

УДК 691.542

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-5-93-104

*Д.С. ГОРКОЛЬЦЕВА, Н.О. КОПАНИЦА,**Томский государственный архитектурно-строительный университет*

ТОРФОВЕРМИКУЛИТОВЫЕ СМЕСИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО ГРАНУЛИРОВАННОГО МАТЕРИАЛА

В статье представлены результаты исследований торфовой вермикулитовой смеси для производства гранулированного материала, обладающих теплоизоляционными свойствами, которые могут найти применение в строительстве малоэтажных зданий.

Рассмотрена возможность производства гранулированного теплоизоляционного материала на основе торфовой вермикулитовой смеси. Проанализированы полученные данные различных методов грануляции торфовой вермикулитовой смеси.

Установлен способ снижения водопоглощения гранул до 16 % и увеличения их прочности на 20 %, заключающийся в активации воды затворения гидрофобизирующей добавкой «Аквасил».

Ключевые слова: торф; вермикулит; торфовой вермикулитовый материал; теплоизоляционные материалы на основе торфа; гранулированные материалы; торфовой вермикулитовая смесь; методы гранулирования.

Для цитирования: Горкольцева Д.С., Копаница Н.О. Торфовой вермикулитовые смеси для производства теплоизоляционного гранулированного материала // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 5. С. 93–104.

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-5-93-104

*D.S. GORKOLTSEVA, N.O. KOPANITSA,**Tomsk State University of Architecture and Building*

PEAT-VERMICULITE COMPOSITIONS FOR GRANULATED MATERIAL PRODUCTION

The paper presents the research results of peat-vermiculite compositions for the production of granulated material with heat-insulating properties, that can be used in the construction of low-rise buildings. The paper considers the possibility of producing a heat-insulating granulated material based on a peat-vermiculite mixture. The obtained data on various methods of the peat-vermiculite mixture granulation are analyzed. It is found that the optimum concentration of the Akvasil water-repelling is 10% in the mixing water. This concentration allows reducing the water absorption of peat-vermiculite compositions by 16% and increasing the material strength by 20%. Further increase in the Akvasil concentration in the mixing water does not lead to a significant change in the water absorption, and the strength properties decrease.

Keywords: peat; vermiculite; peat-vermiculite composition; heat-insulating material; granulated material; granulation.

For citation: Gorkoltseva D.S., Kopanitsa N.O. Torfovermikulitovye smesi dlya proizvodstva teploizolyatsionnogo granulirovannogo materiala [Peat-vermiculite compositions for granulated material production]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2021. V. 23. No. 5. Pp. 93–104.

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-5-93-104

Введение

В настоящее время актуальными являются исследования, направленные на использование местного сырья Сибирского региона для производства эффективных строительных материалов для ограждающих конструкций. Энергосбережение и энергоэффективность зданий – одни из важнейших приоритетов современной строительной отрасли. Необходимость этих мероприятий, помимо очевидной экономической выгоды, закреплена законодательно [1, 2]. Повышение эффективного использования энергетических ресурсов – это важные ответные действия, направленные на решение существующих проблем, связанных с изменением климата, экономическим развитием и энергетической безопасностью, с которыми сталкиваются многие страны, в том числе и Россия. Одна из важнейших стратегических задач страны – сократить к 2023 г. энергоёмкость отечественной экономики на 40 % [3].

Необходимо отметить, что важным критерием обеспечения энергоэффективности в строительстве является оптимизация теплотехнических характеристик ограждающих систем. Спрос на новые и эффективные строительные материалы с низкой теплопроводностью и улучшенными эксплуатационными характеристиками стимулировал к развитию современный рынок теплоизоляционных материалов. Отличительной особенностью сырьевой базы Томской области является большое количество торфяных залежей, которые могут стать основой для производства теплоизоляционных и конструкционных материалов применительно к малоэтажному деревянному домостроению.

Известно, что теплоизоляционные материалы на основе торфа обладают рядом положительных свойств:

- низкой теплопроводностью;
- высокой пористостью;
- антисептическими свойствами;
- экологичностью и сложным органоминеральным составом.

Исходя из этого исследование и разработка составов современных конкурентоспособных теплоизоляционных материалов на основе местного сырья являются актуальными [4].

Известны работы, посвященные исследованию и разработке теплоизоляционных материалов на основе низинных торфов Сибири. Ученые Томского государственного архитектурно-строительного университета разработали эффективный стеновой строительный материал «ЭкоТерм», в качестве вяжущего компонента использовался низинный торф, а в качестве заполнителя применяли фракционированные древесные опилки и модифицирующие добавки [5]. В работах большое внимание уделяется подбору и оптимизации состава теплоизоляционных строительных материалов на основе торфа.

Анализ литературных данных показал возможность получения теплоизоляционного материала на основе торфа и отходов производства лесоматериалов. По результатам проведенного анализа состава и физико-химических свойств низинных торфов сделан вывод о перспективности их использования в сочетании с органическими и минеральными компонентами для производства композиционных строительных материалов различного функционального

назначения [6–7]. В то же время отходы переработки древесины нестабильны по своим характеристикам, подвержены усадочным деформациям. Поэтому исследования по обоснованию возможности применения в качестве заполнителя к торфявящему более стойких в процессе эксплуатации материалов являются актуальными.

В настоящей работе в качестве заполнителя использовался вермикулит вспученный, основными преимуществами которого являются:

- экологичность – в процессе эксплуатации при высоких температурах не выделяет токсичных веществ;
- низкий показатель теплопроводности – $0,050\text{--}0,095\text{ Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$;
- повышенная огнестойкость материала – от -250 до $+1250\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- высокая паропроницаемость, что исключает образование конденсата в помещении;
- высокая биологическая стойкость.

Ранее нами был обоснован выбор теплоизоляционного материала на основе торфа применительно к деревянному купольному строительству. Анализ показал эффективность применения торфа для создания на его основе композиционных материалов и изделий, удовлетворяющих критериям их использования в строительстве. В ходе исследований были разработаны составы теплоизоляционного материала на основе торфа со средней плотностью 250 кг/м^3 , теплопроводностью $0,059\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ [8–10]. Предложена конструктивная модель стены здания купольного типа (рис. 1).



Рис. 1. Устройство наружной стены здания купольной конструкции

Целью настоящей статьи является обоснование целесообразности использования торфовермикулитовой смеси для производства теплоизоляционного гранулированного материала.

Для повышения технологичности и эффективности теплоизоляционных материалов на основе торфовермикулитовой смеси предлагается способ грану-

ляции. Гранулирование материала позволит значительно уменьшить способность продукта к слеживанию, тем самым упростит хранение и транспортировку. Необходимо отметить, что гранулирование дает возможность гомогенизировать смесь в отношении физико-химических свойств; увеличить поверхность тепломассообмена; регулировать структуру гранул и связанные с ней свойства. Все это способствует интенсификации процессов, в которых используются гранулированные продукты, повышению производительности труда и культуры производства [11].

Анализ и выбор современных способов получения гранулированных теплоизоляционных материалов на основе торфа представляют научный и практический интерес. Получение гранулированного материала на основе торфовой вермикулитовой смеси осуществлялось двумя основными способами.

Первый способ – экструзия. Грануляция методом экструзии осуществляется следующим образом. Материал предварительно обрабатывается в смесителе, где при интенсивном перемешивании ему предаются пластические свойства путем добавления жидкой фазы. Пластифицируемая масса под давлением продавливается через специальные матрицы, качество полученных гранул зависит от влажности смеси, содержания и типа связующего, размера и числа отверстий, формы ножа и среза.

Второй способ – окатывание в грануляторах. Характерными особенностями данного вида гранулирования является низкая энергоемкость и получение равномерных округлых форм размером 3–11 мм [Там же]. Процесс гранулирования торфовой вермикулитовой смеси способом окатывания состоит из четырех стадий:

- 1) подготовка компонентов торфовой вермикулитовой смеси;
- 2) приготовление торфявящего с дозированием торфопасты и вермикулита, перемешивание в смесителе;
- 3) гранулирование и уплотнение гранул в результате их перемещения по поверхности аппарата;
- 4) сушка гранул.

Стадия смешивания компонентов и образования гранул. В качестве связующего применяется вода затворения, способствующая сцеплению частиц. Характер капиллярного взаимодействия в слое сыпучего материала определяется количеством воды в точке контакта, формой контакта и числом контактов в единице объема материала [13].

На стадии грануляции при формировании гранул основную роль играет физико-химическое взаимодействие. Когда частицы приобретают достаточную кинетическую энергию, механические силы начинают способствовать росту гранул, а химические связи способствуют формированию самого материала.

В механизме гранулообразования при окатывания гранул основное значение принадлежит липкости торфяной пасты, которая обуславливается силами межмолекулярного взаимодействия с водой [17].

На стадии сушки происходит упрочнение связей в результате перехода жидкой фазы в твердую, т. е. стабилизация структуры гранул. На всех стадиях происходит изменение распределения частиц по размерам, т. е. идет процесс гранулообразования, интенсивность которого зависит от технологии, аппаратного оформления процесса гранулирования и свойств продукта [12].

Материалы и методы

В статье рассмотрена возможность производства гранулированного теплоизоляционного материала на основе торфовермикулитовой смеси. В работе были использованы сырьевые материалы, соответствующие требованиям нормативных документов.

В качестве вяжущего использовался диспергированный в водной среде низинный торф месторождений Томской области, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 11305–2013.

В качестве заполнителя использовался вермикулит вспученный марки ВВТ-150, соответствующий ГОСТ 12865–67, разработанный научно-производственным объединением «Завод Композиционных Строительных Материалов» (г. Томск).

В качестве гидрофобизатора использовалась кремнийорганическая жидкость торговой марки «Аквасил», соответствующая ТУ 2229-003-60543126–2014. Оценка влияния гидрофобизаторов на свойства торфовермикулитового композита производилась по способности гидрофобизирующей жидкости понижать значения величины водопоглощения и капиллярного всасывания гранулированных торфовермикулитовых образцов. Для приготовления опытных образцов использовалась смесь торфовяжущего и вермикулитового заполнителя.

Торфовяжущее (торфопаста) получали путем мокрого помола торфа естественной влажности в шаровой мельнице с мелющими телами диаметром 10 мм, скорость вращения – 70 об/мин в течение 1 ч с добавлением необходимого количества воды до водосодержания смеси 270 % от массы сухого вещества торфа.

Смесь получали при добавлении в приготовленную торфяную пасту заполнителя – вспученного вермикулита (размер частиц – 0,2–0,3 мм) в разных соотношениях и воды в соответствии с заданным водотвердым отношением. Смесь перемешивалась принудительно в смесителе в течение 15 мин, далее из полученной смеси формировались гранулы с помощью гранулятора методом окатывания с последующим добавлением заполнителя.

Из полученной массы формовались образцы-гранулы, твердение образцов осуществлялось при следующих условиях: сушка при температуре 75–85 °С в течение 24 ч, досушивание в течение 2–4 сут до приобретения равновесной влажности. Полученные образцы-гранулы имели равномерно округлые формы размером 3–11 мм.

Обсуждение результатов

Ранее проведенные исследования показали перспективность использования торфа в композициях с органическими и минеральными компонентами [14–15]. В работе были приведены и обобщены результаты экспериментальных исследований по оценке влияния вермикулитового заполнителя на свойства композиционного материала, составы смесей представлены в табл. 1.

Формование образцов-гранул осуществлялось способом окатывания и экструзии. Отформованные образцы сушились до постоянной массы, после чего определялись их основные физико-механические свойства, результаты ис-

следований представлены в табл. 2. Измерение плотности торфовермикулитовых материалов осуществлялось в соответствии с ГОСТ 17177–94. Определение прочности при сжатии производилось в соответствии с ГОСТ 17177–94.

Таблица 1

Лабораторные составы торфовермикулитовых смесей

№ состава	Состав смеси, %		Расход материалов на 1 м ³ , кг	
	Торфяная паста <i>W</i> = 270 %	Вермикулит (заполнитель)	Торфяная паста <i>W</i> = 270 %	Вермикулит (заполнитель)
1	70	30	430	185
2	70	25	450	160
3	70	20	520	150
4	70	15	560	120
5	70	10	590	85
6	70	5	600	50

Таблица 2

Физико-механические свойства гранулированных торфовермикулитовых материалов

№ п/п	Наименование способа грануляции	Насыпная плотность, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа
1	Способ окатывания	290–365	1,70–3,31
2	Способ экструзии	300–340	1,75–3,40

Анализ полученных данных показал, что при различных способах грануляции торфовермикулитовых материалов физико-механические свойства имеют аналогичные значения. Исходя из этого, можно сделать вывод, что для дальнейшего исследования гранулированного материала на основе торфовермикулитной смеси может быть выбран любой из методов грануляции: окатывания и экструзии.

Известно, что большинство строительных материалов, в том числе теплоизоляционные материалы на основе торфа, имеют капиллярно-пористое и волокнистое строение, и насыщение их водой происходит в основном за счет водопоглощения при капиллярном подсосе и в незначительных количествах при сорбционном увлажнении [16]. Таким образом, для существенного снижения водопоглощения в пористых материалах необходимо применять гидрофобизирующие добавки.

Определение влажности и водопоглощения гранул производилось в соответствии с ГОСТ 17177–94, ГОСТ 1607–2011. Водопоглощение определяют при полном и частичном погружении образцов в воду в течение 24 ч (рис. 2, 3).

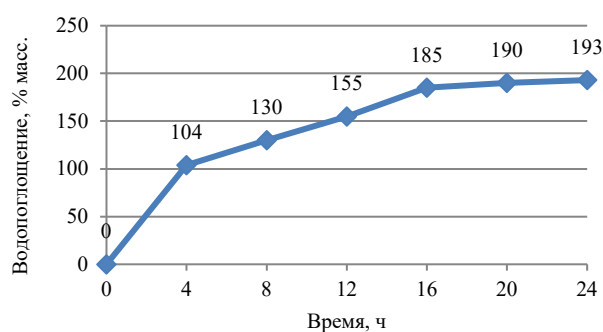


Рис. 2. Водопоглощение при полном погружении гранулированных образцов в течение 24 ч

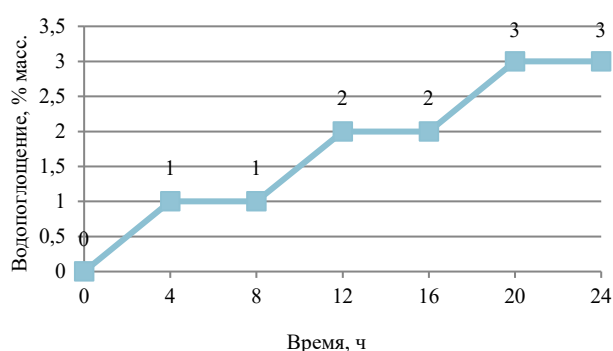


Рис. 3. Водопоглощение при частичном погружении гранулированных образцов в течение 24 ч

Из графика, приведенного на рис. 2, можно сделать вывод о необходимом применении гидрофобизирующей добавки для снижения водопоглощения. Однако при частичном погружении образцов на основе торфовермикулитовой смеси водопоглощение в течение 24 ч составляет 3 %. Необходимо отметить, что при несоответствующих условиях эксплуатации может возникнуть намокание материала. В целях сохранения теплоизоляционных свойств были проведены исследования по возможности снижения водопоглощения путем введения гидрофобизирующей добавки в торфовермикулитовый материал. Для решения этой задачи были проанализированы современные модифицированные гидрофобизаторы, представленные на отечественном рынке, на основе кремнийорганических соединений, такие как «Аквасил-А» (ТУ 2229-001-60543126-2013), «Аквастоп» (ТУ 5772-001-58093526-11), «Кристаллизол» (ТУ 5745-002-38213907-11). Для дальнейших исследований материала по основным техническим характеристикам была выбрана гидрофобизирующая добавка кремнийорганическая жидкость торговой марки «Аквасил-А». Выбор эффективного гидрофобизатора связан с особенностями физико-химических свойств торфа. Для оценки влияния гидрофобизирующих добавок на свойства торфовермикулитовых материалов готовились по стандартной методике образцы-гранулы. На готовые образцы наносился способом распыления раствор гидрофобизатора различной концентрации, после

чего образцы подсушивались до постоянного веса. На рис. 4 представлены результаты исследований.

Из графиков, приведенных на рис. 4, можно сделать вывод: оптимальная концентрация гидрофобизирующего вещества – 10 %, дальнейшее увеличение концентрации не приводит к существенному понижению водопоглощения.

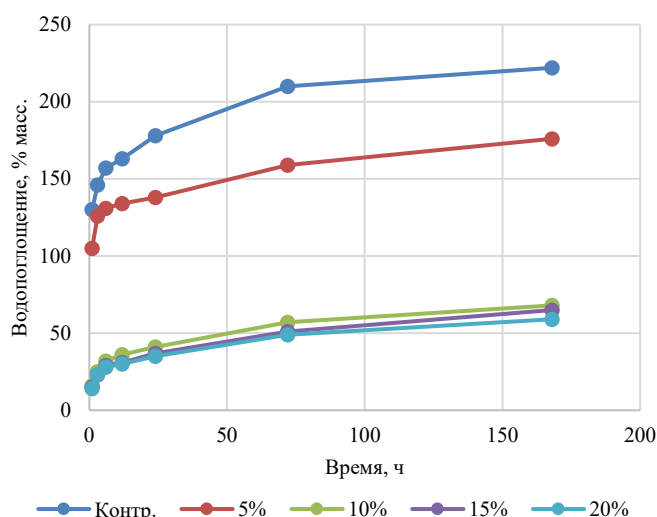


Рис. 4. Влияние модифицирующих добавок на водопоглощение торфовермикулитового материала с добавкой «Аквасил»

В работе исследовалась эффективность разных способов применения гидрофобизирующих добавок. Эксперимент проводился следующим образом: готовилась серия контрольных образцов-гранул на основе базового состава торфовермикулитовой композиции, а остальные образцы готовились с добавлением гидрофобизатора различной концентрации от 5 до 20 %. Результаты исследований представлены в табл. 3.

Таблица 3

Влияние содержания гидрофобизатора «Аквасил» в смеси на водопоглощение и прочность торфовермикулитовых гранул

Содерж. гид-рофобиз., %	Водопоглощение, % масс.							Предел прочности на сжатие, МПа
	1 ч	3 ч	6 ч	12 ч	1 с	3 с	7 с	
Контр.	130	146	157	163	178	210	222	0,47
5	105	126	131	134	138	159	176	0,52
10	16	25	32	36	41	57	68	0,57
15	15	23	29	31	37	51	65	0,54
20	14	23	28	30	35	49	59	0,51

По результатам, представленным в графиках на рис. 5 можно сделать вывод, что при 10%-й концентрации кремнийорганической жидкости «Аквасил» снижается водопоглощение гранулированных образцов до 16 % и одновременно увеличивается прочность гранул на 20 %.

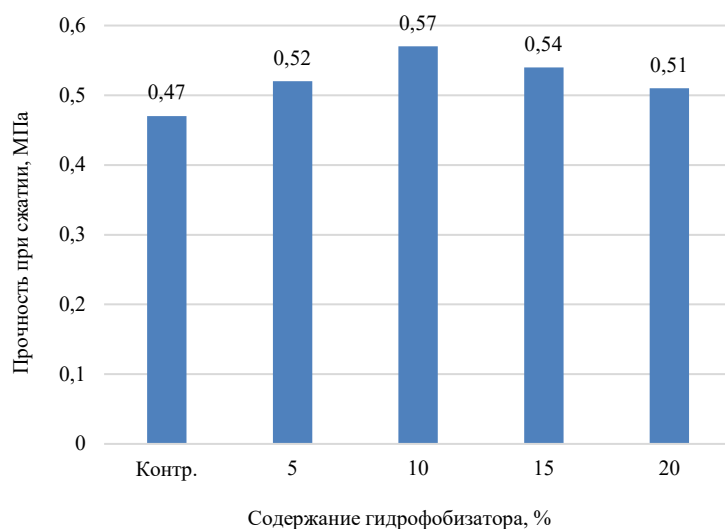


Рис. 5. Влияние процентного содержания гидрофобизатора на прочность при сжатии торфовермикулитовых гранул

Выводы

В настоящее время в качестве перспективных направлений использования гранул из торфовермикулитовой смеси можно рассматривать строительную отрасль. Исходя из приведенных данных, можно утверждать, что разрабатываемые гранулированные теплоизоляционные материалы на основе торфовермикулитовой смеси низинных торфов Томской области являются конкурентоспособными на строительном рынке Западно-Сибирского региона. Полученные данные показали, что независимо от методов грануляции физико-механические свойства материала имеют аналогичные значения, следовательно, для дальнейшего исследования свойств материала на основе торфовермикулитной смеси может быть выбран любой из способов грануляции: окатывания и экструзии.

Анализируя данные эксперимента, можно сделать вывод, что оптимальным является 10%-я концентрация гидрофобизатора «Аквасил» в воде затворения. Такое содержание добавки позволяет снизить водопоглощение торфовермикулитовых образцов до 16 % и увеличить прочность материала в среднем на 20 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Копаница Н.О., Саркисов Ю.С., Кудяков А.И. Стеновые строительные материалы на основе модифицированных торфов Сибири. Томск : Изд-во ТГАСУ, 2013. 295 с.
2. Максимчук О.В., Перишина Т.А. Управление энергоэффективностью. Волгоград : ВолгГАСУ, 2014. 92 с.

3. *Российская Федерация. Законы. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации* : Федеральный закон № 261-ФЗ. URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=93978>(дата обращения: 12.07.2021)
4. *Копаница Н.О., Кудяков А.И., Ковалева М.А.* Теплоизоляционные торфодревесные строительные материалы. Томск : STT, 2009. С. 183–184.
5. *Патент № 2393128 Российская Федерация*, МПК6 C04 B 26/00. Теплоизоляционная композиция для производства строительных материалов на основе торфа : № 2008101233/03 : заявл. 20.07.2009 : опубл. 27.06.2010 / Копаница Н.О., Кудяков А.И., Калашникова М.А. ; ФБГОУ ВО «ТГАСУ». Бюл. № 12.
6. *Касицкая Л.В., Саркисов Ю.С., Копаница Н.О. и др.* Торфяные ресурсы Томской области и пути их использования в строительстве. Томск : STT, 2007. 292 с.
7. *Копаница Н.О., Ковалева М.А.* Исследование вяжущих свойств низинных торфов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2012. № 4. С. 153–158.
8. *Горколыцева Д.С., Мелак-Оглы А.В.* Исследование гранулированного материала на основе торфовермикулитовой смеси. Новосибирск : Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 2020. С. 35–39.
9. *Горколыцева Д.С.* Исследование физико-механических свойств теплоизоляционных материалов на основе торфа // Перспективы развития фундаментальных наук : сборник научных трудов XVII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Томск : Изд-во Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, 2020. С. 36–38.
10. *Горколыцева Д.С.* Исследование и обоснование компонентного состава теплоизоляционного материала на основе торфа применительно к купольному строительству // Перспективы развития фундаментальных наук : сборник научных трудов XVI Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Томск : Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2019. С. 40–42.
11. *Ринкевич В.П.* Анализ способов получения и рецептур гранулированных композитов различного назначения на основе торфа // Вестник Белорусско-Российского университета. 2007. № 4. С. 172–178.
12. *Виталова Н.М.* Эффективные строительные материалы на основе торфа с улучшенными теплотехническими свойствами : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.23.05 / Виталова Н.М. ; Ивановский государственный архитектурно-строительный университет. Иваново, 2012. С. 79–82.
13. *Артемьев В.М.* Производство неорганических теплоизоляционных материалов / В.М. Артемьев // Промышленная тепловая изоляция. Применение и производство : сборник трудов науч.-техн. конф. Москва : ОАО «Теплопроект», 2004.
14. *Горколыцева Д.С., Копаница Н.О.* Гранулированный материал из торфовермикулитовой смеси для легких бетонов // Инвестиции, строительство, недвижимость как драйверы социально-экономического развития территории и повышения качества жизни населения. Томск : Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2021. С. 353–358.
15. *Горколыцева Д.С., Мелак-Оглы А.В.* Исследование гранулированного материала на основе торфовермикулитовой смеси // Современные ресурсосберегающие материалы и технологии: перспективы и применение. Новосибирск : Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, 2020. С. 35–39.
16. *Алентьев А.А., Клетчетков И.И., Пашенко А.А.* Кремнийорганические гидрофобизаторы. 1992. 306 с.
17. *Томсон А.Э., Наумова Г.В.* Торф и продукты его переработки / НАН Беларуси, Ин-т природопользования. Минск : Белорусская наука, 2009. С. 184–185.

REFERENCES

1. *Kopanitsa N.O., Sarkisov Yu.S., Kudyakov A.I.* Stenovye stroitel'nye materialy na osnove modifitsirovannykh torfov Sibiri [Wall building materials based on modified Siberian peat]. Tomsk: TSUAB, 2013. 295 p. (rus)

2. Maksimchuk O.V., Pershina T.A. Upravlenie energoeffektivnost'yu [Energy efficiency management]. Volgograd, 2014. 92 p. (rus)
3. Rossiiskaya Federatsiya. Zakony. Ob energosberezhenii i o povyshenii energeticheskoi effektivnosti i o vnesenii izmenenii v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossiiskoi Federatsii: Federal'nyi zakon № 261-FZ [Federal Law N 261-FZ "Energy Saving and Improving Energy Efficiency and Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation". Available: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=93978> (accessed July 12, 2021) (rus)
4. Kopanitsa N.O., Kudyakov A.I., Kovaleva M.A. Teploizolyatsionnye torfodrevesnye stroitel'nye materialy [Thermal insulation peat-wood building materials]. Tomsk: STT, 2009. Pp. 183–184. (rus)
5. Kopanitsa N.O., Kudyakov A.I., Kalashnikova M.A. Patent № 2393128 Rossiiskaya Federatsiya, MPK6 S04 V 26/00. Teploizolyatsionnaya kompozitsiya dlya proizvodstva stroitel'nykh materialov na osnove torfa [Heat-insulating composition for peat-based building material production]. Patent Russ. Fed. N 2393128, 2010. (rus)
6. Kasitskaya L.V., Sarkisov Yu.S., Kopanitsa N.O., et al. Torfyanye resursy Tomskoi oblasti i puti ikh ispol'zovaniya v stroitel'stve [Peat resources in the Tomsk region and their use in construction]. Tomsk: STT, 2007 292 p. (rus)
7. Kopanitsa N.O., Kovaleva M.A. Issledovanie vyazhushchikh svoystv nizinykh torfov [Investigation of astringent properties of lowland peat]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2012. Pp. 153–158. (rus)
8. Gorkoltseva D.S., Melak-Ogly A.V. Issledovanie granulirovannogo materiala na osnove torfovermikulitovoi smesi [Investigation of granulated material based on peat-vermiculite mixture]. Novosibirsk, 2020. Pp. 35–39. (rus)
9. Gorkoltseva D.S. Issledovanie fizikomekhanicheskikh svoystv teploizolyatsionnykh materialov na osnove torfa [Physical and mechanical properties of peat-based heat-insulating materials]. In: *Perspektivy razvitiya fundamental'nykh nauk: sbornik nauchnykh trudov XVII Mezhdunarodnoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh (Proc. 17th Int. Sci. Conf. of Students and Young Scientists 'Prospects of Fundamental Sciences Development')*. Tomsk: TSUCSR, 2020. Pp. 36–38. (rus)
10. Gorkoltseva D.S. Issledovanie i obosnovanie komponentnogo sostava teploizolyatsionnogo materiala na osnove torfa primenitel'no k kupol'nomu stroitel'stvu [Component composition of peat-based heat-insulating material applied to dome construction]. In: *Perspektivy razvitiya fundamental'nykh nauk: sbornik nauchnykh trudov XVI Mezhdunarodnoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh (Proc. 16th Int. Sci. Conf. of Students and Young Scientists 'Prospects of Fundamental Sciences Development')*. Tomsk: TPU, 2019. Pp. 40–42. (rus)
11. Rinkevich V.P. Analiz sposobov polucheniya i retseptur granulirovannykh kompozitov razlichnogo naznacheniya na osnove torfa [Peat-based granulated composites for various purposes]. *Vestnik Belorussko-Rossiiskogo universiteta*. 2007. No. 4. Pp. 172–178. (rus)
12. Vitalova N.M. Effektivnye stroitel'nye materialy na osnove torfa s uluchshennymi teplotekhnicheskimi svoystvami dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk [Peat-based building materials with improved thermal properties. PhD Thesis]. Ivanovo, 2012. Pp. 79–82. (rus)
13. Artem'ev V.M. Proizvodstvo neorganicheskikh teploizolyatsionnykh materialov [Production of inorganic thermal insulation materials]. In: *Promyshlennaya teplovaya izolyatsiya. Primenenie i proizvodstvo: sbornik trudov nauch-tekhn. konf. (Proc. Sci. Conf. 'Industrial Thermal Insulation. Application and Production')*. Moscow: OAO "Teploproekt", 2004. (rus)
14. Gorkol'tseva D.S., Kopanitsa N.O. Granulirovannyi material iz torfovermikulitovoi smesi dlya legkikh betonov [Granulated material from peat-vermiculite mixture for lightweight concrete] In: *Investitsii, stroitel'stvo, nedvizhimost' kak draivery sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya territorii i povysheniya kachestva zhizni naseleniya (Proc. Int. Sci. Conf. 'Investments, Construction, Real Estate as a Material Basis for Economy Modernization and Innovation')*. Tomsk: TSUAB, 2021. Pp. 353–358. (rus)
15. Gorkol'tseva D.S., Melak-Ogly A.V. Issledovanie granulirovannogo materiala na osnove torfovermikulitovoi smesi [Granulated material based on peat-vermiculite mixture]. In: *Sovremennye resursosberegayushchie materialy i tekhnologii: perspektivy i primeneniye [Resource-saving materials and technologies: Perspectives and application]*. Novosibirsk. 2020. Pp. 35–39. (rus)

16. *Alentev A.A., Klechetkov I.I., Pashenko A.A.* Kremniorganicheskie gidrofobizatory [Organo-silicon water repellents]. 1992. 306 p. (rus)
17. *Thomson A.E., Naumova G.V.* Torf i produkty ego pererabotki [Peat and products of its processing]. Minsk: Belaruskaya Navuka, 2009. Pp. 184–185. (rus)

Сведения об авторах

Горколыцева Динара Сергеевна, аспирант, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, gorkoltsevadinara@gmail.com

Копаница Наталья Олеговна, докт. техн. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, kopanitsa@mail.ru

Authors Details

Dinara S. Gorkoltseva, Research Assistant, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, gorkoltsevadinara@gmail.com

Natalia O. Kopanitsa, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, kopanitsa@mail.ru