УДК 691.4

Я.И. Вайсман, К.Г. Пугин, М.Ф. Гайдай, Н.С. Семейных
ФГБОУ ВПО «ПНИПУ»

ПРИМЕНЕНИЕ ОТХОДОВ УГЛЕДОБЫЧИ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ КЕРАМИКИ

Предложена возможность применения отходов угледобычи (терриконики) в производстве строительной керамики. Установлена зависимость основных свойств строительной керамики от количества и вида использованных отходов угледобычи. Определены оптимальные соотношения терриконики и глины при производстве строительной керамики.

Ключевые слова: терриконики, керамика, техногенное сырье, выгорающая добавка, отощатели, плавни, Пермский край.

В производстве строительной керамики используется значительное количество невозобновляемых природных ресурсов — глин. Одним из путей развития науки в производстве строительных материалов является исследование возможности изготовления рядовых материалов с использованием техногенных отходов [1—11]. Использование отходов угледобычи (техногенного сырья) в составе шихты для производства керамических изделий обеспечивает рациональное использование топлива, способствует внедрению ресурсосберегающих технологий на предприятиях по производству строительных материалов. Однако развитие науки по выявлению новых источников сырья должно идти с учетом безопасности, надежности, технической, экологической и экономической сторон проблемы, что имеет особую актуальность [12].

Отходы угледобычи (терриконики) представляют собой отвалы пустых пород, извлеченных при подземной разработке месторождений угля. Терриконики, образовавшиеся в процессе угледобычи, формируют высокую экологическую нагрузку на окружающую среду в районах их размещения и под них задалживаются значительные территории. В угледобывающих районах формируются техногенно-геохимические системы, такие как породы отвалов — грунт — подземные воды или шахтные воды — поверхностные воды — грунт. В данных системах происходит развитие различных физико-химических процессов, которые существенным образом могут изменить состав подземных вод, воздействовать на инженерные сооружения, привести к активизации или развитию карста, оползней, неравномерных осадок [13]. Одним из перспективных направлений решения вопросов по снижению экологической нагрузки, создаваемой террикониками, и освобождению занимаемой ими территории является использование их в качестве техногенного сырья. Известно, что на основе терриконики угольных месторождений могут быть получены различные строительные материалы: щебень, песок из отсевов дробления, тяжелые и легкие бетоны, активированные безклинкерные тонкомолотые гидравлические вяжущие, зернистые теплоизоляционные материалы [14].

По химическому и минералогическому составу терриконики близки к глинам, что определяет возможность их применения для производства строительной керамики. Известно, что часть терриконики в процессе старения подвергается самовозгоранию. При этом выгорают угольные частицы, количество которых достигает 30 % в пересчете на весь объем терриконики [15]. Первоначальный черный цвет терриконики под воздействием физико-химических процессов переходит в буро-красный. Подобное изменение цвета и дало общепринятые названия двум разновидностям отвальных отходов угледобычи: «черный» и «красный» терриконики.

Как правило, «красные» и «черные» терриконики присутствуют в отвалах в примерно одинаковых соотношениях. Под воздействием хозяйственной деятельности горелые и не горелые породы могут перемешиваться друг с другом в различных соотношениях. Это определяет целесообразность исследования возможности для производства строительной керамики терриконики обоих видов.

Основными минералами, присутствующими в составе терриконики, являются кварц (около 30 %), полевые шпаты (около 30 %), группа глинообразующих минералов — иллит, каолинит (до 30 %), а также корунд, магнетит, гематит. Содержание горючих примесей составляет от 5 до 10 %, в зависимости от степени самообжига [16]. Установлено, что химический состав терриконики укладывается в интервалы, %: 45...73 SiO_2 ; 15...40 Al_2O_3 ; 2...13 Fe_2O_3 ; 1...5 CaO; 0...3 MgO; 0...2 MnO; 0...4,5 SO_3 ; 0...1 Na₂O; 1...3 K₂O [17].

Исследованиями, проведенными в 2008—2013 гг. в Пермском национальном исследовательском политехническом университете под руководством Б.С. Баталина, была установлена возможность частичной замены природного компонента (глины) в керамической массе терриконики. Определено, что для обеспечения формуемости сырьевой смеси на основе терриконики методом полусухого прессования ее необходимо измельчать до фракции менее 0,63 мм. Были получены образцы, имеющие марку по прочности М175 [18]. Выявлено, что, при частичной замене глины терриконики, происходит снижение плотности кирпича и камней керамических, при сохранении прочности в пределах допустимых значений¹.

Известна классификация техногенного сырья, применяемого при производстве строительной керамики по содержанию в них оксидов (Fe_2O_3 ; R_2O). Техногенное сырье, в зависимости от соотношений $\text{Fe}_2\text{O}_3/(\text{CaO} + \text{MgO})$, $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)/\text{Fe}_2\text{O}_3$ и $\text{R}_2\text{O}/\text{RO}$ подразделяется на 3 группы по функциональной пригодности: интенсификаторы спекания, плавни и отощители [19]. По данной классификации большинство терриконики можно отнести к группе отощителей в силу соотношений: $\text{Fe}_2\text{O}_3/(\text{CaO} + \text{MgO}) \leq 1$; $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)/\text{Fe}_2\text{O}_3 > 2$; $\text{R}_2\text{O}/\text{RO} \leq 2$. В связи с тем, что химический состав терриконики может изменяться в зависимости от горно-геологических условий месторасположения шахт, отдельные виды терриконов возможно классифицировать как плавни. Это определяет возможность отнести терриконики к комплексным модификаторам строительной керамики.

¹ ГОСТ 530—2012. Кирпич и камни керамические. Общие технические условия.

«Черные» терриконики, имеющие в своем составе угольные частицы, можно рассматривать как частично выгорающий компонент в сырьевых массах для производства строительной керамики. Выгорая, угольные частицы создают дополнительную закрытую пористость, которая способствует снижению плотности керамических изделий и улучшению их теплоизоляционных характеристик.

С целью подтверждения факта выгорания угольных частиц в процессе обжига керамических изделий, находящихся в составе «черных» терриконики, и отсутствия подобных процессов в «красных» террикониках, которые были подвержены самовозгоранию в процессе нахождения в отвалах, был проведен термогравиметрический анализ проб терриконики на приборе NETZSCH в среде воздуха.

Результаты термогравиметрического анализа проб терриконики представлены на рис. 1.

Рис. 1. Термогравиметрические «черных» и «красных» терриконики: 1 — «черные» терриконики; 2 — «красные» терриконики; TG — изменение массы образца, %; DSC — изменение энергии, необходимой для выравнивания температур исследуемого вещества и вещества, используемого в качестве эталона, мкВ/мг

По результатам термогравиметрического анализа выявлена значительная потеря массы, в количестве 16,8 масс. %, у образца «черного» терриконики в температурном интервале 300...675 °C, что соответствует температуре окисления углерода. Этот факт подтверждается существенным экзотермическим эффектом в данном интервале.

Отмечено, что нагрев образца «красного» терриконики не сопровождается существенной потерей массы и, соответственно, термическими эффектами, что свидетельствует об отсутствии свободного углерода в составе «красного» терриконики.

Выявлено, что у образца «красного» терриконики наблюдалось незначительное снижение массы, на 1,8 масс. %, в интервале температур 850...900 °C,

однако аналогичный эффект практически отсутствовал у образца «черного» терриконика. Вероятно этот эффект связан с разложением карбоната кальция, который мог образоваться в «красном» терриконике при карбонизации углекислым газом воздуха оксида кальция, который, в свою очередь, мог образоваться при самовозгорании терриконика.

Анализ состояния проблемы применения террикоников при производстве строительной керамики позволяет сделать вывод о том, что к настоящему времени остаются не до конца изученными зависимости физико-механических характеристик изделий от количества и вида вводимых в состав сырьевой массы террикоников.

Зависимость основных свойств керамических изделий от содержания в составе сырьевой смеси «черного» терриконика при влажности смеси 8 % определялась на образцах — цилиндрах, полученных методом полусухого прессования при давлении 40 МПа. Температура обжига образцов составляла 1050 °С. Содержание массовых долей «черного» терриконика и глины изменялось от 0 до 60 % и от 40 до 100 % соответственно. В составе смеси использовалась глина Калинкинского месторождения (Пермский край).

Изменение плотности образцов в зависимости от количественного содержания «черного» терриконика в составе смеси представлено на рис. 2.

Рис. 2. Изменение плотности образцов в зависимости от количества содержащегося «черного» терриконика в составе

Как следует из результатов эксперимента, с увеличением количества «черного» терриконика в составе сырьевой керамической смеси плотность изделий снижается. При введении в состав смеси «черного» терриконика в количестве более 58 % по своим теплотехническим характеристикам изделия могут быть переведены из группы условно-эффективных в группу эффективных материалов¹.

Установлено, что при увеличении содержания «черного» терриконика в составе сырьевой смеси более 64 % значительно повышается величина водопоглощения образцов до значений, равных 20...24 %, что может отразиться на эксплуатационных свойствах кирпича и камней керамических. Повышение пористости образцов, полученных на основе сырьевой смеси, содержащей «черный» терриконик обусловлено присутствием в его составе выгорающих в процессе обжига угольных частиц.

Известно, что «красные» терриконики представляют собой продукты обжига и соответствуют по составу метакаолиниту в виде сланцеватого материала. Это позволяет сделать предположение о возможности их использования в качестве отощающего компонента, снижающего усадку, пластичность и чувствительность к сушке сырьевых керамических масс, подобно кварцевому песку, шамоту или дегидратированной глине.

Влияние добавки «красного» терриконика на усадку высокопластичной глины Усть-Игумского месторождения Пермского края определялось на образцах — плиточках размером $50 \times 50 \times 8$ мм, изготовленных методом пластического формования из сырьевой смеси формовочной влажности [20]. Содержание «красного» терриконика в смеси составляло от 0 до 80 %. Температура обжига образцов составляла 850, 900, 950, 1000, 1050 °С.

Зависимость величины огневой усадки от состава сырьевой смеси и температуры обжига приведена на рис. 3.

Рис. 3. Зависимость величины огневой усадки от состава сырьевой смеси и температуры обжига

Как следует из рис. 3, величина огневой усадки образцов, изготовленных только из глины, изменяется от 1,2 до 2 % в зависимости от температуры обжига.

При введении в состав шихты 20 % добавки «красного» терриконика, величина огневой усадки снижается при температурах обжига 850...1000 °С до 0,4...0,8 %. При увеличении содержания добавки до 40...60 %, значение огневой усадки оставалось в пределах, характерных для состава из чистой глины, что свидетельствует о влиянии добавки «красного» терриконика как отощителя для сырьевых керамических масс. Повышение температуры обжига до 1050 °С приводит к увеличению огневой усадки до 2,5...3 % для образцов, содержащих 40...60 % добавки «красного терриконика» в составе масс.

Из полученных результатов следует, что повышенное содержание «красного» терриконика в составе масс играет роль плавня или интенсификатора спекания. Тем более, что подобное влияние добавки в количестве 60 % отмечено и для температуры 1000 °С.

Однако следует заметить, что при введении «красного» терриконика в количестве 80 %, усадка образцов при температурах обжига 950...1050 °С снижается, что требует повышения температуры обжига для обеспечения достаточного спекания такого состава массы.

Для исследуемых составов была также определена величина воздушной усадки образцов. Кроме того, было выявлено изменение полной усадки образцов для всех составов в зависимости от температуры обжига. Результаты исследования представлены на рис. 4.

Рис. 4. Изменение воздушной и полной усадок керамических изделий в зависимости от количества содержащегося «красного» терриконика в составе и температуры обжига

При определении влияния добавки «красного» терриконика на величину воздушной усадки выявлена та же тенденция, что и при определении величины огневой усадки в зависимости от состава массы. При введении добавки «красного» терриконика в состав шихты наблюдается снижение величины воздушной усадки с 9 % для чистой глины до 5 % при содержании 80 % «красного» терриконика.

Полная усадка образцов в зависимости от температуры обжига также имела тенденцию к снижению своей величины с 9...11 % для чистой глины до 5...7,5 % для состава с максимальным содержанием добавки.

Исследование влияния присутствия «красного» терриконика в составе сырьевой смеси на прочность образцов позволило установить, что при темпе-

ратурах обжига 950...1050 °С повышение содержания добавки свыше 64 % снижает прочность материала до значений менее 5 МПа. Плотность образцов при этом увеличивается до значений свыше 1850 кг/м³.

Полученные результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод о том, что терриконники являются эффективными добавками при производстве строительной керамики, снижающими усадку изделий и улучшающими их теплотехнические характеристики.

Определено, что при добавлении в состав сырьевых масс «черных» террикоников плотность керамических изделий может быть снижена до 1400 кг/м³ и менее. Установлены зависимости воздушной, огневой и полной усадки изделий из керамических масс с техногенным сырьем — «красным» террикоником от состава и температуры обжига.

Установлено, что в составе сырьевой массы для производства строительной керамики может присутствовать до 64 % отходов угледобычи, представленной смесью «красного» и «черного» террикоников. «Черные» терриконники при добавлении в состав сырьевой смеси играют роль выгорающей добавки, а «красные» терриконники — отошителей и плавней. Вследствие этого, смесь террикоников можно отнести к комплексным модификаторам строительной керамики, выполняющих также и функцию интенсификаторов спекания.

Библиографический список

1. Шаповалов Н.А., Загороднюк Л.Х., Тикунова И.В., Шекина А.Ю. Рациональные пути использования сталеплавильных шлаков // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 1. С. 439—443.
2. Землянушов Д.Ю., Соков В.Н., Орешкин Д.В. Эколого-экономические аспекты применения тонкодисперсных отходов мрамора в производстве облицовочных керамических материалов // *Вестник МГСУ*. 2014. № 8. С. 118—126.
3. Malaiskiene J., Kizinievic V., Maciulaitis R., Semelis E. Influence of Assorted Waste on Building Ceramic Properties // *Materials science (Medziagotyra)*. 2012. No. 4. Pp. 396—402.
4. Рязанов А.Н., Винниченко В.И. Экологические и экономические аспекты использования углеродсодержащих отходов при производстве строительных материалов // *Вісник НТУ «ХП»*. 2012. № 63 (939). С. 145—152.
5. Хлыстов А.И., Широков В.А., Чернова Е.А. Применение минеральных шламовых отходов в процессах синтеза жидких фосфатных связок // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура*. 2013. Т. 13. № 2. С. 43—46.
6. Калинина Е.В. Утилизация шламов карбоната кальция в производстве товарных продуктов строительной отрасли // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Урбанистика*. 2012. № 1. С. 97—113.
7. Ramesh M., Karthic K.S., Karthikeyan T., Kumaravel A. Construction materials from industrial wastes — A Review of current practices // *International journal of environmental research and development*. 2014. No. 4. Pp. 317—324.
8. Karrar R.K., Pandey R.K. Study of management and control of waste constructions materials in civil construction project // *International journal of engineering and advanced technology*. 2013. Vol. 2. No. 3. Pp. 345—350.
9. Behera M., Bhattacharyya S.K., Minocha A.K., Deoliya R., Maiti S. Recycled aggregate from C&D waste and its use in concrete – A Breakthrough towards Sustainability in Construction Sector: A Review // *Construction and building materials*. 2014. Vol. 68. Pp. 501—516.

10. Brozovsky J., Fojtik T., Martinec P. Impact of fine aggregates replacement by fluidized fly ash to resistance of concretes to aggressive media // Construction materials. 2006. No. 5. Pp. 4—10.
11. Pati D.J., Iki K., Homma R. Solid waste as a potential construction material for cost-efficient housing in India // 3rd world conference on applied sciences, engineering & technology. Kathmandu, 2014. Pp. 240—245.
12. Орешкин Д.В. Проблемы строительного материаловедения и производства строительных материалов // Строительные материалы. 2010. № 11. С. 6—9.
13. Wagner L.E., Jones M.M. The attenuation of chemical elements in acidic leachates from coal mineral wastes by soils // Environ Geology and Water Sciences. 1984. Vol. 6. No. 3. Pp. 161—170.
14. Буравчук Н.И., Гурьянова О.В., Окорочков Е.П., Павлова Л.Н. Перспективные направления утилизации отходов добычи и сжигания углей // Сотрудничество для решения проблемы отходов : матер. V Междунар. конф. 2—3 апреля 2008 г. Харьков, 2008. С. 120—123.
15. Мещанинов Ф.В. Термобарогеохимические модели трансформации пород отвалов угольных шахт Восточного Донбасса // Науч. конф. аспирантов и соискателей : тезисы докл. Ростов н/Д, 2001. С. 49—51.
16. Баталин Б.С., Белозерова Т.А., Гайдай М.Ф., Маховер С.Э. Керамический кирпич из террикониов Кизеловского угольного бассейна // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2012. № 11. С. 18—22.
17. Книгина Г.И. Строительные материалы из горелых пород. М. : Стройиздат, 1966. 207 с.
18. Баталин Б.С., Белозерова Т.А., Гайдай М.Ф. Строительная керамика из террикониов Кизеловского угольного бассейна // Стекло и керамика. 2014. № 3. С. 8—10.
19. Абдрахимов В.З., Вдовина Е.В. Исследование железосодержащего сырья и его классификация по функциональной пригодности в производстве керамических материалов. Самара : СГАСУ, 2010. 118 с.
20. Лукин Е.С., Андрианов Н.Т. Технический анализ и контроль производства керамики. 2-е изд. перераб. и доп. М. : Стройиздат, 1986. 271 с.

Поступила в редакцию в ноябре 2014 г.

Об авторах: **Вайсман Яков Иосифович** — доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель кафедры охраны окружающей среды, **Пермский национальный исследовательский политехнический институт (ФГБОУ ВПО «ПНИПУ»)**, 614014, г. Пермь, ул. Профессора Поздеева, д. 14, 8 (342) 2-391-482, eco@pstu.ru;

Пугин Константин Георгиевич — кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой автомобилей и технологических машин, **Пермский национальный исследовательский политехнический институт (ФГБОУ ВПО «ПНИПУ»)**, 614000, г. Пермь, ул. Академика Королева, д. 19 а, 8 (342) 2-391-026, 123zzz@rambler.ru;

Гайдай Максим Федорович — аспирант, ассистент кафедры строительного инжиниринга и материаловедения, **Пермский национальный исследовательский политехнический институт (ФГБОУ ВПО «ПНИПУ»)**, 614010, г. Пермь, ул. Куйбышева, д. 109, gaidaimaxim@yandex.ru;

Семейных Наталья Сергеевна — кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры строительного инжиниринга и материаловедения, **Пермский национальный исследовательский политехнический институт (ФГБОУ ВПО «ПНИПУ»)**, 614010, г. Пермь, ул. Куйбышева, д. 109, 8 (342) 2-198-342, semeyn@mail.ru.

Для цитирования: *Вайсман Я.И., Пугин К.Г., Гайдай М.Ф., Семейных Н.С. Применение отходов угледобычи в производстве строительной керамики // Вестник МГСУ. 2014. № 12. С. 131—140.*

Ya.I. Vaysman, K.G. Pugin, M.F. Gayday, N.S. Semeynykh

APPLICATION OF THE COAL-MINING WASTE IN BUILDING CERAMICS PRODUCTION

In the process of construction ceramics production a substantial quantity of non-renewable natural resources — clays — are used. One of the ways of science development in building materials production is investigation of the possibility of regular materials production using technogenic waste. Application of coal-mining waste (technogenic raw material) in charge composition for production of ceramic products provides rational use of fuel, contributes to implementation of resource saving technologies on construction materials production enterprises. Though science development on revealing new raw material sources should be conducted with account for safety, reliability, technical, ecological and economical sides of the problem, which is especially current.

The article deals with the problem of coal-mining waste usage in building ceramics production instead of fresh primary component (clay), fluxes, thinning agents and combustible additives. The interdependence between the density and shrinkage of the ceramic products and the amount and quality of coal-mining waste in its composition was established. The optimal proportion of coal-mining waste and clay in building ceramics production was estimated.

Key words: coal-mining heaps, ceramics, technogenic raw materials, combustible additive, thinning agent, fluxing agent, Perm region.

References

1. Shapovalov N.A., Zagorodnyuk L.Kh., Tikunova I.V., Shekina A.Yu. Ratsional'nye puti ispol'zovaniya staleplavil'nykh shlakov [Rational Ways of Steelmaking Slags Use]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental Research]. 2013, no. 1, pp. 439—443. (In Russian)
2. Zemlyanushnov D.Yu., Sokov V.N., Oreshkin D.V. Ekologo-ekonomicheskie aspekty primeneniya tonkodispersnykh otkhodov mramora v proizvodstve oblitsovochnykh keramicheskikh materialov [Environmental and Economic Aspects of Using Marble Fine Waste in the Manufacture of Facing Ceramic Materials]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Structural Engineering]. 2014, no. 8, pp. 118—126. (In Russian)
3. Malaikiene J., Kizinievic V., Maciulaitis R., Semelis E. Influence of Assorted Waste on Building Ceramic Properties. *Materials Science (Medziagotyra)*. 2012, no. 4, pp. 396—402.
4. Ryazanov A.N., Vinnichenko V.I. Ekologicheskie i ekonomicheskie aspekty ispol'zovaniya uglesoderzhashchikh otkhodov pri proizvodstve stroitel'nykh materialov [Ecological and Economic Aspects of Carbonaceous Waste Use in the Production Process of Construction Materials]. *Vestnik NTU «KhPI»* [Proceedings of National Technical University Kharkiv Polytechnic Institute]. 2012, no. 63 (939), pp. 145—152. (In Russian)
5. Khlystov A.I., Shirokov V.A., Chernova E.A. Primenenie mineral'nykh shlamovykh otkhodov v protsessakh sintezirovaniya zhidkikh fosfatnykh svyazok [Application of Mineral Slurry Waste in Processes of Synthesizing of Liquid Phosphatic Sheaves]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura* [Proceedings of Southern Ural State University. Construction and Architecture Series]. 2013, vol. 13, no. 2, pp. 43—46. (In Russian)
6. Kalinina E.V. Utilizatsiya shlamov karbonata kal'tsiya v proizvodstve tovarnykh produktov stroitel'noy otrasli [Utilization of Slimes of a Calcium Carbonate in Production of Commodity Products of Construction Branch]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Urbanistika* [Proceedings of Perm National Research Polytechnic University. Urban Planning]. 2012, no. 1, pp. 97—113. (In Russian)
7. Ramesh M., Karthic K.S., Karthikeyan T., Kumaravel A. Construction Materials from Industrial Wastes — A Review of Current Practices. *International Journal of Environmental Research and Development*. 2014, no. 4, pp. 317—324.
8. Karrar R.K., Pandey R.K. Study of Management and Control of Waste Construction Materials in Civil Construction Project. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*. 2013, vol. 2, no. 3, pp. 345—350.
9. Behera M., Bhattacharyya S.K., Minocha A.K., Deoliya R., Maiti S. Recycled Aggregate from C&D Waste and its Use in Concrete — A Breakthrough towards Sustainability in Construction Sector: A Review. *Construction and Building Materials*. 2014, vol. 68, pp. 501—516. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.07.003>.

10. Brozovsky J., Fojtik T., Martinec P. Impact of Fine Aggregates Replacement by Fluidized Fly Ash to Resistance of Concretes to Aggressive Media. *Construction Materials*. 2006, no. 5, pp. 4—10.
11. Pati D.J., Iki K., Homma R. Solid Waste as a Potential Construction Material for Cost-Efficient Housing in India. 3rd World Conference on Applied Sciences, Engineering & Technology. Kathmandu, 2014, pp. 240—245.
12. Oreshkin D.V. Problemy stroitel'nogo materialovedeniya i proizvodstva stroitel'nykh materialov [Problems of Construction Materials Science and Production of Construction Materials]. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2010, no. 11, pp. 6—9. (In Russian)
13. Wagner L.E., Jones M.M. The Attenuation of Chemical Elements in Acidic Leachates from Coal Mineral Wastes by Soils. *Environmental Geology and Water Sciences*. 1984, vol. 6, no. 3, pp. 161—170. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/BF02509910>.
14. Buravchuk N.I., Gur'yanova O.V., Okorokov E.P., Pavlova L.N. Perspektivnye napravleniya utilizatsii otkhodov dobychi i szhiganiya ugley [Perspective Directions of Recycling of Coal Mining and Combustion]. *Sotrudnichestvo dlya resheniya problemy otkhodov : materialy V Mezhdunarodnoy konferentsii* [Materials of the 5th International Conference "Cooperation for Solving the Problem of Waste"]. Kharkiv, 2008, pp. 120—123. (In Russian)
15. Meshchaninov F.V. Termobarogeokhimicheskie modeli transformatsii porod otvalov ugol'nykh shakht Vostochnogo Donbassa [Fluid Inclusion Models of Transformation of Waste Heaps of East Donbas Coal Pits]. *Nauchnaya konferentsiya aspirantov i soiskateley : tezisy dokladov* [Scientific Conference of Postgraduates and Doctoral Candidates : Report Theses]. Rostov on Don, 2001, pp. 49—51. (In Russian)
16. Batalin B.S., Belozeroва T.A., Gayday M.F., Makhover S.E. Keramicheskiy kirpich iz terrikonikov Kizelovskogo ugol'nogo basseyna [Ceramic Brick of Waste Heaps of the Kizelovsky Coal Basin]. *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii 21 veka* [Construction Materials, Equipment, Technologies of the 21st Century]. 2012, no. 11, pp. 18—22. (In Russian)
17. Knigina G.I. *Stroitel'nye materialy iz gorelykh porod* [Construction Materials of Burned Rocks]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1966, 207 p. (In Russian)
18. Batalin B.S., Belozeroва T.A., Gayday M.F. Stroitel'naya keramika iz terrikonikov Kizelovskogo ugol'nogo basseyna [Construction Ceramics of Waste Heaps of the Kizelovsky Coal Basin]. *Steklo i keramika* [Glass and Ceramics]. 2014, no. 3, pp. 8—10. (In Russian)
19. Abdrakhimov V.Z., Vdovina E.V. *Issledovanie zhelezosoderzhashchego syr'ya i ego klassifikatsiya po funktsional'noy prigodnosti v proizvodstve keramicheskikh materialov* [Research of Ferrous Raw Materials and their Classification by Functional Suitability in Production of Ceramic Materials]. Samara, SGASU Publ., 2010, 118 p. (In Russian)
20. Lukin E.S., Andrianov N.T. *Tekhnicheskii analiz i kontrol' proizvodstva keramiki* [Technical Analysis and Control of Ceramics Production. 2nd edition, revised and enlarged.]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1986, 271 p. (In Russian)

About the authors: **Vaysman Yakov Iosifovich** — Doctor of Medical Sciences, Professor, chair, Department of Environmental Protection, **Perm National Research Polytechnic University (PNRPU)**, 14 Professora Pozdeeva str., Perm, 614014, Russian Federation; +7 (342) 2-391-482; eco@pstu.ru;

Pugin Konstantin Georgievich — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, chair, Department of Automobiles and Technological Machines, **Perm National Research Polytechnic University (PNRPU)**, 19a Akademika Koroleva str., Perm, 614000, Russian Federation; +7 (342) 2-391-026; 123zzz@rambler.ru;

Gayday Maksim Fedorovich — postgraduate student, Assistant Lecturer, Department of Construction Engineering and Materials Science, **Perm National Research Polytechnic University (PNRPU)**, 109 Kuybysheva str., Perm, 614010, Russian Federation; gaidaimaxim@yandex.ru;

Semeynykh Natal'ya Sergeevna — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Construction Engineering and Materials Science, **Perm National Research Polytechnic University (PNRPU)**, 109 Kuybysheva str., Perm, 614010, Russian Federation; +7 (342) 2-198-342; semeyn@mail.ru.

For citation: Vaysman Ya.I., Pugin K.G., Gayday M.F., Semeynykh N.S. Primenenie otkhodov ugledobychi v proizvodstve stroitel'noy keramiki [Application of the Coal-Mining Waste in Building Ceramics Production]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2014, no. 12, pp. 131—140. (In Russian)