

А. С. Ковчур, доц., канд. техн. наук

А. В. Гречаников, доц., канд. техн. наук
(ВГТУ, г. Витебск)

П. И. Манак, директор
(ОАО «Обольский керамический завод», г. Оболь)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ПРОДУКТОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ СТРОИТЕЛЬНО-ОТДЕЛОЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Рациональное использование природных ресурсов в настоящее время приобретает особое значение. Решение этой актуальной народнохозяйственной проблемы предполагает разработку эффективных безотходных технологий за счёт комплексного использования сырья, что одновременно приводит к ликвидации значительного экологического ущерба. Техногенные продукты представляют собой отходы (осадки) различных видов производств, пригодные по своему качественному и количественному составу для дальнейшего промышленного использования [1]. Большинство отходов промышленного производства и топливно-энергетического комплекса могут заменить природные ресурсы, а во многих случаях по своим качественным показателям являются уникальным сырьём. Наиболее рациональным направлением их переработки является использование отходов как техногенного сырья при получении продукции строительного назначения.

Ежегодно на теплоэлектроцентралях (ТЭЦ) и станциях обезжелезивания образуются тысячи тонн отходов, которые состоят в основном из нерастворимых оксидов, гидроксидов, карбонатов железа, кальция, магния и являются ценным химическим сырьём. Вопрос переработки отходов, образующихся после водоподготовки на станциях обезжелезивания и ТЭЦ, в Республике Беларусь до сих пор не решён. Согласно данным Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды, ежегодно на ТЭЦ, входящих в состав РУП «Минскэнерго», образуется 3700–3800 тонн железосодержащих отходов (Минские ТЭЦ № 3, № 4, № 5).

По данным Витебского областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды на территории области накопилось около 7000 тонн железосодержащих отходов, имеющих 3 класс

опасности. Данные о количестве железосодержащих отходов по областям Республики Беларусь показывают следующее: Гомельская область – 1176,89 тонн; Витебская область – 114 138,54 тонн; Минская область – 3910,54 тонн; г. Минск – 7193,85 тонн. Указанные данные получены по всей республике по следующим видам отходов: шлам железосодержащий, код 3551800; шлам оксида железа в восстановительных процессах, код 3551801; осадки химводоподготовки, код 8410500; осадок после промывки фильтров обезжелезивания, код 8420300; обезвоженный осадок станций обезжелезивания, код 8420500. Максимальное количество отходов накоплено в Витебской области [2].

Исследуемые осадки химической водоподготовки на ТЭЦ в естественном виде, представляют собой влажную массу тёмно-коричневого цвета. В зависимости от времени года и места образования они могут содержать от 5 до 35 % влаги [3]. Фазовый состав определяли рентгеновским методом на дифрактометре D8 Advance (Германия) с использованием характеристического излучения медного анода рентгеновской трубки CuK_α и конфигурации съемки Брэгга-Брентано Θ - 2Θ . Порошки исследуемых образцов осадков химической водоподготовки прессовались в плоские кюветы. Сканирование проводили при комнатной температуре в интервале углов 2Θ от 10° до 120° с шагом $0,05^\circ$ и временем интегрирования рентгеновских квантов в каждой точке 3 с.

Выполненный анализ осадков показал наличие кварца SiO_2 и кальцита CaCO_3 в количественном соотношении 16 мас. % и 84 мас. % соответственно (проба осадков химической водоподготовки ТЭЦ взята летом); наличие кварца SiO_2 – 2 мас. %; $\text{FeO}(\text{OH})$ – 16 мас. %; кальцита CaCO_3 – 82 мас. % (проба осадков химической водоподготовки ТЭЦ взята зимой) [3]. В таблице 1 приведен усреднённый оксидный состав осадков химической водоподготовки теплоэлектростанций. Результаты исследований показали, что состав неорганических отходов химической водоподготовки варьируется в зависимости от времени года и метеорологических условий.

Оксидный состав техногенных продуктов химической водоподготовки ТЭЦ был определен в испытательном центре Государственного предприятия «Институт НИИСМ» в соответствии с требованиями ГОСТ 2642-97, ГОСТ 21216-2014. При проведении исследований применялось следующее оборудование: весы AR-2140; сушильный шкаф SNOL 67/350; муфельная печь SNOL 7,2/1100; пламенный фотометр PFP7; комбинированный прибор testo [3].

Таблица 1 – Усредненный оксидный состав осадков химической водоподготовки теплоэлектростанций

Компоненты	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	P ₂ O ₅	CaO	MgO	П.п.п.	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O
Содержание, мас.%	0,24	0,64	1,77	2,85	0,03	н.о.	47,66	2,26	44,15	н.о.	0,20	0,08

По результатам выполнения проекта «Разработка научных основ ресурсосберегающей, импортозамещающей технологии изготовления кирпича керамического с использованием промышленных отходов» в рамках ГПНИ «Строительные материалы и технологии 54» на ОАО «Обольский керамический завод» со второго полугодия 2017 года осуществляется выпуск кирпича керамического методом пластического формования с добавками неорганических отходов химической водоподготовки теплоэлектростанций (ТЭЦ). Для производства керамического кирпича полусухого прессования на ОАО «Обольский керамический завод» применяется глинистое сырьё месторождения «Заполье».

Керамическую массу готовили пластическим способом при влажности 18–20 %, из которой формовали кирпич, высушивали кирпич-сырец до влажности 8 %, затем обжигали при температуре 1050 °С. Состав сырья для изготовления кирпича керамического методом полусухого прессования с использованием железосодержащих отходов водонасосных станций и ТЭЦ разработан в соответствии с требованиями СТБ 1160-99 «Кирпич и камни керамические» [4,5].

Образцы кирпича керамического рядового полнотелого одинарного пластического формования с добавлением железосодержащих отходов соответствуют требованиям СТБ 1160-99 «Кирпич и камни керамические. Технические условия» [4,5].

Результаты выполненной работы имеют практическое значение. На ОАО «Обольский керамический завод» на базе цеха № 2 осуществлена реализация проекта «Изготовление инновационной продукции методом пластического формования» ОАО за счёт средств инновационного фонда Витебского облисполкома и частично за счёт собственных средств предприятия.

Получен патент № 18790 от 20.08.2014 г. на изобретение «Керамическая масса для производства строительного кирпича», на ОАО «Обольский керамический завод» технологический регламент ТР1-2016 для производства кирпича керамического методом пластического формования с добавлением отходов химической водоподготовки в керамическую массу [4].

В настоящее время на ОАО «Обольский керамический завод» планируется расширение ассортимента продукции за счет выпуска керамических клинкерных изделий с использованием техногенных продуктов химической водоподготовки теплоэлектростанций.

В рамках проекта «Инновационная, ресурсосберегающая технология изготовления тротуарной плитки с использованием промышленных отходов», выполняемого по заданию ГПНИ «Физическое материаловедение, новые материалы и технологии», кафедрой экологии и химических технологий совместно с ОАО «Обольский керамический завод» проведены исследования возможности использования техногенных продуктов энергетического комплекса (осадков химической водоподготовки ТЭЦ) в качестве добавки при изготовлении керамических клинкерных материалов.

Проведенный анализ литературных источников показал отсутствие сведений об использовании техногенных продуктов химической водоподготовки ТЭЦ в качестве добавки при изготовлении клинкерных керамических материалов [3].

В соответствии с требованиями СТБ 1450-2010 «Технологическая документация. Рецепт. Общие требования к разработке» разработана рецептура и составы сырья для изготовления опытных экземпляров керамической клинкерной тротуарной плитки с использованием осадков химической водоподготовки ТЭЦ (таблица 2) [3].

Таблица 2 – Составы смеси для формовки керамической клинкерной плитки с добавками осадков химической водоподготовки ТЭЦ

Компоненты	Составы смеси, %		
	№ 1	№ 2	№ 3
Глина месторождения «Рудня-2»	30	25	20
Глина месторождения «Латненское»	40	40	40
Глина месторождения «Заполье»	25	30	35
Шамот	2	3	4
Осадки химической водоподготовки ТЭЦ	3	2	1

На ОАО «Обольский керамический завод» изготовлены опытные образцы керамической клинкерной тротуарной плитки (керамический клинкерный кирпич) с добавками осадков химической водоподготовки в соответствии с разработанной рецептурой (таблица 2). Смешивание всех сырьевых компонентов и формование керамической клинкерной плитки (кирпича керамического клинкерного) осуществлялось с помощью механической мешалки. После смешивания компонентов получена однородная пластичная масса, влажностью 18%.

В ходе эксперимента сформованы образцы керамической клинкерной плитки. Полученная керамическая масса (сырец) высушивался в сушильной камере в течение 48 часов (температура теплоносителя равномерно увеличивалась от 20 °С до 80 °С) до влажности 5%. Затем проводилась термообработка в лабораторной электрической печи при равномерном подъеме температуры от 300 °С до 700 °С. Окончательный обжиг изделий проводился в муфельной печи.

Модификация керамической массы осадками химической водоподготовки ТЭЦ позволила понизить температуру обжига до 1150 °С, что при массовом производстве приведёт к экономии топливно-энергетических ресурсов. Общая длительность процессов термообработки и обжига составила 36 часа, в том числе время выдержки при максимальной температуре 4 часа [3].

В ходе лабораторных испытаний, проведенных отделом технического контроля ОАО «Обольский керамический завод» установлено, что опытные образцы плитки согласно СТБ 1787–2007 «Кирпич керамический клинкерный. Технические условия» соответствуют классу А [6].

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 сырьём. 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 отведённые полигоны или площадки и практически не утилизируются.

В результате проведённых исследований определён состав неорганических отходов (шлама), образующихся на станциях обезжелезивания и теплоэлектроцентралях.

Установлен состав железосодержащих отходов, образующихся на станциях обезжелезивания и при водоподготовке на теплоэлектроцентралях.

В результате исследований установлена возможность производства на основе глинистого сырья с добавкой неорганических железосодержащих отходов кирпича методом пластического формования.

Разработанные составы для изготовления керамического кирпича с добавками неорганических железосодержащих отходов отвечают насущным задачам получения высококачественных строительных материалов и позволяют значительно улучшить экологическую ситуацию на территории водонасосных станций и ТЭЦ.

Проведенные на ОАО «Обольский керамический завод» исследования физико-механических свойств опытных образцов керамической

клинкерной плитки показали возможность использования техногенных продуктов энергетического комплекса (осадков химической водоподготовки теплоэлектростанций) в качестве добавки при изготовлении керамических строительных материалов общего назначения. Добавка осадков химической водоподготовки позволяет уменьшить температуру обжига изделий, что важно в плане энергосбережения.

Литература

1. Макаров, А. Б. Техногенные месторождения минерального сырья / А. Б. Макаров // Соровский образовательный журнал. – 2000. – т. 6, № 8. – С. 76–80.
2. Логинов, В. Ф. Состояние природной среды Беларуси: экологический бюллетень 2015 г. / В. Ф. Логинов. – Минск, 2016. – 363 с.
3. Техногенные продукты химической водоподготовки теплоэлектростанций как добавка к клинкерным керамическим материалам / П. И. Манак [и др.] // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2020. – № 1(38). – С. 150.
4. Керамический кирпич с добавлением осадков химической водоподготовки теплоэлектростанций / А. С. Ковчур [и др.] // Труды БГТУ. – 2018. – Серия 2, № 2. – С. 146–158.
5. СТБ 1160-99. Кирпич и камни керамические. Технические условия. – Взамен ГОСТ 530-95, ГОСТ 7484-78 ; Введ. 1999 – 06 – 02. Минск. 1999. 47 с.
6. СТБ 1787–2007 Кирпич керамический клинкерный. Технические условия – Введ. 2007 – 09 – 28 .– Минск : Госстандарт Республики Беларусь, 2007. – 7 с.