

ТЭХНІЧНАЯ ХІМІЯ І ХІМІЧНАЯ ТЭХНАЛОГІЯ
TECHNICAL CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING

УДК 666.616; 552.11
<https://doi.org/10.29235/1561-8331-2021-57-4-463-471>

Поступила в редакцию 26.08.2021
Received 26.08.2021

**С. Е. Баранцева¹, А. И. Позняк², Ю. А. Климош¹, И. М. Азаренко¹,
Н. Н. Гундилович¹, А. В. Поспелов¹**

¹Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь
²Университет Дуйсбург-Эссен, Дуйсбург, Германия

**ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЙ ПОРИСТЫЙ МАТЕРИАЛ
НА ОСНОВЕ ГЛАУКОНИТСОДЕРЖАЩИХ ПЕСКОВ И АЛЕВРИТОВ
НОВОДВОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Аннотация. Приведены результаты исследования по получению теплоизоляционных пористых керамических материалов с использованием вскрышных пород Новодворского месторождения Пинского района Брестской области в качестве основного компонента сырьевых композиций и рекомендовано использование валовой породы, состоящей из глауконитовых песков и алевритов. В качестве дополнительных составляющих использованы легкоплавкая глина, базальт и порообразователь, рациональное сочетание которых обеспечивает формовочную способность керамических масс и необходимый комплекс физико-химических свойств материала. Установлена зависимость показателей насыпной плотности, коэффициента вспучивания, коэффициента теплопроводности от химико-минерального состава используемых пород и сырьевых композиций, что явилось критерием выбора составов с максимальным использованием вскрышной породы и необходимой пластичностью керамической массы, требуемой для осуществления процесса формования сырцовых гранул. Результаты исследования могут служить основанием для масштабного использования не только полезных ископаемых Новодворского месторождения (базальтов и туфов), но и попутных – глауконитсодержащих вскрышных пород, что внесет существенный вклад в расширение минерально-сырьевой базы Республики Беларусь.

Ключевые слова: глауконитсодержащие породы, пески, алевриты, алевролиты, теплоизоляционный материал, пористость, объемная плотность, коэффициент теплопроводности, термообработка

Для цитирования. Теплоизоляционный пористый материал на основе глауконитсодержащих песков и алевритов Новодворского месторождения Республики Беларусь / С. Е. Баранцева [и др.] // Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. хім. навук. – 2021. – Т. 57, № 4. – С. 463–471. <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2021-57-4-463-471>

S. E. Barantseva¹, A. I. Pazniak², Y. A. Klimosh¹, I. M. Azaranka¹, N. N. Hundzilovich¹, A. V. Pospelov¹

¹Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus
²University of Duisburg-Essen, Duisburg, Germany

**HEAT-INSULATING POROUS MATERIAL BASED ON GLAUCONITE-CONTAINING SANDS
AND ALEURITES OF THE NOVODVORSKOYE DEPOSIT OF THE REPUBLIC OF BELARUS**

Abstract. The results on the research of heat-insulating porous ceramic materials produced using overburden rocks of the Novodvorsk deposit of Pinsk district of the Brest region as the main component of raw materials are presented in the study and the use of bulk rock consisting of glauconite sands and aleurites is recommended. Low-melting clay, basalt and a blowing agent are used as additional components, rational combination of which would ensure the forming ability of ceramic masses and the required set of the physicochemical properties of the material. The dependence of the bulk density, swelling coefficient, coefficient of thermal conductivity on the chemical and mineral composition of the used and raw materials is established, which is the criteria for choosing composition with the maximum use of overburden and the necessary plasticity of the ceramic mass required for the molding process of raw granules. The obtained results can serve as a basis for the large-scale use of not only the minerals of the Novodvorsk deposit (basalts and tuffs), but also associated – glauconite-containing overburden. This will make a significant contribution to the expanding the mineral resource base of the Republic of Belarus.

Keywords: glauconite-containing rocks, sands, aleurites, aleurolites, heat-insulating material, porosity, bulk density, coefficient of thermal conductivity, heat treatment

For citation. Barantseva S. E., Pazniak A. I., Klimosh Y. A., Azaranka I. M., Hundzilovich N. N., Pospelov A. V. Heat-insulating porous material based on glauconite-containing sands and aleurites of the Novodvorskoye deposit of the Republic of Belarus. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya khimichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Chemical Series*, 2021, vol. 57, no. 4, pp. 463–471 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2021-57-4-463-471>

Введение. Актуальной задачей промышленности является расширение минерально-сырьевой базы стекольной и керамической отраслей за счет широкого использования полезных ископаемых новых месторождений. В Республике Беларусь завершены работы по предварительной разведке базальтов и туфов месторождения Новодворское Пинского района Брестской области [1]. На основании этого Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды РБ утвердило суммарные запасы базальтов и туфов по категориям C1+C2, подсчитанные на площади 144,5 га, в объеме 164,1 млн т. По данному месторождению также утверждены предварительно оцененные запасы попутных полезных ископаемых, залегающих во вскрышных породах месторождения, к которым относятся глауконитсодержащие породы (пески, алевриты, алевролиты) в объеме 10,1 млн м³.

Ранее в Беларуси проводились исследования глауконитовых пород и концентратов с целью изучения их качественных и технологических характеристик, а также возможных областей применения в промышленном производстве и сельском хозяйстве. Так, изучалась возможность использования глауконитсодержащих пород и глауконитового концентрата месторождений «Добруш» (Гомельская область) и «Карповцы» (Гродненская область) в качестве сорбентов и ионообменников для получения пигмента, используемого в производстве глазурованной плитки, керамических изделий, масляных, клеевых и известковых красок, а также в качестве удобрения и структурирующего почву материала в растениеводстве [2–13].

Строение толщи Новодворского месторождения, приведенное в табл. 1, позволило оценить местоположение изучаемых пород (пласт 1–3) и их мощность.

Т а б л и ц а 1. Строение толщи Новодворского месторождения

Table 1. Structure of the stratum of the Novodvorskoye deposit

Название породы	Средняя мощность, м
Вскрыша	1,26
Песок строительный	20,52
Породы глауконитсодержащие (пласт 1)	12,7
Внутренняя вскрыша (пласт 2)	9,1
Породы глауконитсодержащие (пласт 3)	6,2
Породы базальтовые (Т2+Т1)	17,2
Туф (Т3) прослой в 70 % скважин	5,9
Породы базальтовые (Т2+Т1)	6,4
Туф и туффит (Т3)	26,3

Глауконитсодержащие породы представляют собой глауконит-кварцевые слюдистые алевриты и алевролиты. Содержание минерала глауконита ($K(Fe^{3+}, Al, Fe^{2+}, Mg), [Al Si_3 O_{10}](OH)_2 \cdot nH_2O$) в породах варьирует в пределах 10–25 мас.%; остальные минералы представлены преимущественно кварцем (SiO_2), полевыми шпатами (альбит $Na[AlSi_3O_8]$, анортит $Ca[Al_2Si_2O_8]$, ортоклаз $K[AlSi_3O_8]$), каолинитом ($Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$), мусковитом ($KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$); возможно присутствие сидерита ($FeCO_3$) и фосфатов ($(CH_3O)_n P(O)(OH)_{3-n}$) в небольших количествах [1].

По химико-минеральному составу, как первому и главному признаку пригодности сырья, глауконитовые пески и алевриты являются перспективной сырьевой основой для получения силикатных материалов, однако вопрос их использования для получения керамических пористых теплоизоляционных материалов остается практически неизученным.

Цель настоящего исследования – разработка рецептуры сырьевых композиций и технологических параметров получения теплоизоляционных пористых керамических материалов на основе глауконитсодержащих пород Новодворского месторождения, а также установление зависимостей

физико-химических свойств от химико-минерального состава и режимов термообработки материала.

Объектом исследования являются керамические массы, содержащие в качестве основного компонента валовую пробу трех вышеуказанных горизонтов (табл. 1), а также пластификатор – легкоплавкую глину, плавни – различные магматические породы кристаллического фундамента Республики Беларусь (базальт, гранитоиды) и техногенные отходы промышленности (пыль газоочистительных установок различных производств).

Методика исследований. Проведение исследования базировалось на основании определения температурных интервалов плавления вскрышных глауконитсодержащих пород при термообработке как критериального фактора, обеспечивающего формирование структуры теплоизоляционных пористых керамических материалов, с последующей разработкой рецептур их сырьевых композиций и изучением зависимости показателей физико-химических свойств от составов и температурных параметров термической обработки.

Для изготовления теплоизоляционного пористого материала приготовление массы осуществляли поэтапно путем тщательного смешивания в сухом состоянии тонкомолотой глауконитсодержащей породы и порообразователя, затем добавляли пластификатор, плавень и воду. Далее в грануляторе формовали полуфабрикат в виде сырцовых гранул, которые подсушивались в естественных условиях и поступали на термическую обработку по режиму, обеспечивающему заданный коэффициент вспучивания и объемную плотность.

Физико-химические процессы при нагревании исследуемых образцов породы и сырьевых композиций анализировали по кривым ДСК, полученным с помощью дифференциально-сканирующего калориметра *DSC 404 F3 Pegasus (NETZSCH, Германия)* в интервале температур 30–1400 °С в среде аргона (Ar).

Определение элементного химического состава осуществляли с использованием сканирующего электронного микроскопа *JSM-5610 LV*, оснащенного системой электронно-зондового энергодисперсионного химического анализа *EDX JED-2201 (JEOL, Япония)* и программным обеспечением с возможностью автоматической идентификации характеристических максимумов рентгеновского излучения элементов. В соответствии с нормативно-техническими документами (СТБ ЕН 13055-1 и СТБ ЕН 14013-1) определялись основные свойства полученных материалов.

Результаты и их обсуждение. На первом этапе исследования проведено изучение физико-химических процессов и фазовых превращений при нагревании в интервале 30–1400 °С экспериментальных пород трех вышеуказанных горизонтов и их валовой пробы (рис. 1).

По результатам дифференциальной сканирующей калориметрии (рис. 1) установлено, что в исследуемых пробах глауконитсодержащих пород в интервале температур 80–145 °С наблюдаются эндотермические эффекты, обусловленные удалением свободной и физически связанной воды. Экзотермический эффект при 305–410 °С обусловлен окислением структурного железа (II) и переходом его в трехвалентное состояние, а также сгоранием органических примесей, присутствующих в исследуемых пробах. При температурах 490–540 °С происходит удаление конституционной воды из слоистой структуры глинистых и гидрослюдистых минералов (каолинит, мусковит, глауконит и др.) и их последующее разложение. Эндоэффект в интервале температур 572–578 °С объясняется полиморфным превращением кварца, в интервале температур 870–910 °С – процессами диссоциации карбонатов кальция и магния и удалением ионов OH^- , присутствующих в структуре глауконита и глинистых минералов. При температурах 900–940 °С происходит процесс формирования кристаллической фазы (вероятно, муллита) с выделением тепла. Начало плавления, согласно кривым ДСК, фиксируется при температурах выше 1200 °С, о чем свидетельствует небольшое снижение величины теплового потока в данном интервале температур. В связи с этим целесообразным является введение плавня, роль которого может выполнять более легкоплавкий базальт, являющийся полезным ископаемым этого же месторождения, залегающим ниже трех горизонтов вскрышных пород [1], используемых в данном исследовании. Для обоснованного подхода к вопросу корректировки сырьевых композиций, основу которых составляют тугоплавкие вскрышные породы (индексы приведены на рис. 1), определен их химический состав с использованием электронно-зондового энергодисперсионного химического анализа (табл. 2).

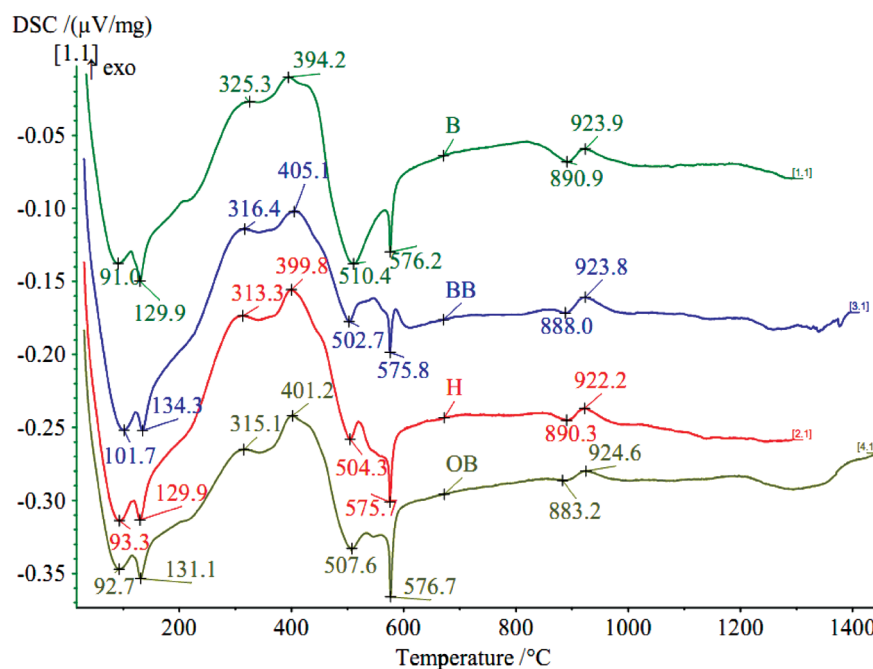


Рис. 1. Кривые ДСК исходных глауконитсодержащих пород и валовой пробы. Обозначения: В – верхний горизонт (глауконитовые пески и алевриты); BB – внутренняя вскрыша (глауконитсодержащий песок); Н – нижний горизонт (алеволиты); OB – валовая проба

Fig. 1. DSC curves of initial glauconite-containing rocks and bulk sample. Designations: B – upper horizon (glauconite sands and silts); BB – internal overburden (glauconite-containing sand); H – lower horizon (siltstones); OB – bulk sample

Таблица 2. Химический состав проб порошкообразного исходного сырья
Table 2. Chemical composition of powder samples of raw materials

Индекс пробы	Массовое содержание оксидов, %									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	FeO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	SO ₃
В	70,07	10,04	0,74	14,19	0,74	–	2,74	–	–	1,48
BB	75,65	7,63	–	11,97	0,77	1,30	2,22	–	–	0,46
Н	69,53	9,15	0,65	13,65	1,10	0,76	2,70	1,01	0,41	1,05
OB	74,26	8,28	0,79	9,29	1,21	1,79	1,96	0,34	0,14	1,94

Данные по химическому оксидному составу пород каждого горизонта и общей валовой пробы свидетельствуют о значительном суммарном содержании тугоплавких оксидов (SiO₂+Al₂O₃), составляющем 78,68–83,28 мас.%. Породы трех горизонтов по химическому составу близки, а поскольку их селективная добыча не представляется возможной, наиболее целесообразным является изучение сырьевых композиций на основе породы валового состава (проба OB, табл. 2).

Учитывая опыт предыдущих исследований по получению теплоизоляционных пористых материалов на основе магматических пород [14], для обеспечения необходимых формовочных свойств керамических масс экспериментальные сырьевые композиции были дополнены легкоплавкой глиной, базальтом, гранитоидными отсевами и пылевидными отходами электроплавильного производства стали (пыль ПГУ), производства цемента (пыль ОПЦ) и извести (пыль ОПИ). Химический состав вышеуказанных компонентов представлен в табл. 3, качественный состав сырьевых композиций – в табл. 4.

По результатам ранее проведенных исследований изучения пористых теплоизоляционных материалов на основе магматических пород [15] определено, что оптимальным температурным интервалом обжига является 1190 ± 5 °С. Отформованные и высушенные сырьевые гранулы экспериментальных составов (табл. 4) были подвергнуты термической обработке, затем оценивались основные критериальные показатели свойств – объемная плотность (рис. 2, а), коэффициент вспучивания (рис. 2, б) и водопоглощение (рис. 2, с).

Таблица 3. Химический состав дополнительных компонентов

Table 3. Chemical composition of additional components

Компонент	Массовое содержание оксидов, %														п.п.п.
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	FeO+Fe ₂ O ₃	K ₂ O+Na ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	ZnO	Cr ₂ O ₃	SO ₃	Cl	CuO	
Глина «Лукомль»	56,00	14,10	5,70	3,10	7,60	4,50	–	–	–	–	–	–	–	–	9,00
Базальт	46,11	11,49	5,00	7,87	14,00	4,30	1,74	0,31	–	–	–	–	–	–	9,18
Гранитоиды	61,63	14,86	4,38	3,32	8,94	2,52	0,93	0,35	0,19	–	–	–	–	–	2,87
Пыль ПГУ	3,12	1,03	3,82	–	34,42	7,63	–	–	–	42,24	0,29	1,23	2,63	1,92	1,67
Пыль ОПЦ	4,96	3,14	37,77	0,26	1,04	29,63	0,25	–	–	2,60	–	12,00	–	2,81	5,54
Пыль ОПИ	5,93	1,68	85,17	0,18	0,40	1,76	–	–	–	–	–	–	–	–	4,88

Таблица 4. Качественные составы сырьевых композиций

Table 4. Qualitative compositions of raw materials

Компоненты	Номер сырьевой композиции							
	1*	2	3	4*	5*	6*	7	8
Валовая проба пород трех горизонтов (ОВ)	+	+	+	+	+	+	+	+
Легкоплавкая глина «Лукомль»	+	+	+	+	+	+	+	+
Порообразователь (SiC)	+	+	+	+	+	+	+	+
Базальт	–	–	–	–	–	–	+	–
Гранитоидные отсеки	–	–	–	–	–	–	–	+
Пылевидные отходы сталеплавильного производства (пыль ПГУ)	–	–	–	+	–	+	–	–
Пылевидные отходы получения цемента (пыль ОПЦ)	–	+	–	–	–	–	–	–
Пылевидные отходы получения извести (пыль ОПИ)	–	–	+	–	–	–	–	–

* Составы № 1 и 5, 4 и 6 отличаются содержанием компонентов.

Комплексный анализ показателей физико-химических свойств и характера пористости явился основой для выбора перспективных составов сырьевых композиций, при этом учитывался фактор максимального использования вскрышной породы, с одной стороны, и обеспечения необходимой пластичности керамической массы, требуемой для осуществления процесса формования сырцовых гранул за счет использования глины, – с другой.

Одновременно производилась визуальная оценка состояния поверхности гранул и их структуры. Характерно, что образцы составов № 2, 3 и 5 (табл. 4.) имели остеклованную поверхность и повышенную объемную плотность; образцы состава № 4 отличались крупнопористой структурой и недостаточной прочностью при сжатии (до 1,0 МПа). Анализ результатов определения объемной плотности, коэффициента вспучивания, водопоглощения и визуальной оценки экспериментальных

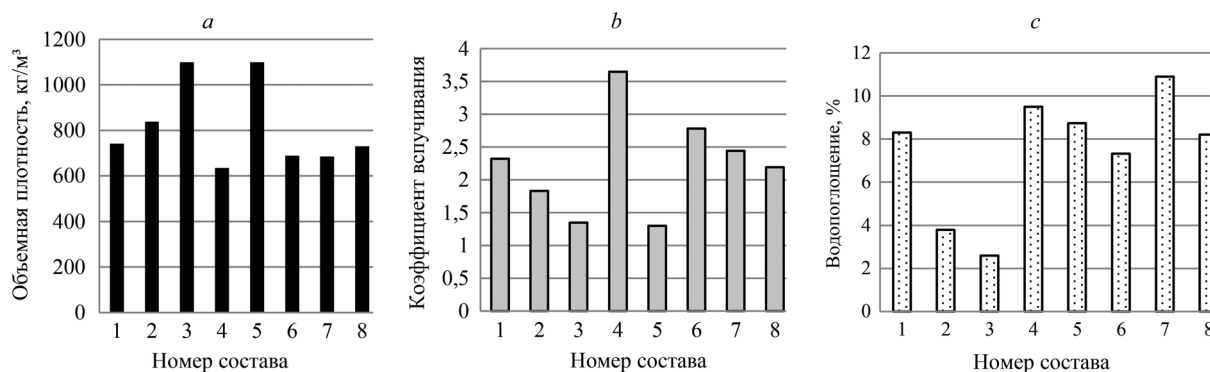


Рис. 2. Показатели объемной плотности (а), коэффициента вспучивания (b) и водопоглощения (с) экспериментальных образцов теплоизоляционных материалов на основе вскрышных пород

Fig. 2. Bulk density (a), swelling coefficient (b) and water absorption (c) of experimental samples of thermal insulation materials based on overburden

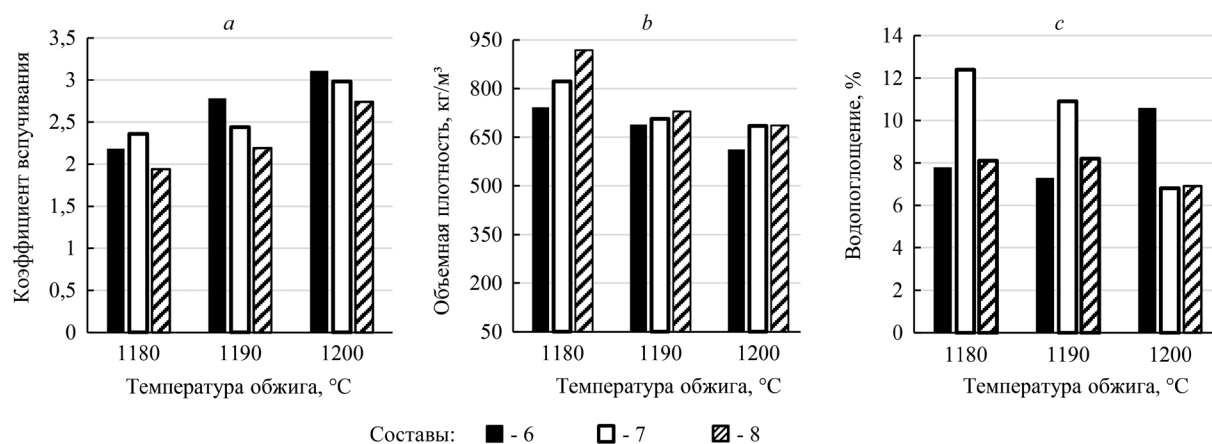


Рис. 3. Показатели коэффициента вспучивания (a), объемной плотности (b) и водопоглощения (c) экспериментальных образцов перспективных составов в зависимости от температуры обжига

Fig. 3. Bulk swelling coefficient (a), density (b) and water absorption (c) of experimental samples of promising compositions, depending on the annealing temperature

образцов показал, что наиболее перспективными для получения пористых теплоизоляционных материалов являются составы № 6, 7 и 8, характеризующиеся приемлемыми показателями основных критериальных свойств. Так, значения объемной плотности образцов № 6, 7 и 8 составляют: 689, 685 и 730 кг/м³; коэффициента вспучивания – 2,78, 2,44 и 2,19; водопоглощения – 7,32, 10,9 и 8,2 % соответственно.

Для уточнения и конкретизации температурных параметров обжига, обеспечивающих необходимую пористую структуру при сохранении показателей критериальных свойств, была проведена термическая обработка образцов составов № 6, 7 и 8 при температурах 1180, 1190 и 1200 °C с выдержкой на каждой максимальной температурной экспозиции 10 мин (рис. 3).

В результате проведенного эксперимента установлено, что температура обработки 1180 °C является недостаточной, поскольку не обеспечивает завершенности процессов порообразования в образцах и формирование однородной структуры. В связи с этим рекомендуемая температура обжига теплоизоляционных пористых материалов на основе глауконитсодержащих песков и алевроитов составляет 1195 ± 5 °C, при которой показатели свойств и структура материалов соответствуют требованиям нормативно-технической документации.

Таким образом, по комплексу технологических характеристик (пластичность керамической массы, спекаемость), показателям физико-химических свойств и характеру пористой структуры в качестве оптимального выбран состав № 7 (табл. 4). Помимо этого преимуществом его сырьевой композиции является возможность комплексного использования не только попутных полезных ископаемых Новодворского месторождения, к которым относятся глауконитсодержащие вскрышные породы, но и основного полезного ископаемого этого же месторождения – базальта в качестве плавня, что способствует образованию жидкой фазы и активному порообразованию при получении керамических теплоизоляционных материалов.

На рис. 4 приведены изображения обожженной гранулы состава № 7 и фрагментов ее поверхности и поперечного среза. Следует отметить, что на частично остеклованной поверхности гранулы (рис. 4, a, b) присутствует большое количество открытых мелких пор, что обеспечит адгезию цементного теста к поверхности гранул и соответственно прочность легких бетонов. На фотографии среза гранулы (рис. 4, c) видно, что внутренняя структура образца характеризуется достаточно равномерным распределением в объеме изометричных пор, размеры которых преимущественно составляют от 0,05 до 0,5 мм.

Полученный на основе глауконитсодержащих вскрышных пород пористый наполнитель наиболее востребованной фракции 10–16 мм характеризуется следующими показателями физико-химических свойств: объемная плотность – 650–660 кг/м³; насыпная плотность – 420–440 кг/м³; коэффициент вспучивания – 2,6–2,8; водопоглощение – 7,3–8,1 %; механическая прочность

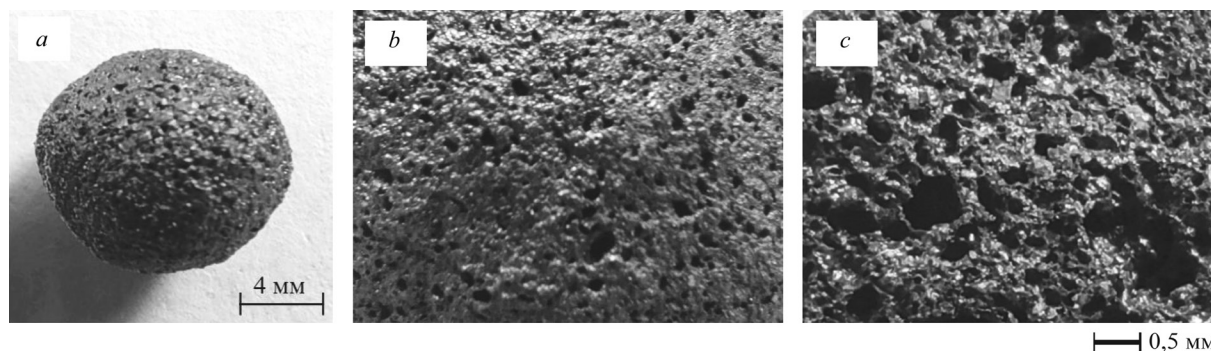


Рис. 4. Фотография обожженной гранулы (а), фрагментов ее поверхности (b) и поперечного среза (с)

Fig. 4. Photo of the annealed granule (a), fragments of its surface (b) and cross-section (c)

при сжатии – 2,1–2,3 МПа; коэффициент теплопроводности – 0,085–0,09 Вт/м·К; потери при прокаливании – 0,16–0,18 %; гидrolитическая стойкость – 99,7–99,8 %; химическая устойчивость к концентрированной серной кислоте – 98,2–98,5 %, к 20 %-ному раствору NaOH – 95,4–96,1 %; удельная эффективная активность естественных радионуклидов – 98–127 Бк/кг, что соответствует требованиям нормативно-технической документации, предъявляемым к теплоизоляционным пористым материалам аналогичного назначения. В частности, показатели свойств широко применяемого в строительстве пористого заполнителя легких бетонов – керамзита составляют: насыпная плотность не более 600–700 кг/м³; коэффициент теплопроводности не более 0,092–0,130 Вт/м·К; водопоглощение – до 20 %; удельная эффективная активность естественных радионуклидов – 300 Бк/кг.

Заклучение. Результаты исследования по использованию вскрышных пород Новодворского месторождения Пинского района Брестской области для получения теплоизоляционных пористых керамических материалов подтвердили целесообразность их применения в составе сырьевых композиций, основным компонентом которых является валовая порода, состоящая из глауконитсодержащих песков, алевритов и алевролитов. В качестве дополнительных составляющих используются пластификатор – легкоплавкая глина, плавень – базальт и порообразователь – карбид кремния. Рациональное сочетание указанных компонентов обеспечивает необходимую формовочную способность керамических масс и комплекс физико-химических свойств гранулированного теплоизоляционного материала. Обладая вышеперечисленными свойствами, разработанный на основе глауконитсодержащих вскрышных пород пористый материал может использоваться не только в качестве заполнителя легких бетонов и теплоизоляционных блоков, но и в качестве теплоизоляционных засыпок, оснований в дорожном строительстве, благоустройстве объектов частного домостроения, тепло- и звукоизоляции полов и перекрытий.

Таким образом, попутные полезные ископаемые Новодворского месторождения, к которым относятся вскрышные породы – глауконитсодержащие пески, алевриты и алевролиты, являются приемлемым белорусским сырьем для получения керамических пористых теплоизоляционных материалов. Результаты исследований могут служить рекомендацией для комплексного масштабного использования как основных, так и попутных полезных ископаемых при промышленной разработке Новодворского месторождения базальтов и туфов, что внесет определенный вклад в расширение минерально-сырьевой базы Республики Беларусь и улучшение экологической ситуации этого региона.

Благодарности. Авторы выражают благодарность сотрудникам Государственного предприятия «НПЦ по геологии» – зам. генерального директора Г. Б. Качанко за предоставленные пробы вскрышных пород и научным сотрудникам О. Ф. Кузьменковой, Г. Д. Стрельцовой и С. С. Манкевичу за оказание консультаций по геологическим вопросам.

Acknowledgments. The authors express their gratitude to the staff of the State Enterprise «Scientific Research Center for Geology» – Deputy General Director G. B. Kachanko for the provided samples of overburden rocks and to scientific workers O. F. Kuzmenkova, G. D. Streltsova and S. S. Mankevich for consulting on geological issues.

Список использованных источников

1. Глауконитсодержащие породы поискового участка Пинский (Беларусь) / О. Ф. Кузьменкова [и др.] // Геология и минерально-сырьевые ресурсы запада Восточно-Европейской платформы: проблемы изучения и рационального использования. – Минск: СтройМедиаПроект, 2017. – С. 172–176.
2. Нетрадиционные виды минерального сырья Беларуси / Э. А. Высоцкий [и др.] // Природные ресурсы. – 1999. – № 2. – С. 5–16.
3. Ещенко, Л. С. Применение глауконитсодержащих пигментов в производстве строительных материалов / Л. С. Ещенко, В. А. Салоников, Г. М. Жук // Наука и технология строительных материалов: состояние и перспективы: материалы междунар. науч.-техн. конф. – Минск, 2005. – С. 86–89.
4. Кольненков, В. П. Геоэкологические аспекты использования глауконита как сорбента долгоживущих радионуклидов / В. П. Кольненков, Л. И. Мурашко // Минерально-сырьевая база Республики Беларусь: состояние и перспективы. – Минск: БелНИГРИ, 1997. – С. 246–247.
5. Об использовании глауконитового сырья в производстве изделий строительного назначения / И. А. Левицкий [и др.] // Геология, поиски и освоение месторождений полезных ископаемых: сб. науч. тр. – Минск: БЕЛГЕО, 2010. – Вып. 3. – С. 195–201.
6. Новые данные о перспективах использования глауконита в народном хозяйстве Беларуси / Л. И. Мурашко [и др.] // Минерально-сырьевая база Республики Беларусь: состояние и перспективы. – Минск: БелНИГРИ, 1997. – С. 118–119.
7. Мурашко, Л. И. Методика извлечения глауконита из отложений палеогена Беларуси / Л. И. Мурашко, Т. Е. Колосова // Геология, поиски и освоение месторождений полезных ископаемых Беларуси: сб. науч. тр. – Минск: БЕЛГЕО, 2005. – С. 105–110.
8. Павлюкевич, Ю. Г. Использование глауконита для получения облицовочных керамических материалов / Ю. Г. Павлюкевич, И. А. Левицкий, Л. И. Мурашко // Техника и технология силикатов. – 2000. – № 12. – С. 113–115.
9. Оценить возможности комплексного использования глауконитсодержащих пород в народном хозяйстве Беларуси : отчет о НИР / А. К. Карабанов [и др.]. – Минск: ИГН НАНБ, 1999. – 108 с.
10. Оценка целесообразности подготовки к промышленному освоению в Беларуси нетрадиционных видов минерального сырья: глауконит и кремль : отчет о НИР / Э. А. Левков [и др.]. – Минск: ИГН НАНБ, 1995. – 140 с.
11. Получение и внедрение розового и голубовато-серого керамических пигментов на основе белорусского минерального сырья: отчет о НИР / А. А. Махнач [и др.]. – Минск: ИГГиГ АНБ, 1993. – 9 с.
12. Павлюкевич, Ю. Г. Глауконитовое сырье – основа получения функциональных материалов строительного назначения / Ю. Г. Павлюкевич, И. А. Левицкий, С. Е. Баранцева // Научные основы химии и технологии переработки комплексного сырья и синтеза на его основе функциональных материалов: материалы всерос. науч.-техн. конф. – Апатиты: Кольский науч. центр РАН, 2008. – Ч. 2. – С. 199–202.
13. Левицкий, И. А. Керамические и стеклокристаллические материалы с использованием глауконитов Беларуси / И. А. Левицкий, Ю. Г. Павлюкевич, С. Е. Баранцева // Актуальные проблемы геологии, геохимии и геофизики: материалы междунар. науч.-практ. конф. 2–4 февр. 2016 г. – Минск: НПЦ по геологии, 2016. – С. 41–43.
14. Получение пористых теплоизоляционных материалов из магматических пород Республики Беларусь / С. Е. Баранцева [и др.] // Актуальные вопросы геологии: материалы междунар. науч.-практ. конф. / ред. кол.: Т. Ю. Серпуховитина, С. А. Рыбакова. – Белгород: КОНСТАНТА, 2019. – С. 223–228.
15. Исследование физико-химических процессов, происходящих при формировании пористой структуры теплоизоляционных материалов на основе гранитоидных пород Беларуси / С. Е. Баранцева [и др.] // Труды БГТУ. Сер. 2. Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. – 2020. – № 2. – С. 13–20.

References

1. Kuzmenkova O. F., Strel'tsova G. D., Minenkova T. M., Kachanko G. B., Laptsevich A. G., Lugin V. G., Mankevich S. S. Glauconite-bearing rocks of the Pinsky prospecting site (Belarus). *Geology and Mineral Resources of the West of the East European Platform: Problems of Study and Rational Use*. Minsk, StroiMediaProekt Publ., 2017, pp. 172–176 (in Russian).
2. Vysotsky E. A., Makhnach A. A., Gudak S. P., Petrova N. S., Khomich P. Z., Rachevskii A. N., Vecher V. A., Yartsev V. I. Non-traditional types of mineral raw materials in Belarus. *Prirodnye resursy = Natural resources*, 1999, no. 2, pp. 5–16 (in Russian).
3. Eshchenko L. S., Salonikov V. A., Zhuk G. M. The use of glauconite-containing pigments in the production of building materials. *Nauka i tekhnologiya stroitel'nykh materialov: sostoyanie i perspektivy: materialy mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.* [Science and technology of building materials: state and prospects. Proceedings of the Int. sci.-tech. conf.]. Minsk, 2005, pp. 86–89 (in Russian).
4. Kolnenkov V. P., Murashko L. I. Geoecological aspects of using glauconite as a sorbent for long-lived radionuclides. *Mineral resource base of the Republic of Belarus: state and prospects*. Minsk, BelNIGRI Publ., 1997, pp. 246–247 (in Russian).
5. Levitsky I. A., Pavlyukevich Yu. G., Dyatlova E. M., Papko L. F., Barantseva S. E., Strel'tsova G. D. On the use of glauconite raw materials in the manufacture of construction products. *Geologiya, poiski i osvoenie mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh: sb. nauch. tr.* [Geology, prospecting and development of mineral deposits. Collection of scientific works]. Minsk, BELGEO Publ., 2010, vol. 3, pp. 195–201 (in Russian).

6. Murashko L. I., Karabanov A. K., Kolnenkov V. P., Klebanovich N. V. New data on the prospects for the use of glauconite in the national economy of Belarus. *Mineral resource base of the Republic of Belarus: state and prospects*. Minsk, BelNIGRI Publ., 1997, pp. 118–119 (in Russian).

7. Murashko L. I., Kolosova T. E. Methods of extracting glauconite from deposits of the Paleogene of Belarus. *Geologiya, poiski i osvoenie mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh: sb. nauch. tr.* [Geology, prospecting and development of mineral deposits. Collection of scientific works]. Minsk, BELGEO Publ., 2005, pp. 105–110 (in Russian).

8. Pavlyukevich Yu. G., Levitsky I. A., Murashko L. I. The use of glauconite for facing ceramic materials. *Tekhnika i tekhnologiya silikatov = Technics and technology of silicates*, 2000, no. 12, pp.113–115 (in Russian).

9. Karabanov A. K., Murashko L. I., Klebanovich N. V., Kol'nenkov V. P. [et al.]. *To assess the possibilities of the integrated use of glauconite-containing rocks in the national economy of Belarus*. Report on research. Minsk, IGS NASB, 1999. 108 p. (in Russian).

10. Levkov E. A., Murashko L. I. [et al.] *Evaluation of the feasibility of preparing for industrial development in Belarus of non-traditional types of mineral raw materials: glauconite and flint*. Report on research. Minsk, IGS NASB, 1995. 140 p. (in Russian).

11. Makhnach A. A., Gulis L. F. [et al.] *Obtaining and introducing pink and bluish-gray ceramic pigments based on Belarusian mineral raw materials*. Report on research. Minsk, IGGiG ASB, 1993. 9 p. (in Russian).

12. Pavlyukevich Yu. G., Levitsky I. A., Barantseva S. E. Glauconite raw materials - the basis for obtaining functional materials for construction purposes. *Nauchnye osnovy khimii i tekhnologii pererabotki kompleksnogo syr'ya i sinteza na ego osnove funktsional'nykh materialov: materialy vseros. nauch.-tekhn. konf. Ch. 2* [Scientific foundations of chemistry and technology for processing complex raw materials and synthesis of functional materials on its basis: Materials of the All-Russian Scientific and Technical Conference. Part 2]. Apatity, Publishing house of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2008, pp. 199–202 (in Russian).

13. Levitsky I. A., Pavlyukevich Yu. G., Barantseva S. E. Ceramic and glass-crystalline materials using glauconites of Belarus. *Aktual'nye problemy geologii, geokhimii i geofiziki: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf., 2–4 fev. 2016 g.* [Actual problems of geology, geochemistry and geophysics: Proceedings of the international scientific and practical conference, February 2–4, 2016]. Minsk, State Enterprise “Scientific Research Center for Geology”, 2016, pp. 41–43 (in Russian).

14. Barantseva S. E., Klimosh Yu. A., Gundilovich N. N., Azarenko I. M. Obtaining porous heat-insulating materials from igneous rocks of the Republic of Belarus. *Aktual'nye voprosy geologii: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Topical issues of geology: materials of the International scientific-practical conference]. Belgorod, KONSTANTA Publ., 2019, pp. 223–228 (in Russian).

15. Barantseva S. E., Klimosh Yu. A., Khmylko L. I., Poznyak A. I., Gundilovich N. N., Azarenko I. M., Pospelov A. V. Investigation of the physicochemical processes occurring during the formation of the porous structure of heat-insulating materials based on granitoid rocks of Belarus. *Trudy BGTU. Seriya 2: khimicheskie tekhnologii, biotekhnologiya, geoekologiya* [Proceedings of BSTU. Chemical Technologies. Biotechnology. Geoecology], 2020, no. 2, pp. 13–20 (in Russian).

Информация об авторах

Баранцева Светлана Евгеньевна – канд. техн. наук, доцент, ст. науч. сотрудник. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, Минск, Республика Беларусь). E-mail: svetbar@tut.by

Позняк Анна Ивановна – канд. техн. наук, исследователь департамента эксперим. физики. Университет Дуйсбург-Эссен, (Lotharstrasse, 1, 47057, Дуйсбург, ФРГ). E-mail: poznyak.a87@gmail.com

Климош Юрий Александрович – канд. техн. наук, доцент, декан. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, Минск, Республика Беларусь). E-mail: klim-aspir@mail.ru

Азаренко Ирина Михайловна – стажер мл. науч. сотрудника. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, Минск, Республика Беларусь). E-mail: ir_az@mail.ru

Гундилович Николай Николаевич – канд. техн. наук, ассистент кафедры технологии стекла и керамики. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, Минск, Республика Беларусь). E-mail: kolgund@mail.ru

Пospelov Андрей Владимирович – мл. науч. сотрудник. Центр физико-химических методов исследования, Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, Минск, Республика Беларусь). E-mail: Andrei29088@mail.ru

Information about the authors

Svetlana E. Barantseva – Ph. D. (Engineering), Associate Professor, Senior Researcher. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: svetbar@tut.by

Anna I. Pazniak – Ph. D. (Engineering), PostDoc Researcher, Experimental Physics, University of Duisburg-Essen (1, Lotharstrasse, 47057, Duisburg, Germany). E-mail: poznyak.a87@gmail.com

Yuri A. Klimosh – Ph. D. (Engineering), Associate Professor. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: klim-aspir@mail.ru

Irina M. Azarenko – trainee Junior Researcher. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ir_az@mail.ru

Nikolay N. Gundilovich – Ph. D. (Engineering), Assistant of the Department of Glass and Ceramics. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: kolgund@mail.ru

Andrey V. Pospelov – Junior Researcher. Center for Physical and Chemical Research Methods, Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Andrei29088@mail.ru