

УДК 691.42

А. С. Ковчур, А. В. Гречаников, С. Г. Ковчур, И. А. Тимонов, В. Н. Потоцкий
Витебский государственный технологический университет

КЕРАМИЧЕСКИЙ КИРПИЧ С ДОБАВЛЕНИЕМ ОСАДКОВ ХИМИЧЕСКОЙ ВОДОПОДГОТОВКИ ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛЕЙ

В работе предлагается использовать в качестве сырья для изготовления керамического кирпича осадки, образующиеся при химической водоподготовке на теплоэлектроцентралях (ТЭЦ). Определен химический состав осадков, содержание тяжелых металлов в них. Проведены испытания керамического кирпича, содержащего от 5 до 25 мас. % осадков химводоподготовки, введенных вместо глины. Установлено, что кирпич, содержащий отходы ТЭЦ, соответствует требованиям СТБ 1160–99 «Кирпич и камни керамические. Технические условия». Исследовано влияние содержания в исходном сырье осадков химводоподготовки ТЭЦ на процессы структурообразования, происходящие в керамическом кирпиче. Изучено влияние гранулометрического состава отходов на процесс формования изделий. На ОАО «Обольский керамический завод» изготовлена опытная партия керамического кирпича с добавками осадков химической водоподготовки теплоэлектроцентралей.

Ключевые слова: осадки химической водоподготовки, химическая водоподготовка, теплоэлектроцентрали, кирпич керамический, физико-механические свойства.

A. S. Kauchur, A. V. Hrachanikau, S. R. Kauchur, I. A. Tsimanav, V. M. Patotski
Vitebsk State Technological University

CERAMIC BRICK WITH ADDITION OF RAINFALL OF CHEMICAL WATER TREATMENT OF COMBINED HEAT AND POWER PLANTS

In work it is offered to use as raw materials for manufacture of a ceramic brick of settling, formed at chemical water treatment on combined heat and power plants (combined heat and power plant). Chemical composition of rainfall, content of heavy metals in them is defined. Tests of the ceramic brick containing from 5 to 25% are carried out (an IAU.) rainfall of chemical water treatment entered instead of clay. It is established that the brick containing a wastage of combined heat and power plant conforms to requirements of STB 1160–99 "A brick and stones ceramic. Technical specifications". Influence of contents in a feed stock of rainfall of chemical water treatment of combined heat and power plant on the structurization processes happening in a ceramic brick is investigated. Influence of distribution of sizes of a wastage on process of formation of products is studied. On JSC "Obolsky keramichesky zavod" the experimental batch of a ceramic brick is produced by additives of rainfall of chemical water treatment of combined heat and power plants.

Key words: settlings of chemical water treatment, chemical water treatment, combined heat and power plants, brick ceramic, physicommechanical properties.

Введение. Рациональное использование природных ресурсов в настоящее время приобретает особое значение. Решение этой народнохозяйственной проблемы предлагает разработку эффективных технологий за счет комплексного использования сырья, что одновременно приводит к ликвидации огромного экологического ущерба, оказываемого хранилищами отходов. Одним из направлений переработки промышленных отходов является их использование в качестве техногенного сырья при получении продукции строительного назначения, что позволяет удовлетворить потребности в сырье до 40%. Использование отходов в строительных материалах направлено на решение социальных и экологических проблем [1].

Основная часть. Ежегодно на теплоэлектроцентралях и станциях обезжелезивания образуются тонны отходов, которые состоят в основном из нерастворимых оксидов, гидро-

ксидов, карбонатов железа, кальция, магния и являются ценным химическим сырьем (табл. 1).

Вопрос переработки отходов, образующихся после водоподготовки на теплоэлектроцентралях, в Республике Беларусь до сих пор не решен.

Согласно литературным данным, значительным потенциалом для производства керамических стеновых материалов обладают шламы различных производств (гальванические, химико-металлургические, химической водоподготовки и пр.) [2, 3, 4]. В работе [4] показано, что кирпич на основе композиции глина – шлам (5%) характеризуется улучшенными физико-механическими свойствами. С учетом высокого содержания в шламах тяжелых металлов (Cr, Zn, Ni и др.) авторами были выполнены тесты выщелачивания полученных материалов, которые продемонстрировали, что поллютанты при обжиге переходят в устойчивые соединения в составе керамики.

Таблица 1

Обобщенные данные о наличии шламовых отходов в 2015 году (тонн)

Наименование отходов	Код	Класс опасности	Наличие отходов по областям		Итого по республике		
			Гомельская область	г. Минск	Минская область	г. Минск	Итого
Осадки химводоподготовки	8410500	3	Витебская область 114 139	Гомельская область 330	Минская область 3 763	г. Минск 7 172	Итого 125 403
Осадок после промывки фильтров обезжелезивания (гидроксиды железа и марганца)	8420300	3	Гомельская область 14	Минская область 158	172		
Обезвоженный осадок станций обезжелезивания (гидроксиды железа и марганца)	8420500	3	Гомельская область 0,7		0,7		

В работах В. З. Абдрахимова с соавторами обоснована возможность использования для производства керамического материала шлака от сжигания бурого угля Канско-Ачинского бассейна на Красноярской ТЭЦ-2 [5, 6]. Установлено, что шлак, имея повышенное содержание оксидов железа, кальция и щелочных металлов, способствует спеканию керамических материалов при относительно невысоких температурах обжига. Получены легковесные (теплоизоляционные) и высокопрочные кирпичи без применения природных традиционных материалов с высокими физико-механическими показателями.

Целью представленной работы является исследование составов осадков химической водоподготовки теплоэлектроцентралей, выявление возможности использования отходов в производстве керамического кирпича.

Цель исследования – использование осадков химической водоподготовки ТЭЦ «Южная» ОАО «Витязь» при производстве кирпича керамического

рядового полнотелого одинарного КРО–125/15-25 на ОАО «Обольский керамический завод».

Для установления химического состава осадков использовали методы количественного анализа, а также рентгенофазовый анализ.

Для определения ионов трехвалентного железа выбран гравиметрический метод его осаждения в виде гидроксида. Фильтрат после осаждения гидроксида железа использовался для определения содержания алюминия, кальция и магния.

В результате проведения рентгенофазового анализа (рис. 1) установлено, что состав осадков химводоподготовки ТЭЦ «Южная» представлен основными фазами: кварц SiO_2 (PDF-2 № 46-1045 гексагональная сингония, пространственная группа симметрии SG P3221) и кальцит CaCO_3 (PDF-2 № 05-0586 ромбоэдрическая сингония, SG R-3c) в количественном соотношении 16 мас. % и 84 мас. % соответственно. Возможно присутствие незначительного количества фаз доломита $(\text{Ca, Mg})\text{CO}_3$ (№ 43-0697 SG R-3c).

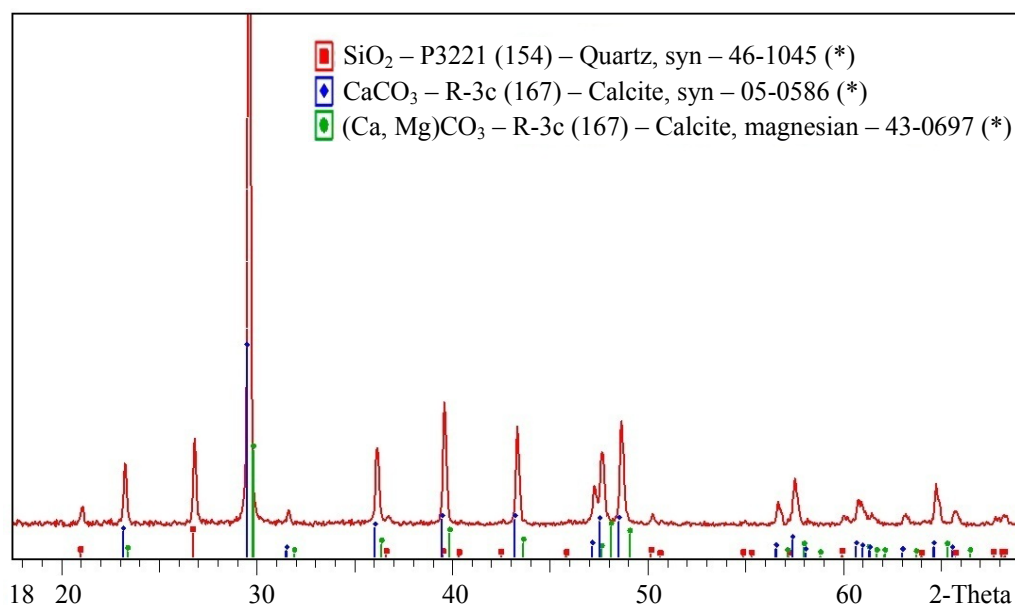


Рис. 1. Дифрактограмма исходного образца отходов водоподготовки ТЭЦ «Южная»

Содержание тяжелых металлов в отходах определялось на спектрографе PGS-2. Перед исследованием образцы массой от 0,2 до 0,6 г высушивались до постоянной массы при температуре 105–110°C. Результаты анализа приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Содержание тяжелых металлов
в неорганических железосодержащих отходах**

Элемент	Чувствительность метода, мг/кг	Содержание, мг/кг
Ti	10	10
Cu	4	8
Pb	8	24
Mo	1	–
Zn	200	–
Ba	50	50
Mn	10	30
V	10	–
Ni	5	–
Co	4	–
Be	1	–
Bi	10	–
As	200	–
Sr	100	–
Cd	10	–
Cr	6	–

В результате выполненных исследований установлено, что содержание тяжелых металлов (микроэлементов) не превышает допустимых санитарных норм. На основе анализа полученных данных по составу осадков химводоподготовки ТЭЦ и содержанию в них тяжелых металлов был сделан вывод о том, что эти отходы могут быть использованы для изготовления керамических стеновых материалов [7, 8, 9]. Для производства керамического кирпича методом пластического формования на ОАО «Обольский керамический завод» применяется глинистое сырье месторождения «Заполье». Глина данного месторождения легкоплавкая (огнеупорность 1280°C), умеренно-пластичная (число пластичности 12,4–14,8), полукислая (содержание Al_2O_3 составляет 13,7–16,8 мас. %), с высоким содержанием оксида железа и свободного кварца (5,51 и 32,1 мас. % соответственно), низкодисперсная [10]. Глинистая порода светло-коричневого цвета. Структура – крупнодисперсная, легко поддается дроблению, хорошо размокает в воде, бурно вскипает, обработанная 10%-ным раствором HCl. Содержание в глинистой породе тонкодисперсной фракции менее 1 мкм должно быть не менее 15%, фракции менее 10 мкм – более 30% по массе, содержание фракции менее 0,5 мкм – остальное. При производстве керамического кирпича в качестве отощающих добавок в составе глинистого сырья ис-

пользуют шамот (молотый кирпич – фракции от 0,5 до 5 мм) и керамзиты в количестве от 12 до 18 мас. %. Глинистая порода должна иметь число пластичности не менее 7. Применяемая техническая вода должна соответствовать требованиям технических нормативных правовых актов. В табл. 3 приведен оксидный состав глины.

Таблица 3

**Оксидный состав глинистого сырья
для изготовления керамического кирпича**

Компонент	Доля, мас. %
SiO_2	55,7
Al_2O_3	14,0
Fe_2O_3	6,1
TiO_2	0,7
CaO	7,2
MgO	2,4
SO_3	0,2
Na_2O	1,5
K_2O	2,8
Примеси	9,4

Проведенные предварительные исследования по замене части сырья и традиционных отощающих добавок осадками химической водоподготовки ТЭЦ показали, что при использовании этих отходов качество продукции не ухудшается. Для производства экспериментальной партии кирпича и проведения дальнейших исследований были подготовлены два состава керамической массы: стандартный и с добавками осадков химводоподготовки в количестве 15 мас. %. Состав сырья для изготовления кирпича керамического методом пластического формования с использованием отходов ТЭЦ разработан в соответствии с технологическим регламентом ТР 1–2016 для изготовления кирпича КРО-125/15-25 [11, 12]. Керамическую массу готовили пластическим способом при влажности 18–20%, из которой формовали кирпич, высушивали кирпич-сырец до влажности 8%, затем обжигали при температуре 980–1000°C [11].

На сканирующем электронном микроскопе JSM-5610LV с системой химического анализа EDX JED-2201 (SEOL, Япония) проведен рентгено-флюоресцентный анализ образцов, изучен их химический состав и микроструктура (табл. 4, 5). Влияние этих элементов на структурные процессы при производстве керамического кирпича показано на рис. 2, 3.

По данным оптической микроскопии, структура образцов (стандартного состава и с добавлением отходов химводоподготовки) показывает наличие относительно крупных включений (рис. 2, 3), находящихся в мелкозернистой спеченной основной массе (матрице) кирпича. Добавление отходов в состав способствует формированию

более равномерной гранулированной структуры (рис. 2). Данный факт может свидетельствовать о снижении температуры плавления и появлении расплава, что привело к процессам кристаллизации минералов из расплава. Увеличение содержания кальцита приводит к увеличению количества жидкой фазы и, возможно, содержания стеклофазы $R_2O \cdot R_2O_3 \cdot nSiO_2$ ($R_2O - Na_2O, K_2O; R_2O_3 - Al_2O_3, Fe_2O_3$).

Таблица 4

Оксидный состав образца кирпича стандартного состава, %

Элемент	Мас. %	Оксид	Мас. %
O	45,91		0,00
Na	0,96	Na ₂ O	1,30
Mg	1,71	MgO	2,84
Al	9,02	Al ₂ O ₃	17,04
Si	27,75	SiO ₂	59,37
K	3,09	K ₂ O	3,72
Ca	5,06	CaO	7,08
Ti	0,77	TiO ₂	1,29
Fe	5,73	FeO	7,37
Всего	100,00		100,00

Таблица 5

Оксидный состав образца кирпича, изготовленного с добавками осадков химводоподготовки в количестве 15 мас. %

Элемент	Мас. %	Оксид	Мас. %
O	44,03		0,00
Na	1,16	Na ₂ O	1,57
Mg	1,92	MgO	3,19
Al	8,65	Al ₂ O ₃	16,35
Si	24,58	SiO ₂	52,57
K	2,88	K ₂ O	3,46
Ca	8,73	CaO	12,21
Ti	0,73	TiO ₂	1,22
Fe	7,32	FeO	9,42
Всего	100,00		100,00

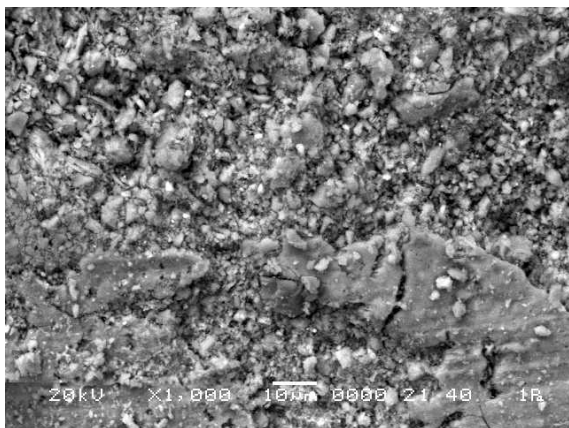


Рис. 2. Микроструктура образца кирпича, изготовленного из керамической массы стандартного состава (увеличение в 1000 раз)

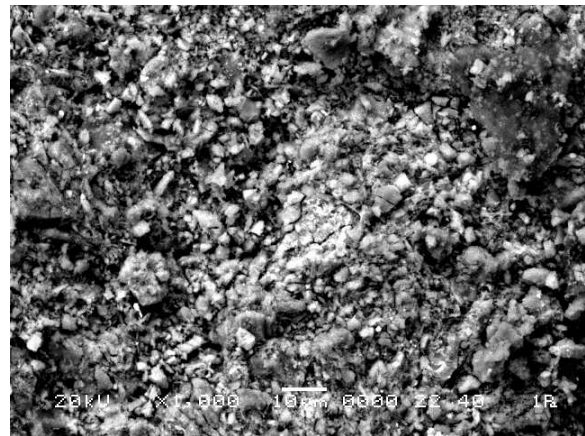


Рис. 3. Микроструктура образца кирпича, изготовленного из керамической массы состава с добавкой осадков химводоподготовки (15 мас. %) (увеличение в 1000 раз)

С увеличением процента содержания отходов снижается содержание SiO₂ (47,7 и 39,3 мас. % соответственно по составу 1 и 2) и увеличивается содержание FeO (12,5 и 15,2 мас. % соответственно). Снижение содержания SiO₂ связано с фазовыми превращениями в процессе спекания. Основными фазовыми превращениями в оксидах SiO₂ являются полиморфные переходы α-β-кварц при температуре 575°C. Полиморфные и фазовые превращения в силикатах начинаются при температурах 500–550°C, при этом каолинит теряет кристаллизационную воду (энергоёмкий процесс), превращается в метакаолинит (промежуточную стадию при переходе от каолинита к высокотемпературным кристаллическим решеткам). Al₂O₃ в исследованном диапазоне температур вступает в твердофазную реакцию с образованием анортита. Особенность процессов фазообразования в глине связана с переходом железистых соединений при температурах 900–950°C в гематит Fe₂O₃ с экзотермическим эффектом, способствующим локальному разогреву керамической массы и активации процессов спекания. Предположительно, оксиды железа и железистых соединений растворяются в стеклофазе [13].

Кальцит при температуре около 900°C разлагается с образованием оксида кальция CaO и CO₂. Этот эндотермический процесс совпадает по температуре с дегидратацией каолинита и, согласно диаграмме фазовых состояний системы CaO – SiO₂ [14], в температурном диапазоне 800–930°C образуются метасиликат кальция (CaSiO₃), трехкальциевый силикат (Ca₃Si₂O₇) и ортосиликат кальция (Ca₂SiO₄). Согласно исследованиям, проведенным авторами работы [15], кристаллизация анортита в глине с высоким содержани-

ем кальцита начинается со значительным экзотермическим эффектом при температуре около 840°C. Выделяемая при этом энергия способствует дегидратации каолинита и диссоциации CaCO₃.

Добавление осадков химводоподготовки в состав исходного сырья позволяет снизить температурный режим обжига с 1050–1080°C стандартного состава до 980–1000°C разработанного (по данным ОАО «Обольский керамический завод»). При использовании этих отходов только в качестве отощающих добавок в составе глинистого сырья осадки химической химводоподготовки наиболее эффективны при максимальном размере зерен [16].

Исследования опытной партии керамического кирпича по физико-механическим показателям выполнялись на ОАО «Обольский керамический завод». Методика испытаний соответствовала требованиям ТНПА. Результаты проведенных испытаний представлены в табл. 6.

Результаты проведенных исследований показывают, что добавки осадков химической водоподготовки ТЭЦ в состав керамического кирпича не снижают его физико-механических показателей. В то же время увеличение процента вложения отходов сначала дает рост основных физико-механических показателей, а затем снижение их. Обработка полученных результатов показала, что оптимальное содержание осадков химводоподготовки составляет 15 мас. % [16, 17].

Образцы кирпича керамического рядового полнотелого одинарного пластического формования с добавлением железосодержащих отходов соответствуют требованиям СТБ 1160–99 «Кирпич и камни керамические. Технические условия».

Получаемый материал по морозостойкости превосходит обычный керамический кирпич, имеет меньшие значения водопоглощения. Кирпич получается с минимальной влажностью

глиномассы, что уменьшает продолжительность сушки сырца. Кирпич, изготовленный с добавками осадков, обладает стабильной прочностью и высокой морозостойкостью.

Разработанные составы и полученные образцы кирпича также были испытаны по показателям радиационной безопасности в лаборатории Витебского центра стандартизации, метрологии и сертификации. Испытывались следующие образцы: 1 – бой кирпича керамического рядового полнотелого одинарного; 2 – глина, карьер «Заполье»; 3 – пресс-порошок (глина порошкообразная); 4 – неорганические осадки химводоподготовки.

Испытания проводились при температуре окружающего воздуха 18,9–21,2°C, относительной влажности воздуха 63,0–65,2%, мощности эквивалентной дозы излучения 0,110–0,124 мкЗв/ч, атмосферном давлении 100,8 кПа.

Результаты проведенных исследований показали, что удельная активность естественных радионуклидов в образцах составила от (175,4 ± 14,4) Бк/кг до (186,0 ± 14,1) Бк/кг при норме 370 Бк/кг.

В итоге установлено, что все образцы по всем требуемым показателям соответствуют ГОСТ 30108–94 «Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов» [18]. Результаты выполненной работы имеют практическое значение. На ОАО «Обольский керамический завод» на базе цеха № 2 осуществлена реализация проекта «Изготовление инновационной продукции методом пластического формования» за счет средств инновационного фонда Витебского облисполкома и частично за счет собственных средств предприятия.

Получен патент № 18790 от 20.08.2014 на изобретение «Керамическая масса для производства строительного кирпича» [12], разработан технологический регламент изготовления керамического кирпича методом пластического формования.

Таблица 6

Результаты испытаний образцов кирпича по физико-механическим показателям

Наименование показателя. Единицы измерения	Номер пункта ТНПА, устанавливающего требования к продукции	Нормированное значение	Среднее значение показателей для пяти образцов			
			Содержание отходов, мас. %			
			0	10	15	20
1. Морозостойкость, циклы	СТБ 1160–99, п. 4.5, 5.5	не менее 15	17	19	20	20
2. Предел прочности при сжатии, МПа	СТБ 1160–99, п. 4.4, 5.3, табл. 4	15,0–17,5	15,5	16,5	19,9	15,8
3. Предел прочности при изгибе, МПа		1,5–3,1	2,2	2	2,9	3,2
4. Водопоглощение, %	СТБ 1160–99, п. 5.4	не менее 8	18	18	16,5	16,8

Поскольку неорганические железосодержащие отходы станций обезжелезивания и водоподготовки относятся к 3-му классу опасности, то для производства опытной партии кирпича керамического (3000 шт.) методом пластического формования (кирпич керамический рядовой полнотелый одинарный с добавкой отходов химводоподготовки (код – 8410500)) было получено специальное разрешение (лицензия) на право осуществления деятельности, связанной с воздействием на окружающую среду на основании решения Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

Заключение. Ежегодно на станциях обезжелезивания и ТЭЦ Республики Беларусь образуются тысячи тонн шламов, которые состоят в основном из оксидов, гидроксидов, карбонатов железа, кальция, магния, алюминия и являются ценным химическим сырьем. Их химический, фазовый, дисперсный состав может изменяться в широких пределах в зависимости от состава вод и способов очистки. Образующиеся шламы вывозятся для складирования на специально отведенные полигоны или площадки и практически не используются. В результате проведенных исследований определен состав осадков,

образующихся при химической водоподготовке на теплоэлектроцентралях. В результате исследований установлена возможность производства на основе глинистого сырья с добавкой осадков химической водоподготовки ТЭЦ кирпича методом пластического формования. Разработан состав керамических масс для изготовления кирпича с различными процентами содержания отходов. Проведены исследования кирпича, позволившие установить, что образцы кирпича керамического рядового полнотелого одинарного пластического формования с добавлением осадков химводоподготовки соответствуют требованиям СТБ 1160–99 «Кирпич и камни керамические. Технические условия». Оптимальное содержание отходов в составе кирпича составляет 10–15 мас. %. Разработанные составы для изготовления керамического кирпича с добавками осадков химической водоподготовки ТЭЦ отвечают задачам получения высококачественных строительных материалов и позволяют улучшить экологическую ситуацию на территории ТЭЦ. Результаты работы в дальнейшем будут использованы при исследовании возможности изготовления керамической плитки для внешней отделки (улицы, фасады) с добавками неорганических отходов.

Литература

1. Перспективы использования промышленных отходов для получения керамических строительных материалов / Д. В. Макаров // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 5. С. 254–281.
2. Mymrine V., Ponte M. J. J. S., Ponte H. A., Kaminari N. M. S., Pawlowsky U., Solyon G. J. P. Oily diatomite and galvanic wastes as raw materials for red ceramics fabrication // Construction and Building Materials. 2013. Vol. 41. P. 360–364.
3. Mymrin V. A., Alekseev K. P., Zelinskaya E. V., Tolmacheva N. A., Catai R. E. Industrial sewage slurry utilization for red ceramics production // Construction and Building Materials. 2014. Vol. 66. P. 368–374.
4. Pérez-Villarejo L., Martínez-Martínez S., Carrasco-Hurtado B., Eliche-Quesada D., Ureña-Nieto C., Sánchez-Soto P. J. Valorization and inertization of galvanic sludge waste in clay bricks // Applied Clay Science. 2015. Vol. 105–106. P. 89–99.
5. Использование углеродсодержащих отходов топливно-энергетического комплекса в производстве керамических материалов различного назначения / В. З. Абдрахимов // Экология и промышленность России. 2013. № 9. С. 30–33.
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. Гречаников А. В., Платонов А. П., Ковчур С. Г. Керамические строительные материалы с использованием неорганических отходов станций обезжелезивания и ТЭЦ // Инновации. Инвестиции. Перспективы: материалы международного форума. Витебск, 2015. С. 61–62.
8. Гречаников А. В., Трутнев А. А. Изготовление строительных материалов с использованием промышленных отходов // Стройиндустрия. Инновации в строительстве – 2013: материалы науч.-практ. конф. Витебск, 2013. С. 48–49.
9. Ковчур С. Г., Гречаников А. В., Трутнев А. А. Использование неорганических промышленных отходов при производстве тротуарной плитки // Новые технологии рециклинга отходов производства и потребления: материалы докл. Междунар. науч.-техн. конф. Минск: БГТУ, 2016. С. 143–145.
10. Левицкий И. А., Хоружик О. Н. Исследование процессов спекания полиминеральных глин с целью получения клинкерного кирпича // Наука и технологии строительных материалов: состояние и перспективы развития: материалы Междунар. науч.-техн. конф. Минск: БГТУ, 2017. С. 93–96.

11. Технологический регламент изготовления кирпича и камня керамического пластического формирования ТР 1–2016 // ОАО «Обольский керамический завод». Оболь, 2016. 50 с.
12. Керамическая масса для производства строительного кирпича: пат. 18790 Респ. Беларусь / А. П. Платонов, А. А. Трутнев, С. Г. Ковчур, А. С. Ковчур, П. И. Манак; заявитель Витеб. гос. техн. ун-т. № а 20130766; заявл. 17.06.2013; опубл. 30.12.2014 // Афіцыйны бюлэтэнь. 2014. № 11 (182). С. 76.
13. Левицкий И. А., Климош Ю. А. Структурообразование плотносспекшейся керамики бытового назначения // Стекло и керамика. 2005. № 6. С. 32–36.
14. Павлов В. Ф. Физико-химические основы обжига изделий строительной керамики. М.: Стройиздат, 1977. 240 с.
15. Высокотемпературные фазовые превращения в железосодержащих глинах / О. Н. Каныгина [и др.] // Вестник ОГУ. 2010. № 6 (112). С. 113–118.
16. Изготовления керамического кирпича с использованием промышленных отходов / А. П. Платонов [и др.] // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2015. № 28. С. 128–134.
17. Кирпич и камни керамические. Технические условия: СТБ 1160-99. Взамен ГОСТ 530–95, ГОСТ 7484–78; введ. 02.06.1999. Минск: М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 1999. 47 с.
18. Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов: ГОСТ 30108–94. Введ. 01.01.1995. М.: Стандартиформ, 2007. 11 с.

References

1. Makarov D. V., Melkonyan R. G., Suvorova O. V., Kumarova V. A. The prospects of use of the industrial wastes for receiving ceramic structural materials. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'* [Mountain informational and analytical bulletin], 2016, no. 5, pp. 254–281 (In Russian).
2. Mymrine V., Ponte M. J. J. S., Ponte H. A., Kaminari N. M. S., Pawlowsky U., Solyon G. J. P. Oily diatomite and galvanic wastes as raw materials for red ceramics fabrication. *Construction and Building Materials*, 2013, vol. 41, pp. 360–364.
3. Mymrin V. A., Alekseev K. P., Zelinskaya E. V., Tolmacheva N. A., Catai R. E. Industrial sewage slurry utilization for red ceramics production. *Construction and Building Materials*, 2014, vol. 66, pp. 368–374.
4. Pérez-Villarejo L., Martínez-Martínez S., Carrasco-Hurtado B., Eliche-Quesada D., Ureña-Nieto C., Sánchez-Soto P. J. Valorization and inertization of galvanic sludge waste in clay bricks. *Applied Clay Science*, 2015, vol. 105–106, pp. 89–99.
5. Abdrakhimov V. Z., Khasaev G. R., Abdrakhimova E. S., Kolpakov A. V. Use of a carboniferous wastage of fuel and energy complex in production of ceramic materials of different function. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and industry of Russia], 2013, no 9, pp. 30–33 (In Russian).
6. Abdrakhimov V. Z., Abdrakhimova Ye. S. Use of slag from combustion of coal of the Kansk and Achinsk basin in production of ceramic materials on the basis of intershale. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and industry of Russia], 2014, no 3, pp. 36–39 (In Russian).
7. Hrachanikau A. V., Platonov A. P., Kauchur S. G. [Ceramic structural materials with use of an inorganic wastage of stations of deferrization and combined heat and power plant]. *Materialy mezhdunarodnogo foruma (Innovatsii. Investitsii. Perspektivy)* [Materials of the International forum (Innovations. Investments. Prospects)]. Vitebsk, 2015, pp. 61–62 (In Russian).
8. Hrachanikau A. V., Trutniou A. A. [Manufacture of structural materials with use of the industrial wastes]. *Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Stroyindustriya. Innovatsii v stroitel'stve – 2013)* [Materials of the scientific and practical conference (Building industry. Innovations in construction – 2013)]. Vitebsk, 2013, pp. 48–49 (In Russian).
9. Kauchur S. G., Hrachanikau A. V., Trutniou A. A. [Use of the inorganic industrial wastes by production of paving slabs]. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii (Novyye tekhnologii retsiklinga otkhodov proizvodstva i potrebleniya)* [Materials of reports of the International scientific and technical conference (New technologies of a recycling of industrial and consumption waste)]. Minsk, 2016, pp. 143–145 (In Russian).
10. Levitskiy I. A., Khoruzhik O. N. [Research of sintering processes the polimeneralnykh of clays for the purpose of receiving a brick brick]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii (Nauka i tekhnologii stroitel'nykh materialov: sostoyaniye i perspektivy razvitiya)* [Materials of the International scientific and technical conference (Science and technologies of structural materials: state and prospects of development)]. Minsk, 2017, pp. 93–96 (In Russian).

11. Technological regulations manufacturing of brick and stone of ceramic plastic molding TR 1–2016. *OAO “Obol’skiy keramicheskiy zavod”* [JSC “Obolsky ceramic plant”]. Obol, 2016. 50 p. (In Russian).
12. Platonov A. P., Trutniov A. A., Kauchur S. G., Kauchur A. S., Manak P. I. *Keramicheskaya massa dlya proizvodstva stroitel’nogo kirpicha* [Ceramic weight for production of a structural brick]. Patent RB, no. 18790, 2014.
13. Levitskiy I. A., Klimosh Yu. A. Structurization is dense caked ceramics of household purpose. *Steklo i keramika* [Glass and ceramics], 2005, no. 6, pp. 32–36 (In Russian).
14. Pavlov V. F. *Fiziko-khimicheskiye osnovy obzhiga izdeliy stroitel’noy keramiki* [Physical and chemical bases of roasting of products of structural ceramics], Moscow, Stroyizdat Publ., 1977, 240 p.
15. Kanygina O. N., Chetverikova A. G., Lazarev D. A., Sal’nikova E. V. High-temperature phase changes in ferriiferous clays. *Vestnik OGU* [Bulletin OGU], 2010, no. 6, pp.113–118 (In Russian).
16. Platonov A. P., Hrachanikau A. V., Kauchur A. S., Kauchur S. G., Manak P. I. Manufactures of a ceramic brick with use of the industrial wastes. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta* [Vestnik of Vitebsk state technological university], 2015, no. 28, pp. 128–134 (In Russian).
17. STB 1160–99. Brick and stones ceramic. Technical specifications. Minsk, Ministerstvo arkhitektury i stroitel’sva Respubliki Belarus’ Publ., 1999. 47 p. (In Russian).
18. GOST 30108–94. Materials and products structural. Determination of specific efficient activity of natural radionuclides. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 11 p. (In Russian).

Информация об авторах

Ковчур Андрей Сергеевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии и оборудования машиностроительного производства. Витебский государственный технологический университет (210035, г. Витебск, пр. Московский, 72, Республика Беларусь). E-mail: askovch@tut.by

Гречаников Александр Викторович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры экологии и химических технологий. Витебский государственный технологический университет (210035, г. Витебск, пр. Московский, 72, Республика Беларусь). E-mail: grec_alex@rambler.ru

Ковчур Сергей Григорьевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры экологии и химических технологий. Витебский государственный технологический университет. (210035, г. Витебск, пр. Московский, 72, Республика Беларусь). E-mail: askovch@tut.by

Тимонов Иван Афанасьевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры экологии и химических технологий. Витебский государственный технологический университет (210035, г. Витебск, пр. Московский, 72, Республика Беларусь). E-mail: timonov1@mail.ru

Потоцкий Василий Николаевич, – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры экологии и химических технологий. Витебский государственный технологический университет (210035, г. Витебск, пр. Московский, 72, Республика Беларусь).

Information about authors

Kauchur Andrey Syarheevich – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Technology and Inventory of Machine-building Production. Vitebsk State Technological University (72, Moskovsky Ave., 210035, Vitebsk, Republic of Belarus). E-mail: askovch@tut.by

Hrachanikau Alyaksandr Viktaravich – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Ecology and Engineering Chemistries. Vitebsk State Technological University. (72, Moskovsky Ave., 210035, Vitebsk, Republic of Belarus). E-mail: grec_alex@rambler.ru

Kauchur Syarhey Ryhoravich – DSc (Engineering), Professor, Professor, the Department of Ecology and Engineering Chemistries. Vitebsk State Technological University (72, Moskovsky Ave., 210035, Vitebsk, Republic of Belarus). E-mail: askovch@tut.by

Tsimanov Ivan Afanas’yevich – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Ecology and Engineering Chemistries. Vitebsk State Technological University (72, Moskovsky Ave., 210035, Vitebsk, Republic of Belarus). E-mail: timonov1@mail.ru

Patotski Vasil’ Mikalaevich – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Ecology and Engineering Chemistries. Vitebsk State Technological University (72, Moskovsky Ave., 210035, Vitebsk, Republic of Belarus).

Поступила 23.03.2018