

УДК 691.42

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВЫХ СОСТАВОВ ТЕХНОГЕННЫХ ПРОДУКТОВ ВОДОПОДГОТОВКИ ТЭЦ

Ковчур А.С.<sup>1</sup>, доц., Шелег В.К.<sup>2</sup>, проф., член-корр. НАН Беларуси,  
Гречаников А.В.<sup>1</sup>, доц., Ковчур С.Г.<sup>1</sup>, проф., Манак П.И.<sup>3</sup>, директор  
<sup>1</sup>Витебский государственный технологический университет,  
<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет, НАН Беларуси,  
<sup>3</sup>ОАО «Обольский керамический завод», г. Витебск, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** осадки химической водоподготовки, фазовый состав, химическая водоподготовка, качественный и количественный анализ, кальциты.

**Реферат.** Одним из направлений утилизации промышленных отходов является их использование как техногенного сырья при получении различного вида продукции и, прежде всего, строительного назначения. Для прогнозирования свойств получаемых материалов и изделий необходимо знать качественный и количественный состав используемого техногенного сырья. В результате проведения рентгенофазового анализа установлено, что состав осадков химводоподготовки ТЭЦ «Южная» представлен основными фазами: кварц и кальцит. Результаты дополнительных исследований подтверждают гипотезу о варьировании состава неорганических отходов химической водоподготовки ТЭЦ «Южная» в зависимости от времени года и метеорологических условий.

Актуальность переработки различных видов техногенных продуктов и рациональное использование природных ресурсов приобретает особое значение в последнее время. Решение этой экологической и экономической проблемы предполагает разработку эффективных ресурсосберегающих технологий за счёт комплексного использования сырья, что одновременно приводит к ликвидации огромного экологического ущерба, оказываемого хранилищами отходов. Одним из направлений утилизации промышленных отходов является их использование как техногенного сырья при получении различного вида продукции и, прежде всего, строительного назначения. Резерв ресурсосбережения в строительстве – это широкое использование вторичных материальных ресурсов, таких как техногенные продукты химической водоподготовки (ХВО) теплоэлектроцентралей и железосодержащих неорганических отходов станций обезжелезивания (водонасосных станций) [1, 2].

Для прогнозирования свойств получаемых материалов и изделий необходимо знать качественный и количественный состав используемого техногенного сырья. Методы исследования фазового состава веществ и материалов предназначены для установления качественного и количественного содержания фаз, имеющих одинаковый и различный химический состав. Основной группой являются дифракционные методы (рентгеновские, нейтронные, электронные), в основе которых лежит изучение взаимодействия излучения с веществом, характеризующееся формированием рефлексов в соответствии с геометрией кристаллической решетки и описывается набором межплоскостных расстояний. Идентификация фазы осуществляется путем сравнения полученного ряда межплоскостных расстояний и относительных интенсивностей линий с приведенными в картотеках рентгенометрическими данными. Дифракционные эффекты представляют значительный интерес не только как источник информации о фазовом составе вещества, но и его структуре (параметры кристаллической решетки, размер кристаллитов, величина микроискажений решетки). Для их описания широко используются рентгенографические методики исследования реальной структуры поликристаллов, основанные на анализе смещения, уширения и формы отдельных дифракционных пиков.

При проведении исследований использовали сухую сыпучую крупнодисперсную смесь с размером частиц 0,2–1,5 мм неорганических отходов продувочной воды ТЭЦ «Южная» ОАО «Витязь» желто-коричневого цвета. Образцы высушены при нормальных условиях и дополнительной термической обработке не подвергались.

Определение фазовый состав производили рентгеновским методом на дифрактометре D8 Advance (Германия) с использованием характеристического излучения медного анода рентгеновской трубки  $\text{CuK}_\alpha$  и конфигурации съемки Брэгга-Брентано  $\Theta$ - $2\Theta$ . При проведении эксперимента порошки исследуемых образцов отходов ХВО прессовались в плоские кюветы. Сканирование проводилось при комнатной температуре в интервале углов  $2\Theta$  от  $10^\circ$  до  $120^\circ$  с шагом  $0,05^\circ$  и временем интегрирования рентгеновских квантов в каждой точке 3 с. Проводился фазовый анализ с применением ПО EVA и базы рентгенографических стандартов ICDD PDF-2. Рентгеноструктурный анализ – с применением ПО TOPAS (Bruker) по методике, основанной на аппроксимации профиля линий расчетной и экспериментальной дифрактограммы с помощью метода наименьших квадратов. Уточнение параметров проводили для многофазных систем по всему профилю дифрактограммы с учетом наложения пиков, фона и разделения вкладов микроструктурных параметров. Для анализа микроструктурных параметров (размера кристаллитов и микронапряжений) в ПО TOPAS применяли подход Double-Voigt для анализа уширения пика. Полуколичественный анализ (масс.) выполнен методом Ритвельда [3].

В результате проведения рентгенофазового анализа (рис. 1) установлено, что состав осадков химводоподготовки ТЭЦ «Южная» представлен основными фазами: кварц  $\text{SiO}_2$  (PDF-2 № 46-1045 гексагональная сингония, пространственная группа симметрии SG P3221) и кальцит  $\text{CaCO}_3$  (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) [4].

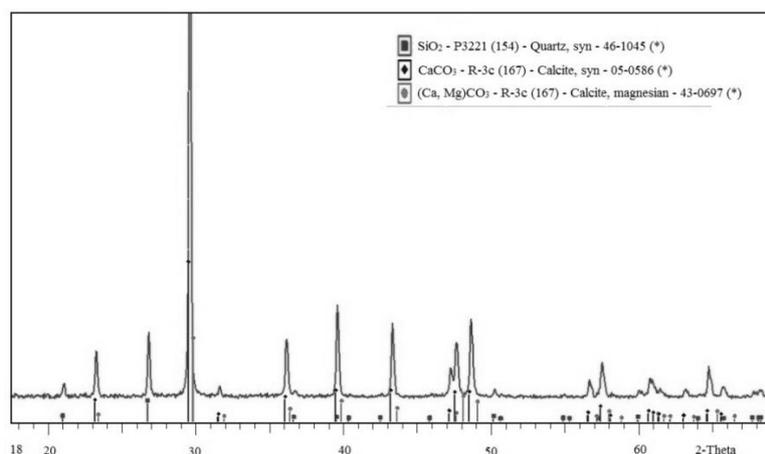


Рисунок 1 – Дифрактограмма исходного образца техногенных продуктов ХВО ТЭЦ «Южная» (лето 2017)

Для подтверждения достоверности полученных результатов фазового состава было проведено дополнительное исследование элементного состава использования неорганических отходов химической водоподготовки (осадков химводоподготовки код 8410500) ТЭЦ «Южная» на аттестованном рентгенофлуоресцентном спектрометре ED 2000 фирмы Oxford Instruments Analytical (Великобритания). Погрешность метода в данном случае составляет 3–5 относительных процентов. Исследование фазового состава проводили на рентгеновском дифрактометре UltimaIV фирмы Rigaku. Определение влажности проводили методом выпаривания влаги в сушильном шкафу при  $t = 105^\circ\text{C}$  до постоянного веса. Влажность составляет 38,25 %. Фазовый анализ проводили с применением ПО PDXL2 и базы данных рентгенографических стандартов ICDD PDF-2. По данным рентгенофазового анализа установлен следующий химический состав в образце в сухом виде неорганических отходов химводоподготовки ТЭЦ «Южная» и представлен основными фазами кварца  $\text{SiO}_2$  [Quartz] – 2 мас. % (PDF CARD No:01-083-0539);  $\text{FeO}(\text{OH})$  [Iron Oxide Hydroxide] – 16 мас. % PDF CARD No:01-075-1594;  $\text{Ca}(\text{CO}_3)$  [Calcite] – 82 мас. % PDF CARD No:01-083-4602 (рис. 2).

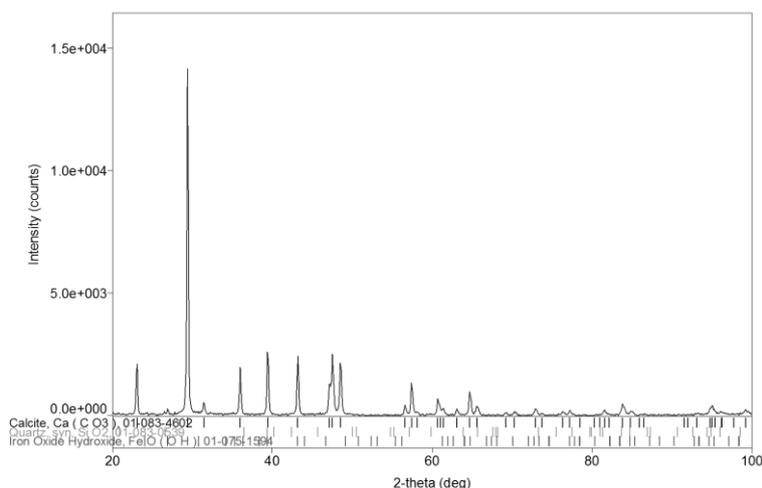


Рисунок 2 – Дифрактограмма исходного образца техногенных продуктов  
ХВО ТЭЦ «Южная» (зима 2017–2018)

Результаты исследований подтверждают гипотезу о варьировании состава неорганических отходов химической водоподготовки (осадков химводоподготовки код 8410500) ТЭЦ «Южная» в зависимости от времени года и метеорологических условий.

#### Список использованных источников

1. Перспективы использования промышленных отходов для получения керамических строительных материалов / Д. В. Макаров // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2016. – № 5. – С. – 254–281.
2. Дворкин, Л. И. Строительные материалы из отходов промышленности : учебно-справочное пособие / Л. И. Дворкин, О. Л. Дворкин. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2007. – 368 с.
3. Balzar, D. Voight-function model in diffraction line-broadening analysis / B. Balzar [et al.] // Defect and microstructure analysis from diffraction, International Union of Crystallography Monographs on Crystallography. No. 10. Oxford University Press, New York, NY. P. 94–126
4. Ковчур, А. С. Керамический кирпич с добавлением осадков химической водоподготовки теплоэлектростанций / А. С. Ковчур, А. В. Гречаников, С. Г. Ковчур, И. А. Тимонов, В. Н. Потоцкий // Труды БГТУ, 2018. – Серия 2. – №2. – С. 146–158.

УДК 677.11.027.2

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА БИООТВАРКИ ЛЬНЯНЫХ ТКАНЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЖИДКИХ ЦЕЛЛЮЛАЗ

**Котко К.А., студ., Скобова Н.В., к.т.н., доц., Ясинская Н.Н., к.т.н., доц.,  
Сергеев В.Ю., ст. преп.**

*Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

**Ключевые слова:** биотварка, фермент, целлюлаза, льняная ткань.

Реферат. Биотехнологии используются на всех технологических фазах отделочного производства и во всех случаях универсально решают одновременно две задачи – повышение экологичности и экономичности процессов, выигрывая конкуренцию с классическими химическими и физико-химическими методами воздействия. В ряде случаев биотехнологии удачно сочетаются, дополняя классическую технологию. В этой связи разработка рациональных ресурсосберегающих технологий подготовки хлопчатобумажных тканей на основе