

ное Минского района. Фторид- ионы являются природными показателями, однако чрезмерное содержание в воде фтора в первую очередь неблагоприятно сказывается на состоянии зубов и скелета. Такая вода пригодна для бальнеолечения (лечения водой особым химическим составом при некоторых заболеваниях).

Таким образом, при анализе химического состава питьевой воды по выявленным компонентам, наилучшим качеством обладает вода, где источником водоснабжения являются подземные воды (артезианские скважины).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Загрязнение гидросферы. Причины, источники, способы решения. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://ecorportal.su/public.html> (дата обращения: 01.02.2024).

2. Состояние окружающей среды Республики Беларусь. Мн.: БелНИЦ «Экология», 2019. 191 с.

3. СанПиН 10-124 РБ 99. Санитарные правила и нормы. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – Мн.: Издание Министерства здравоохранения Республики Беларусь, 2000 г.

УДК 628.387

В. И. Чепрасова, ст. науч. сотр., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск);  
А. Д. Галяш, инж.  
(УП «Витебскоблгаз» филиал ПУ «Витебскторф», г. Витебск)

#### **АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСАДКОВ ХИМИЧЕСКОЙ ВОДОПОДГОТОВКИ**

В результате осуществления предварительной подготовки воды на теплоэлектростанциях происходит образование осадков химической водоподготовки, которые в соответствии с Классификатором отходов, образующихся в Республике Беларусь, являются отходами третьего класса опасности. Эти отходы имеют код 8410500 и относятся к блоку 8 «Отходы (осадки) водоподготовки котельно-теплового хозяйства и питьевой воды, очистки сточных, дождевых вод и использования воды на электростанциях», разделу 4 «Отходы (осадки) водоподготовки котельно-теплового хозяйства и питьевой воды, очистки сточных, дождевых вод и использования воды на электростанциях», группе 1 «Осадки водоподготовки котельно-теплового хозяйства». Согласно данным, представленным в статистическом сборнике «Охрана окружающей среды в Республике Беларусь» [1], в 2020 году

образование отходов блока 8 составило 2239 тысяч тонн. Объем образования осадков химической водоподготовки зависит от производительности теплоэлектростанций и составляет тысячи тонн в год. При этом согласно Реестрам Министерства природных ресурсов Республики Беларусь в настоящее время объектов по использованию и обезвреживанию осадков химической водоподготовки не имеется.

Отобранные для исследования осадки химической водоподготовки представляли собой достаточно однородную по гранулометрическому составу тонкодисперсную смесь светло-коричневого цвета влажностью от 35 до 40 %. Согласно данным рентгенофазового анализа фазовый состав исследуемых образцов осадков химической водоподготовки представлен карбонатом кальция (рисунок 1).

Данные ИК-спектроскопии (рисунок 2) показывают наличие полос поглощения при 1422 и 1085  $\text{см}^{-1}$ , которые связаны с антисимметричными и симметричными валентными колебаниями карбонатной группы, а также при 875 и 713  $\text{см}^{-1}$ , которые обусловлены внеплоскостными и плоскостными деформационными колебаниями карбонатной группы.

Результаты EDX анализа (таблица) свидетельствуют о наличии в составе образцов соединений железа (до 4,54 масс. %) и магния (до 5,47 масс. %).

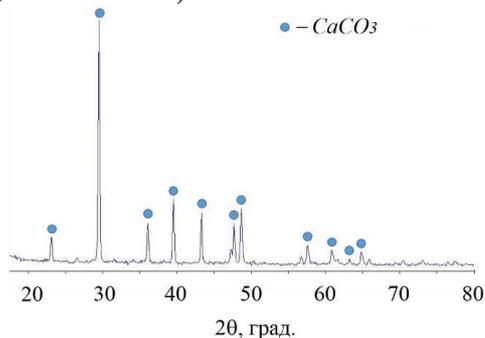


Рисунок 1 – Рентгенограмма образца осадка химической водоподготовки

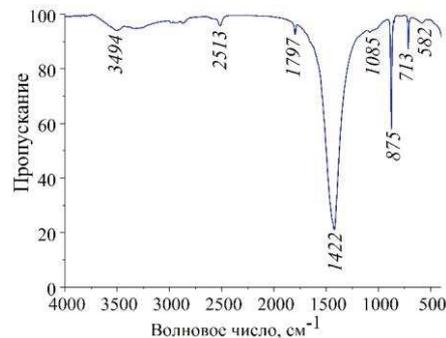


Рисунок 2 – ИК-спектр образца осадка химической водоподготовки

Таблица – Результаты EDX анализа исследуемых образцов осадков химической водоподготовки

Номер образца	Элементный состав, масс. %				
	O	Mg	Si	Ca	Fe
1	83,09	3,39	0,87	9,57	3,08
2	78,87	5,47	–	11,12	4,54
3	82,49	4,05	0,98	10,33	2,15

Осадки химической водоподготовки могут быть использованы в различных отраслях промышленности. Аналитический обзор научно-технической и патентной литературы показал, что в настоящее время

существуют следующие основные направления использования осадков химической водоподготовки:

- в промышленности строительных материалов (при производстве керамического кирпича и плитки, бетона, строительных смесей, гипса, извести и др.) [2];

- использование в качестве минеральных удобрений при регулировании кислотности почв;

- использование в качестве сорбционного материала при очистке сточных вод [3];

- использование в качестве рекультивационных материалов и заменителей природных грунтов [4];

- применение в качестве добавок и наполнителей при производстве полимерных материалов и др.

Все указанные направления переработки осадков химической водоподготовки имеют свои достоинства и недостатки.

Наибольшее количество работ направлено на исследование возможности использования осадков химической водоподготовки в качестве сырья при производстве строительных материалов, в частности керамического кирпича. Добавку данного отхода к исходной керамической шихте предлагают осуществлять в количестве до 40 масс. % по сухому веществу [2].

В качестве оптимального варианта авторы [2] предлагают вводить осадок химической водоподготовки в количестве 20 масс. % по сухому веществу, что обеспечивает соответствие свойств получаемого керамического кирпича всем нормативным требованиям. При увеличении содержания отхода происходит повышение пористости изделий, что позволит использовать их в качестве теплоизоляционных материалов.

Высокое содержание карбоната кальция в составе осадка химической водоподготовки позволяет предположить возможность его переработки с получением строительной извести. Для этого необходимо осуществлять обжиг осадка при температуре 900–1000°C. Однако наличие соединений железа в составе осадка может оказывать влияние на качество получаемой извести.

В качестве альтернативного варианта актуальным является использование осадков химической водоподготовки в качестве сорбционного материала при очистке сточных вод, где не требуется предварительная высокотемпературная обработка.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Статистический сборник «Охрана окружающей среды в Республике Беларусь». – Нац. стат. комитет Республики Беларусь. – Минск, 2021. – 203 с.

2. Бариева, Э. Р. Использование шламовых отходов теплоэнергетических предприятий в производстве керамического кирпича / Э.Р. Бариева, Э.А. Королев // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2009. – № 56. – С. 111–117.

3. Касиков, А. Г. Очистка промышленных сточных вод с использованием отходов производства (обзор) // Экология промышленного производства. – 2006. – №. 4. – С. 28–36.

4. Тупицына, О. В. Направления использования отходов ТЭК с получением рекультивационных материалов / О. В. Тупицына [и др.] // Экология и промышленность России. – 2014. – № 6. – С. 13–17.

УДК 549.67

И. Ю. Козловская, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск);  
М. В. Павлюкович, учащийся  
(УО «Национальный детский технопарк», г. Минск)

### **РЕАГЕНТНАЯ АКТИВАЦИЯ ОТРАБОТАННОГО ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩЕГО КАТАЛИЗАТОРА**

Активация и модифицирование неорганических природных сорбентов проводится с целью направленного изменения их свойств. Существует ряд эффективных поверхности цеолитов. Физические способы активации включают гидротермальную обработку под воздействием давления и температуры, при котором происходит изменение размеров при разрушении структуры и уменьшение поверхности материала. При термической активации, при температуре 120–800<sup>0</sup>С происходит выделение выделения влаги, что позволяет повысить сорбционную емкость. Радиационное облучение приводит к структурным изменениям в элементарной ячейке цеолита и созданию электрических диполей с характеристическими параметрами, отличающимися от параметров диполей исходного материала.

Химические способы активации цеолитов заключаются в воздействии на образцы химических реагентов. Для щелочной активации используют растворы гидроксидов щелочноземельных металлов (концентрация 5–10%), при этом место катионов водорода в силанальных группах цеолита занимает ион щелочноземельного металла. Солевую активацию преимущественно проводят с использованием растворов легкорастворимых в воде солей, например, 10 %-й раствор NaCl, механизм активации аналогичен щелочной обработке.

Для кислотной активации используют 7–10 %-е растворы соляной, серной, фосфорной и других кислот. В результате воздействия