

родные кремнеземистые и карбонатные породы, которые распространены в земной коре.

Целью настоящих исследований явилось изучение влияния процессов структурообразования при высокотемпературной обработке природного кремнеземистого и карбонатного сырья Республики Беларусь на сорбционную емкость по фосфатам.

Для наиболее эффективных сорбентов проведены исследования вторичного загрязнения тяжелыми металлами сточных вод, содержание тяжелых металлов находится в пределах допустимых норм.

Практическая применимость отработанного сорбционного материала рассматривается в контексте использования в качестве фосфорсодержащего минерального удобрения либо его компонента. Тем самым решается вопрос возврата фосфора в производственный цикл.

УДК 628.325

В. Н. Марцуль, доц., канд. техн. наук; Е. Г. Сапон, ассист. (БГТУ, г. Минск);

О. С. Дубовик, ведущий инженер-технолог;

В. В. Иванович инженер-технолог(УП «Минскводоканал», г. Минск)

### **ИСПЫТАНИЯ РЕЖИМОВ АНАЭРОБНОГО СБРАЖИВАНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД МИНСКОЙ ОЧИСТНОЙ СТАНЦИИ**

В последние десятилетия особый интерес исследователей и инженеров связан с использованием анаэробного сбраживания для стабилизации осадков сточных вод (ОСВ) [1]. Анаэробное сбраживание – процесс бескислородного разложения органических веществ, протекающий в интервале температур от 0–110 °С. На практике наибольшее распространение нашли мезофильные (30–40 °С) и термофильные (50–60 °С) условия сбраживания. По данным за 2014 год около 67% биореакторов в мире эксплуатировались в мезофильном режиме и 33% в термофильном [2]. В результате анаэробного сбраживания ОСВ образуется биогаз, который может быть использован как возобновляемый источник энергии. Он представляет собой смесь газов: метан (55–75%), углекислый газ (30–45%), сероводород (1–2%), азот (до 1%), водород (до 1%), следовые количества кислорода и оксида углерода [3].

Термофильное сбраживание имеет ряд существенных преимуществ таких как, большая метаболическая активность микроорганизмов, и как следствие более высокая степень сбраживания органического вещества

ОСВ, практически полное уничтожению вирусных и бактериальных патогенов, а также лучшие водоотдающие свойства сброженных ОСВ [3, 4]. К недостаткам процесса термофильного сбраживания относят его высокую энергоемкость и низкую стабильность, что препятствует широкой коммерциализации термофильного сбраживания. Это связывают с тем, что метаногены очень чувствительны к резким изменениям температуры, которые могут иметь место на практике. Это необходимо учитывать при реализации крупных инвестиционных проектов по реконструкции очистных сооружений канализации, а с целью наиболее обоснованного выбора технологии анаэробного сбраживания ОСВ необходимо проводить пилотные испытания.

На Минской очистной станции (МОС) были проведены испытания двух режимов анаэробного сбраживания на полупромышленной пилотной установке (установка). Целью проведения испытаний было экспериментальное обоснование режима сбраживания и получение исходных данных, для проектирования новой системы обработки ОСВ МОС.

Работа проводилась в рамках Рамочного соглашения о сотрудничестве по проведению испытаний на УП «Минскводоканал» между БГТУ, УП «Минскводоканал», компаниями AQUA Consult Ingenieur GmbH, Cambi и Европейским экологическим центром KREVOX. Испытания вариантов анаэробного сбраживания осадков сточных вод проведены с использованием установки контейнерного типа, безвозмездно предоставленной фирмой AQUAConsult Ingenieur GmbH.

Установка включает четыре биореактора с рабочим объемом 80 дм<sup>3</sup> каждый. Реакторы оборудованы аналитической и инструментальной системами для поддержания и контроля следующих показателей иловой смеси: температура, pH, окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) и уровень заполнения. Установка оснащена расходомерами и газоанализатором, для контроля за количественным и качественным составом образующегося биогаза. Работоспособность установки и контроль показателей в соответствии с программой испытаний обеспечивали сотрудники БГТУ, МОС и AQUA-Consult Baltic.

В течение девяти месяцев анаэробной стабилизации подвергнуто более трех тонн ОСВ, выполнено более 1000 лабораторных исследований. Осадки сточных вод до и после сбраживания анализировали в лабораториях кафедры промышленной экологии БГТУ по следующим параметрам: влажность, взвешенные вещества, доля беззольного вещества, общий фосфор, общий азот, химическое потребление кислорода (ХПК).

Анализ жидкой фазы сброженных осадков проводили в лаборатории Минской очистной станции по следующим параметрам: фосфаты, азот аммонийный, ХПК, БПК. Математическую обработку результатов проводили с использованием программы Microsoft Excel.

Помимо инструментального анализа выхода биогаза, производили его оценку по степени сбраживания органического (беззольного) вещества ОСВ.

В результате проведения испытаний получена информация о степени сбраживания ОСВ МОС и суточном выходе биогаза, составе жидкой фазы сброженных ОСВ.

Степень сбраживания органического вещества ОСВ в условиях проводимых испытаний составила:

- в мезофильном режиме сбраживания (гидравлическое время удержания 20 суток) – 37,4 %;
- в термофильном режиме сбраживания (гидравлическое время удержания 12 суток) – 44,3 %.

Получена информация о составе жидкой фазы сброженных ОСВ. Установлено, что среднее содержание азота аммонийного в жидкой фазе ОСВ, сброженных в термофильном режиме, примерно в 1,5 раза больше чем в жидкой фазе ОСВ, сброженных в мезофильных условиях.

Показано, что среднее содержание фосфора фосфатного в жидкой фазе сброженных ОСВ составляет 120,0 мгР/дм<sup>3</sup> и не зависит от температурных условий.

В условиях проведения испытаний на установке более предпочтительным режимом сбраживания является термофильный режим. Это выбор обусловлен несколькими факторами. Во-первых, более высокой степенью разложения органического вещества ОСВ, за счет повышения растворимости органических соединений и высокой скорости микробиологических процессов. Во-вторых, большим выходом биогаза, который может быть использован для получения энергии. В-третьих, меньшим гидравлическим временем удержания ОСВ, а соответственно и большей производительностью метантенков. Кроме того, повышенная температура процесса позволяет добиться обеззараживающего эффекта.

Полученные данные могут быть использованы при выборе и разработке проектных решений по реконструкции МОС УП «Минскводоканал».

## ЛИТЕРАТУРА

1 Ванюшина А. Я., Данилович Д. А. Анаэробное сбраживание ключевая технология обработки осадков городских сточных вод / А. Я. Ванюшина, Д. А. Данилович // Водоснабжение и санитарная техника. – 2013. – №. 10. – С. 58–65.

2 De Baere L., Mattheeuws B. Anaerobic digestion of the organic fraction of municipal solid waste in Europe – Status, experience and prospects // Waste Management. – 2014. – Vol. 3. – P. 517–526.

3 Khalid, A. The anaerobic digestion of solid organic waste / A. Khalid, M. Arshad, M. Anjum, T. Mahmood, L. Dawson // Waste Manag. – 2011. – Vol. 31, no. 8. – P. 1737–1744.

4 Chen, Y. Creamer Inhibition of anaerobic digestion process: A review / Ye Chen, Jay J. Cheng, S. Kurt // Bioresource Technology. – 2008. – Vol. 99, no. 10. – P. 4044–4064.

УДК 504.064.47: 628.386

О. С. Залыгина, доц., канд. техн. наук;  
В. И. Чепрасова, мл. науч. сотр.; А.А. Ковалёва, студ.  
(БГТУ, г. Минск)

## ПОЛУЧЕНИЕ ПИГМЕНТОВ НА ОСНОВЕ ОТРАБОТАННЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ХИМИЧЕСКОГО НИКЕЛИРОВАНИЯ

В машиностроении и других отраслях промышленности широкое распространение получили процессы гальванического и химического никелирования. В основном применяется гальваническое никелирование, но в некоторых случаях химическое никелирование является незаменимым. Главным его достоинством является равномерное распределение металла по поверхности рельефного изделия любого профиля, что недостижимо при гальваническом покрытии.

В процессе химического никелирования образуются отработанные растворы, характеризующиеся высокой концентрацией ионов никеля. В настоящее время они, как правило, хранятся на территории предприятия либо сбрасываются на очистные сооружения совместно с промывными сточными водами. Это не только приводит к загрязнению окружающей среды ионами никеля, которые обладают токсическими, мутагенными и канцерогенными свойствами, но и к потере ценных сырьевых ресурсов.

Учитывая хромофорные свойства никеля, в работе исследовалась