

## УДК 691

А.В. ГРЕЧАНИКОВ, к.т.н., доцент, доцент кафедры экологии и химических технологий (ВГТУ)

г. Витебск

А.С. КОВЧУР, к.т.н., доцент, доцент кафедры технология машиностроения (ВГТУ)

г. Витебск

И.А. ТИМОНОВ, к.т.н., доцент, доцент кафедры экологии и химических технологий (ВГТУ)

г. Витебск

В.Н. ПОТОЦКИЙ, к.т.н., доцент, доцент кафедры экологии и химических технологий (ВГТУ)

### **КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ПРОДУКТОВ СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ И ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛЕЙ**

В настоящее время в мире наблюдается переход многих стран к так называемой «циклической» экономике (также экономике «замкнутого цикла», «циркулярной экономике»). Одним из принципов этого перехода является рациональное использование природных ресурсов при максимальном вовлечении в оборот вторичных материальных ресурсов. Такой подход предполагает разработку эффективных безотходных технологий, направленных на комплексное использование исходного природного сырья, а также применение техногенных продуктов различных отраслей народного хозяйства. Это одновременно приводит и к ликвидации огромного экологического ущерба, обусловленного хранилищами отходов [1].

Ежегодно на станциях обезжелезивания и ТЭЦ образуются тысячи тонн отходов, которые состоят в основном из нерастворимых оксидов, гидроксидов, карбонатов железа, кальция, магния, алюминия; такие отходы являются ценным химическим сырьём. Обычно они вывозятся для складирования на специально отведённые полигоны или площадки и практически не утилизируются, в результате чего теряются ценные химические компоненты и происходит загрязнение окружающей среды; при этом организация и эксплуатация самих полигонов требуют значительных затрат [2]. Осадки, образующиеся на теплоэлектростанциях (ТЭЦ) и станциях обезжелезивания и состоящие в основном из нерастворимых оксидов, гидроксидов, карбонатов железа, кальция, магния, по своему качественному и количественному составу подходят для дальнейшего промышленного использования.

Одним из направлений переработки промышленных отходов является их использование в качестве техногенного сырья при получении продукции строительного назначения, что позволяет удовлетворить до 40% потребности в сырье. Использование отходов в строительных материалах имеет целью решение социальных и экологических проблем [3].

Использованию различных промышленных и сельскохозяйственных отходов в производстве керамических строительных материалов за рубежом придается огромное значение. Об этом свидетельствует тот факт, что за период 2011–2015 гг. в журнале «Construction and Building Materials» было опубликовано четыре обзорных статьи, посвященных этой проблеме [4–7].

В рамках задания «Физическое материаловедение, новые материалы и технологии 8.22» государственной программы научных исследований Витебским государственным технологическим университетом совместно с ОАО «Обольский керамический завод» выполнялся проект «Инновационная, ресурсосберегающая технология изготовления тротуарной плитки с использованием промышленных отходов». По результатам работы кафедрой экологии и химических технологий совместно с техотделом ОАО «Обольский керамический завод» была разработана технология изготовления серой тротуарной плитки и изготовлена партия тротуарной плитки с добавкой техногенных продуктов химической водоподготовки ТЭЦ «Южная» Витебского телезавода [2].



Рисунок 1. Серая тротуарная плитка с добавками осадков химической водоподготовки

В таблице 1 приведены результаты испытаний образцов серой тротуарной плитки.

Таблица 1. Результаты испытаний образцов серой тротуарной плитки

Наименование показателя. Единицы измерения	Нормированное значение показателей (СТБ 1071)	Среднее значение показателей для образцов		
		Содержание отходов (масс. %)		
		5	10	15
1. Марка бетона по морозостойкости	F250	F250		
2. Класс бетона по прочности на сжатие, МПа	не менее 22,5	27,5	24,3	17,7
3. Водопоглощение, %	не более 6	1,2	2,1	2,7

В результате испытаний физико-механическим свойствам установлено, что серая тротуарная плитка, изготовленная с добавкой техногенных продуктов химической водоподготовки ТЭЦ, соответствует требованиям СТБ 1071-2007 «Плиты бетонные и железобетонные для тротуаров дорог» [8]. Исследования процента вложения неорганических осадков химической водоподготовки ТЭЦ в составе смеси позволили установить, что оптимальный процент добавки осадков составляет от 5 до 10 % (масс.) [1, 2].

В результате проведенного мониторинга рынка отделочных материалов маркетинговой службой ОАО «Обольский керамический завод» выявлена устойчивая заинтересованность потребителей в приобретении терракотовой керамической плитки для внутренней стеновой отделки. Варьируя составы исходного сырья и используя шламовые отходы станций обезжелезивания и ТЭЦ, можно добиваться получения плиток различных цветовых оттенков. Оттенки основного цвета плиток утверждают в виде планшетов, в которых плитки разных оттенков должны быть уложены вперемешку. Эталон на отдельный (разовый) заказ согласовывают с покупателем. По согласованию предприятия-изготовителя с покупателем могут быть изготовлены плитки разных размеров и различных цветовых решений. Цвет (оттенок цвета), рисунок или рельеф лицевой поверхности плиток должен соответствовать утвержденным образцам-эталонам [9].

Утвержденный образец-эталон цвета (оттенка) может быть распространен на плитки любого вида лицевой поверхности и любых размеров. Для плиток с неповторяющимся рисунком утверждают образец-эталон цвета, при этом рисунок плиток не эталонируют.

На рисунках 2 и 3 представлены фотографии из опытно-экспериментальных партий терракотовых керамических плиток различных геометрических конфигураций и типов поверхности, изготовленных с использованием шламовых отходов станций обезжелезивания и ТЭЦ.



Рисунок 2. Терракотовая керамическая плитка квадратной формы с рельефной неглазурованной поверхностью.



Рисунок 3. Терракотовая керамическая плитка прямоугольной формы с рельефной глазурованной поверхностью.

СТЬЮ	СТЬЮ
------	------

Пигменты являются важными ингредиентами пластмасс, резины, линолеума, синтетических волокон, бетона, керамики, лакокрасочных и других строительных материалов. При производстве пигментов расходуется значительное количество руд; так как запасы последних не безграничны, прогноз на ближайшие годы свидетельствует о росте дефицита на вышеназванные соединения. Повторное применение пигментов невозможно, как и регенерация содержащихся в них металлов, поэтому вопрос об экономичном их использовании с каждым годом приобретает всё большую актуальность. Он может решаться двумя путями: а) разработкой новых видов пигментов, для синтеза которых не требуется дефицитного сырья; б) повышением эффективности использования известных аналогичных материалов [10].

На основе неорганических отходов водонасосных станций можно получить высококачественный строительный пигмент. При этом степень дисперсности строительного пигмента не должна превышать 150 мк, поэтому отходы необходимо предварительно измельчать в шаровой мельнице. Исходный высушенный шлам с влажностью 2 – 3 % можно использовать в качестве строительного пигмента типа «охра». После прокаливания шлама при 800 °С в течение 1 часа получается высококачественный пигмент, аналогичный железному сурику [10].

В результате испытаний установлено, что укрывистость непрокалённых отходов составляет не более 70 г/м<sup>2</sup>. Для сравнения, укрывистость охры марки О-1 составляет не более 65 г/м<sup>2</sup>. Укрывистость прокалённых отходов составляет не более 20 г/м<sup>2</sup>. Для сравнения, укрывистость железного сурика также составляет не более 20 г/м<sup>2</sup>. Таким образом, по качественным показателям непрокалённые и прокалённые неорганические отходы водонасосных станций не уступают строительным пигментам «охра» и «сурик». На кафедре экологии и химических технологий Витебского государственного технологического университета разработаны и утверждены технические условия «Отходы водонасосных станций. Добавка к вяжущим строительным материалам» [10].

Разработанные технологии получения строительных пигментов были использованы для разработки составов двух новых фасадных красок — на основе полистирола и на основе сополимера акрилонитрила и винилхлорида [10, 11].

Краска на основе полистирола «ПС» представляет собой суспензию пигментов и наполнителей (отходов станций обезжелезивания) в растворе полистирола с добавками пластификатора и поверхностно-активного вещества. Краска предназначена для окрашивания оштукатуренных, бетонных и кирпичных поверхностей, фасадов зданий, а также деревянных поверхностей. По результатам исследований получен патент «Способ производства полистирольной фасадной краски» [12].

Краска «Факрил» представляет собой суспензию пигмента (отходов водонасосных станций) и наполнителя в растворе сополимера акрилонитрила и винилхлорида и полистиролсульфоната натрия с добавкой пластификатора. На основе проведенных исследований разработан технологический регламент и

технические условия получения фасадной краски на основе акриловых полимеров «ФАКРИЛ» [10,11]. По результатам работы получен патент «Композиция для покрытия» [13].

В НПО «Пигмент» (г. Санкт-Петербург) проведены испытания полученных по разработанным технологиям фасадных красок «ПС» и «ФАКРИЛ» на атмосферостойкость. Образцы краски наносили на керамические пластинки в два слоя. Межслойная сушка длилась 1 час. Перед испытаниями покрытия выдерживали в комнатных условиях в течение 3 суток. Параллельно испытывали покрытия фасадной краской ХВ–785 (ГОСТ 7313–75), срок службы которой составляет 5 лет. В таблице 2 приведены результаты испытаний покрытий фасадными красками «ПС», «ФАКРИЛ», ХВ–785.

Таблица 2. Результаты испытаний покрытий фасадными красками «ПС», «ФАКРИЛ», ХВ–785

Покрытие	3 цикла			6 циклов			15 циклов		
	Краска ПС	Краска «Факрил»	Краска ХВ–785	Краска ПС	Краска «Факрил»	Краска ХВ–785	Краска ПС	Краска «Факрил»	Краска ХВ–785
Желтое (непрокаленные отходы)	Без изменений	Без изменений	Без изменений	Без изменений	Без изменений	Без изменений	Легкое меление	Без изменений	Отдельные мелкие трещины
Красное (прокаленные отходы)	Без изменений	Без изменений	Без изменений	Без изменений	Без изменений	Без изменений	Легкое меление	Без изменений	Меление

В результате испытаний установлено, что покрытия фасадной краской «ПС» могут эксплуатироваться в атмосферных условиях умеренного климата не менее 3 лет, а покрытия краской «ФАКРИЛ» — не менее 8 лет.

На кафедре «Экология и химические технологии» УО «Витебский государственный технологический университет» разработана также рецептура белой краски для разметки автомобильных дорог [14]. Краска предназначена для нанесения линий на автомобильных дорогах с асфальтобетонным и цементобетонным покрытиями. В лабораторных условиях проведены технические испытания дорожной разметочной краски [14]. По техническим показателям дорожная разметочная краска соответствует требованиям СТБ 1089–97 «Эмали для горизонтальной разметки автомобильных дорог», СТБ 1231–2000 «Разметка дорожная», ТУ РБ 811000117–2001 «Краска водно-дисперсионная для разметки автомобильных дорог». Новая краска пригодна для разметки про-

езжей части автомобильных дорог с асфальтовым, бетонным или асфальтобетонным покрытием. По результатам работы получен патент «Лакокрасочная композиция для разметки автомобильных дорог» [15].

Представленные результаты работы имеют практическое значение. Технологии комплексной переработки неорганических железосодержащих осадков химической водоподготовки ТЭЦ и станций обезжелезивания представлены в монографии «Комплексное использование неорганических отходов водонасосных станций и теплоэлектроцентралей». По разработанным технологиям получены объекты интеллектуальной собственности. Разработанные технологии изготовления тротуарной плитки, керамической терракотовой плитки, строительного пигмента, фасадных красок и краски для разметки автомобильных дорог с использованием неорганических железосодержащих осадков химической водоподготовки ТЭЦ и станций обезжелезивания позволят расширить ассортимент продукции строительного назначения. При этом они отвечают насущным вопросам использования различных видов техногенных продуктов в качестве вторичного сырья, а также могут помочь улучшить экологическую ситуацию на территории ТЭЦ и водонасосных станций.

#### Список литературы:

1. Ковчур, А.С. Строительные материалы общего назначения с добавкой техногенных продуктов химической водоподготовки ТЭЦ / А.С. Ковчур, П.И. Манак, С.Г. Ковчур, В.Н. Потоцкий, В.Ю. Сергеев // Вестник Витебского государственного технологического университета . – 2019. – № 1(36). – С. 147. DOI:10.24411/2079-7958-2019-13616.
2. Комплексное использование неорганических отходов водонасосных станций и теплоэлектроцентралей : монография / А. С. Ковчур [и др.]. – Витебск : УО «ВГТУ», 2018. – 165 с.
- 3 Перспективы использования промышленных отходов для получения керамических строительных материалов / Д. В. Макаров // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 5. С. 254–281.
4. Raut S. P., Ralegaonkar R. V., Mandavgane S. A. Development of sustainable construction material using industrial and agricultural solid waste: A review of waste-create bricks // Construction and Building Materials. – 2011. – V. 25. – P. 4037–4042.
5. Zhang L. Production of bricks from waste materials – A review // Construction and Building Materials. – 2013. – V. 47. – P. 643–655.
6. Muñoz Velasco P., Morales Ortiz M. P., Mendivil Giry M. A., Muñoz Velasco L. Fired clay bricks manufactured by adding wastes as sustainable construction material – A review // Construction and Building Materials. – 2014. – V. 63. – P. 97–107.
7. Monteiro S. N., Fontes Vieira C. M. On the production of fired clay bricks from waste materials: A critical update // Construction and Building Materials. – 2014. – V. 68. – P. 599–610.

8. СТБ 1071–2007 Плиты бетонные и железобетонные для тротуаров дорог. Технические условия. – Введ. 2008 – 03 – 01. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2008. – 15 с.
9. Ковчур, А.С. Разработка технологии производства терракотовой керамической плитки с использованием техногенных продуктов энергетического комплекса / А.С. Ковчур, В.К. Шелег, С.Г. Ковчур, А.В. Гречаников, П.И. Манак, А.В. Захаренко // Вестник УО «ВГТУ». – 2017. – № 2(33). – С. 86 – 94 с.
10. Платонов, А. П. Утилизация отходов водонасосных станций и ТЭЦ Республики Беларусь / А. П. Платонов, С. Г. Ковчур. – Витебск : УО «ВГТУ», 2002. – 131 с.
11. Платонов, А.П. Получение фасадной краски на основе акриловых полимеров с использованием отходов водоочистительных станций / А.П. Платонов, С.Г. Ковчур. // Вестник. – ВГТУ. – 1999. – № 2. – С. 105.
12. Композиция для покрытия : пат. 8920 Респ. Беларусь / А. П. Платонов, С. Г. Ковчур, А. В. Гречаников; заявитель Витеб. гос. технолог. ун-т. – № а20040146 ; заявл. 27.02.2004 ; опубл. 04.11.2006 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 1 (54). – С. 85.
13. Композиция для покрытия : патент 8920 Республики Беларусь / А. П. Платонов, С. Г. Ковчур, А. В. Гречаников; заявитель Витеб. гос. технолог. ун-т. – № а20040146 ; заявл. 27.02.2004 ; опубл. 04.11.2006 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 1 (54). – С. 85.
14. Платонов, А. П. Изготовление краски для дорожной разметки на основе отходов промышленных предприятий / А. П. Платонов, А. А. Трутнёв, С. Г. Ковчур // Вестник УО «ВГТУ». – 2007. – № 13. – С. 156-159.
15. Патент 12396 Респ. Беларусь. Лакокрасочная композиция для разметки автомобильных дорог / А. П. Платонов, А. С. Ковчур, С. Г. Ковчур ; заявитель Витеб. гос. технолог. ун-т. – № а20070893 ; заявл. 16.07.2007 ; опубл. 30.10.2009 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – № 5 (92). – С. 85.