

АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА И ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА



В.З. Абдрахимов, А.В. Колпаков

Самарский государственный экономический университет

Одно из наиболее перспективных направлений по использованию отходов производств — вовлечение их во вторичный оборот в качестве сырьевых материалов для производства керамического кирпича. Использование отходов топливно-энергетического комплекса (межсланцевой глины) и отходов химического производства (алюмощелочной шлам) в производстве керамического кирпича способствует утилизации промышленных отходов, охране окружающей среды, расширению сырьевой базы для получения керамических строительных материалов. Разработаны инновационные предложения по снижению отрицательного воздействия токсичных отходов переработки на объекты окружающей среды, новизна которых подтверждена Патентами РФ.

Ключевые слова: отходы производств, экология, межсланцевая глина, алюмощелочной шлам, керамический кирпич

Aspects of Use Of Waste Fuel and Energy Complex and Chemical Industry in the Production of Ceramic Bricks

V.Z. Abdrakhimov, A.V. Kolpakov

Samara state University of Economics, 443090 Samara, Russia

One of the most promising areas for the use of waste production is — involving them recycled as raw materials for the production of ceramic bricks. The use of waste fuel and energy complex (inter-shale clay) and chemical wastes (alumosilicate sludge) in the production of ceramic bricks promotes recycling of industrial waste, environment, expansion of raw materials base for production of ceramic building materials. Developed innovative proposals for reducing negative impacts of toxic waste processing on environmental objects, which novelty is confirmed by Patents of the Russian Federation.

Key words: waste, ecology, inter-shale clay, alumosilicious slurry of ceramic bricks

DOI: 10.18412/1816-0395-2019-01-11-14

Российские надзорные органы пока относятся довольно лояльно к образованию отходов, если они проходят утилизацию и обезвреживание по всем нормативам и правилам [1]. За рубежом образование каких-либо отходов в результате производственной деятельности уже считается большим технологическим недостатком. Загрязнение окружающей среды различными веществами, основными источниками которых являются промышленные предприятия, отрицательно сказывается на здоровье населения и в настоящее время является острой природоохранной проблемой [2]. Кроме того, добы-

ча сырья не обходится без аварийных ситуаций, что сопровождается дополнительным загрязнением окружающей среды [3].

Рост антропогенного воздействия на компоненты окружающей среды указывает на необходимость создания эффективной системы управления, направленной на предупреждение, выявление и пресечение нарушения действующего законодательства в области охраны окружающей среды и формирование социальной ответственности для обеспечения экологической безопасности [4].

Под воздействием антропогенных факторов происходит

смена биогеоценозов, которые связаны с:

- генетическими изменениями в организмах животных и растений;
- концентрацией рассеянной энергии в виде теплового загрязнения;
- накоплением в биосфере газообразной, жидкой и твердой форм химикатов, пестицидов, тяжелых металлов и радиоактивных веществ.

В настоящее время под антропогенным фактором понимается непосредственное воздействие человека на окружающую природную среду, приводящее к нарушению естественных экоси-

Таблица 1. Содержание оксидов в компонентах шламовых отходов, % по массе**Table 1. The content of oxides in the components of the sludge waste, % by weight**

Компонент	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	R ₂ O	п.п.п.
Алюмощелочной шлам	2–3	61–65	1–1,5	4–5	4–4,5	19–20	7–8
Межсланцевая глина	45–47	13–14	5–6	11–13	2–3	3–4	9–20

Примечание. п.п.п. – потери при прокаливании; R₂O = K₂O+Na₂O.

стем. Практически любая территория при современном уровне развития промышленности и сельского хозяйства в большей или меньшей степени подвержена антропогенной нагрузке [5].

С накоплением промышленных отходов нарушается экологическое равновесие и приходится отводить участки для хранения отходов, которые могли бы быть использованы в градостроительстве или сельском хозяйстве [6]. В настоящее время важное значение имеет не только сбережение сырьевых ресурсов, но и их повторное использование [7]. Значение вторичных ресурсов при решении проблемы поддержания экологически безопасного уровня воздействия на окружающую среду значительно. Их использование является одним из необходимых условий внедрения малоотходных и безотходных технологий.

Неограниченными возможностями использования отходов отличается отрасль, производящая строительные керамические материалы [8]. Это объясняется крупными масштабами строительного комплекса, его материалоемкостью и номенклатурой изделий.

Цель работы заключается в снижении экологической напряженности в регионе при расширении сырьевой базы производства керамического кирпича за счет применения отходов химического производства и топливно-энергетического комплекса без применения природного традиционного сырья.

Сырьевые материалы

Большинство легкоплавких (кирпично-черепичных) глин Самарской области и других регионов России классифицируются как полуокислые и кислые, причем они считаются неспекающимися с высоким содержанием красящих оксидов и низким содержанием оксида алюми-

ния (Al₂O₃ < 20 %). При таком содержании оксида алюминия в глинистых компонентах из них невозможно получить кирпич марок М150 и более. Для возведения несущих стен нижних этажей зданий повышенной этажности (15 этажей и более) требуется керамический кирпич марок М150-М300. Основным резервом для получения высококачественных керамических кирпичей и камней являются высокоглиноземистые отходы. К таким отходам относят шламовые, образующиеся на химических производствах, содержание оксида алюминия в которых составляет 61–65 % (табл. 1).

По способу образования, размеру частиц и удельной поверхности такие шламы можно отнести к нанотехногенному сырью. В качестве алюмосодержащего сырья для производства керамического кирпича использовался алюмосодержащий шлам.

Алюмощелочной шлам образуется в химической промышленности при очистке стоков производств этил- и изопропилбензола от остаточного хлористого алюминия, используемого в технологическом процессе в качестве катализатора, получаемого при очистке стоков производств этил- и изопропилбензола. Сточные воды вследствие гидролиза AlCl₃ носят кислый характер (рН = 2–3) и нейтрализуются известковым молоком (рН = 8,5–9,5). Шлам после осаждения направляется на обезвоживание на фильтр-пресс и далее на утилизацию. Имея повышенное содержание оксида алюминия и оксидов натрия, алюмощелочной шлам способствует повышению прочности и спеканию керамических материалов. Отличительной особенностью алюмощелочного шлама является высокая степень дисперсности. По этому признаку он не имеет себе равных среди порошкообразных материалов, получаемых

механическим измельчением. Высокая степень дисперсности (10000–12000 см²/г) придает шламу устойчивую коагуляционную структуру, типичную для всех гелей, и высокую пластичность (более 12) [9].

В работе [10] было показано, что исследования по определению наноразмерности шлама были проведены в Научно-исследовательском институте ядерных исследований в 2010 г. (г. Гатчина, Ленинградской области). Исследования образцов шлама с целью определения размерности его частиц были проведены методом малоуглового рассеивания нейтронов на дифрактометре "Мембрана-2" (Россия). Исследования показали, что высокоглиноземистый шлам отличается от высокодисперсных материалов природного и техногенного происхождения наноразмерностью, которая находится в пределах от 20 до 40 нм и зависит от условий образования. Положительным результатом высокой дисперсности шлама является его большая пластичность.

Уменьшение частиц до нанометровых размеров приводит к проявлению в них так называемых "квантовых размерных эффектов", когда размеры исследуемых объектов сравнимы с длиной де-Бройлевской волны электронов, фононов и экситонов [11]. В сферических наночастицах имеет место трёхмерное квантование уровней, что позволяет говорить, в зависимости от состава наночастиц, об образовании "квантовых точек", "квантовых кристаллитов" и других объектов с нулевой размерностью.

Присутствие в системе наноразмерных частиц способствует увеличению объема адсорбционно и хемосорбционно связываемой ими воды и уменьшению объема капиллярно-связанной и свободной воды, что приводит к повышению пластичности керамической массы и прочностных показателей [11].

Межсланцевая глина. Для производства керамического кирпича применяется в основном легкоплавкая глина. В качестве легкоплавкой глины в настоящее время использовалась межсланцевая глина.

Межсланцевая глина образуется при добыче горючих сланцев на сланцеперерабатывающих заводах (на шахтах), она является отходом горючих сланцев. По числу пластичности межсланцевая глина относится к высокопластичному глинистому сырью (число пластичности 27–32) с истинной плотностью 2,55–2,62 г/см³ [12].

Огнеупорность межсланцевой глины, °С: начало деформации — 1260; размягчение — 1290; жидкоплавленное состояние — 1320. Межсланцевая глина относится к отходам топливно-энергетического комплекса.

Топливо-электроэнергетический комплекс является одним из основных "загрязнителей" окружающей природной среды. Это выбросы в атмосферу (48 % всех выбросов в атмосферу), сбросы сточных вод (36 % всех сбросов), а также образование твердых отходов (30 % всех твердых загрязнителей) [13].

Длительное хранение отходов топливно-энергетического комплекса в отвалах способствует попаданию вредных веществ и ионов тяжелых металлов в воду и почву. По оценкам автора работы [14], антропогенная составляющая формирования качества поверхности вод соизмерима с природной составляющей, что представляет угрозу устойчивому водопользованию. Совершенно очевидно, что нужно снижать антропогенную нагрузку посредством внедрения региональных нормативов, изменения платы за загрязнение водных объектов и использование отходов энергетики в производстве строительных материалов.

Физико-механические показатели керамического кирпича

Производство керамического кирпича осуществлялось по известной технологии, а компоненты измельчали до прохождения сквозь сито № 1,0. После измельчения компоненты тщательно перемешивались. Керамическую массу готовили пластическим способом при влажности шихты (керамической массы) 20–24 %. Из полученной шихты формовали кирпич. Сформованный кирпич-сырец высушивали до влажности не бо-

лее 8 % и затем обжигали при температуре 1000 °С. Изотермическая выдержка при конечной температуре составляла 1 ч. В табл. 2 приведены составы керамических масс, а в табл. 3 — физико-механические показатели кирпича.

Разработаны инновационные предложения по снижению отрицательного воздействия токсичных отходов переработки на объекты окружающей среды, новизна которых подтверждена Патентом РФ [15].

Как видно из табл. 3, с повышением содержания алюмощелочного шлама физико-механические показатели повышаются. Очевидно, это связано с повышенным содержанием в отходах оксида алюминия — чем выше содержание в отходах оксида алюминия, тем выше основные показатели: прочность, морозостойкость и термостойкость [16].

Выводы

Исследования показали, что имея повышенное содержание оксида алюминия, алюмощелочной шлам способствует повышению основных физико-механических показателей.

Использование отходов производства способствует:

- рациональному природопользованию за счет вовлечения отходов в производство керамических материалов;
- созданию энерго- и ресурсосберегающих технологий по производству строительных материалов;
- рациональному потреблению строительных материалов путем замены природных традиционных материалов на отходы производства;
- сохранению и рациональному использованию имеющих-

Таблица 2. Содержание компонентов в составах керамических масс, % по массе

Table 2. The content of components in the compositions of ceramic mass, % by mass

Компонент	Состав		
	1	2	3
Межсланцевая глина	90	80	70
Алюмощелочной шлам	10	20	30

ся природных сырьевых ресурсов;

- использованию накопленных и вырабатываемых отходов производства;

- снижению экологической напряженности в регионе;

- утилизации промышленных отходов, охране окружающей среды и расширению сырьевой базы для получения строительных материалов;

- снижению себестоимости продукции;

- выполнению федерального закона №89-ФЗ (от 24.06.1998 г.) "Об отходах производства и потребления", который ориентирован на упорядочение сбора, хранения, транспортировки, размещения отходов и увеличения доли использования отходов промышленности в строительной отрасли в качестве вторичных ресурсов в максимально возможных объемах.

Производство керамических материалов — одна из самых материалоемких отраслей народного хозяйства, поэтому рациональное использование топлива, сырья и других материальных ресурсов становится решающим фактором ее успешного развития в условиях проводимой экономической реформы. В связи с этим применение в керамических материалах отходов сырья приобретает особую актуальность.

Таблица 3. Физико-механические показатели кирпича

Table 3. Physical and mechanical indicators of brick

Показатель	Состав		
	1	2	3
Механическая прочность, МПа:			
на сжатие	15,8	17,4	18,8
на изгиб	2,8	3,4	3,7
Усадка, %	7,8	7,2	6,8
Морозостойкость, циклы	37	43	52
Термостойкость, циклы	4	5	7

Литература

1. Лобковский С.А., Шайдурова Г.И., Зубарев С.А. Исследование технологии утилизации отходов, образующихся при производстве корпусов ракетных двигателей из полимерных композиционных материалов. Экология и промышленность России. 2016. Т. 20. № 11. С. 10–15.
2. Платонова Д.С., Гуринов А.В., Адеева Л.Н. Модифицированные сорбенты из сапропеля для очистки сточных вод. Экология и промышленность России. 2016. Т. 20. № 11. С. 20–25.
3. Ковалева Е.И., Пукальчик М.А., Яковлев А.С. О возможности применения активности каталазы при экологическом нормировании и оценке нефтезагрязненных почв. Экология и промышленность России. 2016. Т. 20. № 11. С. 26–31.
4. Кудрявцева Е.И., Макаров С.В., Макарова А.С. Управление степенью визуализации воздействия промышленных объектов на окружающую среду. Экология и промышленность России. 2016. Т. 20. № 11. С. 44–49.
5. Большунова Т.С., Рихванов Л.П., Барановская Н.В. Элементарный состав лишайников как индикатор загрязнения атмосферы. Экология и промышленность России. 2014. № 11. С. 26–31.
6. Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Использование шлака от сжигания угля Канско-Ачинского бассейна в производстве керамических материалов на основе межсланцевой глины. Экология и промышленность России. 2014. № 3. С. 36–39.
7. Осипов Ю.Р., Воробей Л.М., Сеничев В.П. Эффективность применения ультразвуковой технологии в производстве структурообразования древесно-цементного композита. Экология и промышленность России. 2016. Т. 20. № 2. С. 4–8.
8. Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З. Использование отходов цветной металлургии в производстве жаростойких бетонов на основе фосфатных связующих. Экология и промышленность России. 2016. Т. 20. № 2. С. 39–42.
9. Абдрахимов В.З. Применение алюмосодержащих отходов в производстве керамических материалов различного назначения. Новые огнеупоры. 2013. № 1. С. 13–23.
10. Хлыстов А.И., Безгина Л.Н., Власов А.В., Линев А.И. Получение комплексного жаростойкого вяжущего на основе алюмосиликатных и высокоглиноземистых отходов промышленности. Огнеупоры и техническая керамика. 2012. № 7. С. 52–56.
11. Абдрахимов В.З., Колпаков А.В. Инновационные направления использования кальцийсодержащего нанотехнологического сырья: осадок-отхода сточных вод, отхода пылиноса асфальтобетонных заводов, шлама от водоочистки воды и гальванического шлама в производстве кирпича. Известия вузов. Строительство. 2013. № 8. С. 41–46.
12. Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. К вопросу о фазовых превращениях на различных этапах обжига керамического теплоизоляционного материала из межсланцевой и беиделлитовой глин. Известия Самарского научного центра российской академии наук. 2011. Т. 13. № 6. С. 220–232.
13. Справочник инженера по охране окружающей среды (эколога). М., Инфра-инженерия, 2005. 864 с.
14. Беспалова К.В. Оценка экологического состояния, региональное нормирование и плата за загрязнение водных объектов. Вестник Самарского государственного экономического университета. 2014. Специальный выпуск. С. 66–73.
15. Патент №2388722 RU C1 S04V 33/132. Керамическая масса для изготовления керамического кирпича. Авторы: Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Заявка 2008145514/03. Дата подачи 18.11.2008. Опубл. 10.05.2010. Бюл. №13. Патентообладатель: Самарский государственный архитектурно-строительный университет.
16. Abdrakhimova E. S., Abdrakhimov V. Z. Effect of firing temperature and gas atmosphere on acid-resistant material pore structure formation. Refractories and Industrial Ceramics. 2016. Vol. 57. № 1. May. P. 59–62.

References

1. Lobkovskii S.A., Shaidurova G.I., Zubarev S.A. Issledovanie tekhnologii utilizatsii otkhodov, obrazuyushchikhsya pri proizvodstve korpusov raketnykh dvigatelei iz polimernykh kompozitsionnykh materialov. Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2016. T. 20. № 11. S. 10–15.
2. Platonova D.S., Gurin A.V., Adeeva L.N. Modifitsirovanye sorbenty iz sapropelya dlya ochistki stochnykh vod. Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2016. T. 20. №11. S. 20–25.
3. Kovaleva E.I., Pukal'chik M.A., Yakovlev A.S. O vozmozhnosti primeneniya aktivnosti katalazy pri ekologicheskome normirovanii i otsenke neftezagryaznennykh pochv. Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2016. T. 20. № 11. S. 26–31.
4. Kudryavtseva E.I., Makarov S.V., Makarova A.S. Upravlenie stepen' vizualizatsii vozdeistviya promyshlennykh ob'ektov na okruzhayushchuyu sredu. Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2016. T. 20. № 11. S. 44–49.
5. Bol'shunova T.S., Rikhvanov L.P., Baranovskaya N.V. Elementarnyi sostav lishainikov kak indikator zagryazneniya atmosfery. Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2014. № 11. S. 26–31.
6. Abdrakhimov V.Z., Abdrakhimova E.S. Ispol'zovanie shlaka ot szhiganiya uglya Kansk-Achinskogo basseina v proizvodstve keramicheskikh materialov na osnove mezhslantsevoi gliny. Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2014. № 3. S. 36–39.
7. Osipov Yu.R., Voropai L.M., Senichev V.P. Effektivnost' primeneniya ul'trazvukovoi tekhnologii v proizvodstve strukturoobrazovaniya drevesno-tsementnogo kompozita. Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2016. T. 20. № 2. S. 4–8.
8. Abdrakhimova E.S., Abdrakhimov V.Z. Ispol'zovanie otkhodov tsvetnoi metallurgii v proizvodstve zharostoikikh betonov na osnove fosfatnykh svyazuyushchikh. Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2016. T. 20. № 2. S. 39–42.
9. Abdrakhimov V.Z. Primenenie al'yumosoderzhashchikh otkhodov v proizvodstve keramicheskikh materialov razlichnogo naznacheniya. Novye ogneupory. 2013. № 1. S. 13–23.
10. Khlystov A.I., Bezgina L.N., Vlasov A.V., Linev A.I. Poluchenie kompleksnogo zharostoikogo v'yazhushchego na osnove al'yumosilikatnykh i vysokoglynozemiistykh otkhodov promyshlennosti. Ogneupory i tekhnicheskaya keramika. 2012. № 7. S. 52–56.
11. Abdrakhimov V.Z., Kolpakov A.V. Innovatsionnye napravleniya ispol'zovaniya kal'tsiisoderzhashchego nanotekhnogennogo syr'ya: osadok-otkhoda stochnykh vod, otkhoda pyl'unosy asfal'tobetonnykh zavodov, shlama ot vodoochistki vody i gal'vanicheskogo shlama v proizvodstve kirpicha. Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo. 2013. № 8. S. 41–46.
12. Abdrakhimov V.Z., Abdrakhimova E.S. K voprosu o fazovykh prevrashcheniyakh na razlichnykh etapakh obzhiga keramicheskogo teploizolyatsionnogo materiala iz mezhslantsevoi i beidellitovoi glin. Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra rossiiskoi akademii nauk. 2011. T. 13. № 6. S. 220–232.
13. Spravochnik inzhenera po okhrane okruzhayushchei sredy (ekologa). M., Infra-inzheneriya, 2005. 864 s.
14. Bepalova K.V. Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya, regional'noe normirovanie i plata za zagryaznenie vodnykh ob'ektov. Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta. 2014. Spetsial'nyi vypusk. S. 66–73.
15. Patent №2388722 RU C1 S04V 33/132. Keramicheskaya massa dlya izgotovleniya keramicheskogo kirpicha. Avtory: Abdrakhimov V.Z., Abdrakhimova E.S. Zayavka 2008145514/03. Data podachi 18.11.2008. Opubl. 10.05.2010. Byul. №13. Patentobladatel': Samarskii gosudarstvennyi arkhitekurno-stroitel'nyi universitet.
16. Abdrakhimova E. S., Abdrakhimov V. Z. Effect of firing temperature and gas atmosphere on acid-resistant material pore structure formation. Refractories and Industrial Ceramics. 2016. Vol. 57. № 1. May. P. 59–62.

В.З. Абдрахимов – д-р техн. наук, профессор, Самарский государственный экономический университет, 443090 Россия, г. Самара, ул. Советской Армии 141, e-mail: 3375892@mail.ru • А.В. Колпаков – соискатель

V.Z. Abdrakhimov – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Samara state University of Economics, 443090 Russia, Samara region, Samara, Soviet Army Str. 141, e-mail: 3375892@mail.ru • A.V. Kolpakov – Candidate