materialov na osnove organicheskikh othodov [Possibilities of manufacturing heat-insulating materials based on organic waste] // Trudy Novosibirskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta (Sibstrin). 2017. T. 20. No. 2(65). Pp.120-130. (rus).
4. Kolosova A.S., Pikalova E.S. Sovremennye effektivnye teploizolyacionnye materialy na organicheskoy osnove [Modern efficient organic-based heat-insulating materials] // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. 2021. No. 4. Pp. 74-85. (rus).
5. Belopuhov S.L., Kocharov S.A., Storchevoy V.F. Teploizolyacionnye materialy iz othodov l'nyanogo proizvodstva [Thermal insulation materials from flax production waste] // Nauchnoe obozrenie. 2016. No. 4. Pp. 15-20. (rus).
6. Davydenko N.V., Bakatovich A.A. Eksploatacionnye pokazateli i tekhnologicheskie osobennosti proizvodstva kostrosolomennyh plit [Operational indicators and technological features of the production of straw straw slabs] // Vestnik Polockogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya F. Stroitel'stvo. Prikladnye nauki. 2015. No. 16. Pp. 61-65. (rus).
7. Davydenko N.V. Eksploatacionno-tekhnologicheskie harakteristiki kostrosolomennyh plit [Operational and technological characteristics of straw straw slabs] // Vestnik Polockogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya F. Stroitel'stvo. Prikladnye nauki. 2011. No. 8. Pp. 85-90. (rus).
8. Soldatov D. A., Hozin V. G. Teploizolyacionnye materialy na osnove solomy [Straw based thermal insulation materials] // Izvestiya KazGASU. 2013. No. 1 (23). Pp.197-201. (rus).
9. Karpova D.A. Ispol'zovanie othodov rastenievodstva v proizvodstve stroitel'nyh materialov [Use of crop waste in the production of building materials] // IV Mezhdunarodnyj studencheskij stroitel'nyj forum - 2019: Sbornik dokladov (K 65th anniversary of BGTU im. V.G. Shuhova), Belgorod, November 26, 2019 year. – Belgorod: Belgorodskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij university im. V.G. Shuhova, 2019. Pp.284-289. (rus).
10. Stepanov N.D. Energoeffektivnost' stroitel'stva karkasno-solomennyh domov [Energy efficiency of construction of frame-straw houses] // Sovremennye tekhnologii v stroitel'stve. theory and practice. 2019. T. 1. Pp.207-211. (rus).
11. Dubatovka A.I., Tverdokhlebov R.V. Obzor tekhnicheskikh svojstv cellyuloznoj izolyacii [Overview of the technical properties of cellulose insulation] // Vestnik Polockogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya F. Stroitel'stvo. Prikladnye nauki. 2018. No. 8. Pp. 67-81. (rus).
12. Il'vickaya S.V., Il'vickij D.YU., Lobkov V.A. [et al.] Prirodnye materialy v "zelenoj" arhitekture zhilishcha [Natural materials in the "green" architecture of the home] // Stroitel'nye materialy. 2018. No. 10. P.69. (rus).
13. Pasztory Z., Borcsok Z., Bazhelka I. K. [et al.] Thermal insulation panels from tree bark // Proceedings of BSTU. Issue 1, Forestry, Nature Management, Processing of Renewable Resources. 2021. No. 1(240). Pp. 141-149.
14. Wenig C., Hehemeyer-Cürten J., Reppe F.J. [et al.] Advanced materials design based on waste wood and bark // Philosophical Transactions: Mathematical, Physical and Engineering Sciences (Series A). 2021. Vol. 379. No. 2206. P. 20200345.
15. Ibragimov A.M., Fedotov A.A. Research physic-mechanical properties of composite materials on the base of crushed wood // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 3, Moscow, 18 мая 2018 года. Moscow, 2018. P. 012028.
16. Han Y., Qin T., Chu F. Preparation and properties of polyurethane heat insulating building materials based on lignin // Applied Mechanics and Materials. 2012. Vol. 193-194. Pp. 505-508.
17. Zhang X., Hao X., Hao J., Wang Q. Thermal and mechanical properties of wood-plastic composites filled with multiwalled carbon nanotubes // Journal of Applied Polymer Science. 2018. Vol. 135. No 22. P. 46308.
18. Stepina I.V., Sodomon M., Semenov V.S. [et al.] Povyshenie biostojkosti stebel' borshchevika Sosnovskogo v kachestve syr'ya dlya proizvodstva stroitel'nyh materialov [Increasing the biostability of hogweed Sosnovski stems as a raw material for the production of building materials] // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo. 2021. No. 2(746). Pp. 79-91. (rus).

19. Zhou X., Zheng F., Li H., Lu C. An environment-friendly thermal insulation material from cotton stalk fibers // Energy and Buildings. 2010. Vol. 42. No. 7. Pp.. 1070-1074.

20. Khalikov D.A. Klassifikaciya teploizolyacionnyh materialov po funkcional'nomu naznacheniyu [Classification of heat-insulating materials according to their functional purpose] // Fundamental research. 2014. No. 11-6. Pp. 1287-1291. [Online]. URL:<https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=35716> (date of access: 08/12/2022). (rus).

### Информация об авторах:

#### **Степина Ирина Васильевна**

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»  
г. Москва, Россия,  
доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения.  
E-mail: [sudeykina@mail.ru](mailto:sudeykina@mail.ru)

#### **Содомон Марк**

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»  
г. Москва, Россия,  
аспирант кафедры строительного материаловедения.  
E-mail: [sodomonmarc@yahoo.fr](mailto:sodomonmarc@yahoo.fr)

### Information about authors:

#### **Stepina Irina V.**

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,  
docent, candidate of technical sciences, lecturer of the Department of Building Materials Science.  
E-mail: [sudeykina@mail.ru](mailto:sudeykina@mail.ru)

#### **Sodomon Mark**

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,  
postgraduate student of the department of building materials science.  
E-mail: [sodomonmarc@yahoo.fr](mailto:sodomonmarc@yahoo.fr)