

обработке удаляются вещества фенольной природы. Извлечение пектиновых веществ из образца 3 приводит к значительному снижению адсорбционной активности (образец 4), что вполне объяснимо удалением с пористой поверхности сорбента большого количества карбоксильных групп. В пользу такой интерпретации свидетельствует работа [4], в которой показано, что добавка к лигнину пектиновых веществ, значительно увеличивает адсорбционную способность сорбента. Следует отметить, что сорбционная активность образца 3 сопоставима с таковой для широко известного сорбента полифепана, получаемого модификацией лигнина (~50 мг/г).

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что кора, подвергнутая последовательной экстракционной обработке с целью получения биологически активных веществ (образец 3), представляет собой эффективный сорбент, не требующий дополнительной активации.

#### Список использованных источников

1. Кузнецов Б.Н. Методы получения пористых материалов из лигнина и древесной коры (обзор) / Б.Н. Кузнецов, Н.В. Чесноков, И.П. Иванов, Е.В. Веприкова, Н.М. Иванченко // Ж. Сиб. федер. ун-та. Химия 2015. Т. 8(2). С. 232–255.

2. Селиверстова Т.С. Экстрактивное выделение комплекса биологически активных веществ из коры ольхи / Т.С. Селиверстова, М.А. Кушнер // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения [Электронный ресурс]: сб. материалов по итогам Всерос. науч.-практ. конф. (7 декабря 2017 г., Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, 2017. – Режим доступа: <http://www.sibsau.ru/index.php/nauka-i-innovatsii/izdatelskayadeyatelnost>. С. 359–361.

3. Кушнер М.А. Биологически активные соединения фенольной природы экстрактов коры ольхи / М.А. Кушнер, Т.С. Селиверстова, Я.М. Катов // Химия и химическая технология переработки растительного сырья: материалы докладов Международной научно-технической конференции, Минск, 10–12 октября 2018 г. / Мн.: БГТУ, 2018. С. 33–36.

4. Решетников В. И. Оценка адсорбционной способности энтеросорбентов и их лекарственных форм // Хим.-фарм. журнал. 2003. Т. 37. № 5. С. 28–32.

УДК 628.381.1

И.В. Войтов, д-р техн. наук; В.Н. Марцуль, канд. техн. наук  
БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБРАЩЕНИЯ С ОСАДКАМИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Осадки являются неизбежным побочным продуктом очистки сточных вод. В отличие от других отходов, образования осадков избежать не удастся и в ближайшие годы их количество, по мере повышения эффективности работы действующих очистных сооружений и строительства новых, будет возрастать. Количество влажных осадков, выделяющихся при очистке сточных вод на очистных сооружениях канализации (ОСК), обычно не превышает 1% от расхода поступающих вод.

Практически все ОСК осадки размещают для обезвоживания и подсушки на иловых площадках, которые, при отсутствии приемлемых вариантов использования, превращаются в объекты, на которых производится длительное хранение данных отходов. В реестре объектов хранения и захоронения отходов, который ведет Минприроды Республики Беларусь, зарегистрировано 159 объектов хранения осадков очистных сооружений канализации, на которых в настоящее время размещено более 9 млн. тонн данных отходов, которые хранятся более 20 лет. Системная работа по инвентаризации и обследованию иловых площадок, ранжированию размещенных на них осадков в зависимости от их состава и свойств, возможности использования в республике не проведена.

Осадки очистных сооружений канализации в Беларуси не являются объектами аналитического контроля, т.е. на очистных сооружениях определение их состава по установленному перечню показателей не производится. Это не позволяет обоснованно подходить к выбору способов их обработки и направлений использования, выявлять тенденции изменения их состава, оценивать эффективность мероприятий по ограничению сбросов загрязняющих веществ абонентами сетей канализации, особенно в части содержания тяжелых металлов.

Существенное влияние на выбор и экономическое обоснование вариантов обработки и использования осадков очистных сооружений канализации оказывают ставки экологического налога за захоронение, хранение отходов производства. Так, действующая в Беларуси ставка экологического налога за хранение осадков из отстойников (сырой осадок с коагулянтном (флокулянтном), осадков после промывки фильтров), осадков сооружений биологической очистки хозяйственно-фекальных сточных вод, а также избыточного активного ила на 2019 год составляет 0,10 руб. за 1 тонну. Низкие ставки налога не стимулируют работу по поиску вариантов использования осадков. Однако этот вариант решения проблемы осадков изжил себя, так как возможности размещения осадков очистных сооружений на объектах хранения в республике практически исчерпаны.

В связи с этим проблема вовлечения осадков в хозяйственный оборот осадков очистных сооружений канализации для Беларуси имеет первостепенное значение.

В сложившейся неблагоприятной ситуации с осадками очистных сооружений канализации имеется один положительный момент, который состоит в том, что для Беларуси есть реальный шанс использовать наилучшие доступные технологии, позволяющие не только решить проблему осадков очистных сооружений канализации, но и получить определенный как экологический, но и экономический эффект.

Для Беларуси очень важно, чтобы эта работа проводилась в рамках согласованной стратегии обращения с осадками очистных сооружений канализации, которая включала бы все аспекты деятельности в этой сфере (нормативное правовое регулирование, методики и критерии оценки вариантов проектных решений, экономический механизм управления осадками и др.) и рассматривала как использование вновь образующихся осадков в темпе их образования, так вовлечение в хозяйственный оборот осадков, накопленных на иловых площадках, и территорий, отведенных под эти объекты.

Отправной точкой такой системной работы является объективная информация как об очистных сооружениях, на которых образуются данные отходы, так и составе осадков. При экспертной и финансовой поддержке Европейского экологического центра Кревокс (Польша) БГТУ создана электронная база данных, содержащая информацию по очистным сооружениям (технология, оборудования, состав сточных вод, характеристика осадков и др.), которую необходимо наполнить конкретным содержанием (пока в ней данные по 39 объектам). В настоящее время в сфере водоснабжения и водоотведения реализуется ряд программ и проектов (программа по водному сектору ЕБРР, проект МБРР «Развитие систем водоснабжения и водоотведения», проекты международной финансовой организации НЕФКО, проект PRESTO), в рамках которых выделяется кредитное финансирование и привлекаются средства грантов. В реализации этих программ и проектов участвуют предприятия ЖКХ и Водоканалы городов Слоним, Барановичи, Лида, Орша, Полоцк, Витебск, Гродно, Молодечно, Пинск, Кобрин.

Минприроды совместно с НЕФКО реализован проект международной технической помощи «Оценка степени загрязнения региона биогенами и определение первоочередных инвестиционных проектов». По результатам проекта был сформирован перечень объектов для инвестирования со стороны международных организаций. В данный перечень вошла модернизация девяти Водоканалов (города Кобрин, Лида, Сморгонь, Новогрудок, Скидель, Щучин, Ошмяны, Пружаны, Ляховичи). Большинство этих объектов сбрасывает сточных воды в реки бассейна Балтийского моря.

Анализ технологических решений, которые были представлены в обоснованиях инвестиций по некоторым объектам, или уже реализуются на практике, показывает, что они, как правило, не рассматривают весь комплекс вопросов, связанных с использованием осадков. Они часто

базируются на традиционных технологиях и не учитывают современные технологические решения, особенно в части повышения энергетической эффективности, извлечения и использования фосфора и др.

Общим недостатком практически всей предпроектной и проектной документации является то, что очистные сооружения традиционно не рассматриваются как единый взаимосвязанный технологический комплекс, включающий как очистку сточных вод, так и обработку осадков. Это не позволяет выбрать оптимальные решения и, в конечном итоге, снизить издержки на реализацию проекта.

При использовании биогазовых технологий выбор режимов сбраживания и составов субстратов, часто производится по усредненным данным без учета характеристик осадков конкретного объекта. Не рассматриваются технологические решения и оборудование, позволяющие существенно повысить энергетическую эффективность биогазовых установок за счет ко-ферментации с использованием других отходов, предварительной подготовки осадков к сбраживанию (термогидролиз, химический гидролиз, ультразвуковая обработка и др.) и в комплексе решить задачи стабилизации, обеззараживания, уменьшения влажности и объема осадков, извлечения фосфора для использования в сельском хозяйстве.

Сравнение альтернативных вариантов технологических решений производится поверхностно без составления детального материально-энергетического баланса, особенно по азоту и фосфору.

Для проведения целенаправленной работы по вовлечению осадков в хозяйственный оборот необходимо аккумулировать имеющийся в республике экспертный и исследовательский потенциал, который позволил бы оперативно выполнять работы по комплексному исследованию состава (по согласованному перечню показателей) и свойств (теплота сгорания, биогазовый потенциал, санитарно-паразитологические показатели и др.) осадков и квалифицированно производить выбор возможных вариантов обработки и использования осадков и их сравнение по эколого-экономическим показателям.

В проектах реконструкции очистных сооружений необходимо ориентироваться на наилучшие доступные технологии, создавая в республике сеть демонстрационных объектов, что будет хорошей основой для продвижения современных технологий обработки и использования осадков, апробированных на очистных сооружениях стран Европы и США.

Одной из актуальных задач, требующих решения, является практическая реализация технологий, обеспечивающих максимальное извлечение фосфора в процессе обработки осадков сточных вод, которые по разным причинам не могут вноситься на почву. Необходимо определить объекты, на которых целесообразно реализовать инвестиционные проекты по извлечению фосфора в процессах обработки осадков очистных сооружений канализации и получению удобрения; выбрать очистные сооружения на территории Беларуси, перспективные для создания региональных центров по ко-ферментации органических отходов и осадков очистных сооружений, в том числе с использованием технологии термогидролиза.

Назрела необходимость в проведении системной работы, цель которой выбор и практическая реализация решений по выведенным из эксплуатации иловым площадкам, направленным как на использование накопленных там осадков, так и на рекультивацию отведенных под них территорий.

Степень вовлечения в хозяйственный оборот осадков очистных сооружений в значительной степени определяется совершенством нормативной правовой базы, регулирующей отношения в этой области. Осадки характеризуются весьма ценными агрохимическими свойствами, достаточно высокой теплотой сгорания, сравнимой с теплотой сгорания торфа и древесных пеллет. Это позволяет рассматривать их как ценное вторичное сырье, использование которого, при соблюдении определенных условий, может способствовать решению проблем ресурсосбережения и охраны окружающей среды.

В международной правовой практике осадки очистных сооружений канализации и близкие им по составу осадки сточных вод ряда производств относятся к группе отходов, обращение с которыми регулируется отдельными нормативными правовыми актами [1–5].

К апробированным на практике инструментам регулирования в сфере использования осадков относятся требования: к технологии обработки осадков перед их использованием; максимальному количеству осадков (по сухому веществу), вносимому в почву на единицу площади в год; минимальной частоте (периодичности) анализа состава осадков; необходимости получения разрешения на использование необработанных осадков на почве; к продолжительности периода между использованием (внесением) осадка и выпасом скота, сбором урожая и продукцией, которая находится в непосредственном контакте с осадком и потребляется в сыром виде; (специальные требования) при использовании осадков на почвах с рН ниже 6; проведения анализов почвы и осадков с определением установленных показателей и доведением их до потребителей; к регистрации количества производимых осадков, места и условий использования осадков в сельском хозяйстве и средней концентрации тяжелых металлов в осадках.

Специальному регулированию подлежат предельные значения концентраций тяжелых металлов (кадмий, медь, никель, свинец, цинк, ртуть, хром) в почвах, которые не должны превышать при использовании осадков; предельные значения концентраций тяжелых металлов в осадках; максимальная годовая нагрузка по каждому нормируемому тяжелому металлу, создаваемую при внесении осадка в почву.

Перечень веществ, содержание которых регламентируется в осадках, увеличивается по мере расширения информации о составе осадков и влиянии отдельных их компонентов на окружающую среду и человека. Помимо тяжелых металлов ряд стран в перечень контролируемых показателей включили вещества, относящиеся к стойким органическим загрязнителям, в том числе полициклические ароматические углеводороды, полихлорированные бифенилы.

Помимо содержания тяжелых металлов доза осадка, используемого для внесения в почву, ограничивается содержанием азота. Поступление азота с осадком не должно превышать 70% от общей потребности в азоте сельскохозяйственных культур.

Специальному регулированию подлежит содержание патогенных микроорганизмов, в зависимости от которого устанавливают ограничения по использованию осадков.

Одним из аспектов, который является объектом нормативного правового регулирования, является извлечение фосфора из осадков сточных вод. Так Положение по осадкам сточных вод, введенное в действие в Германии, устанавливает требование извлечение фосфора из осадков сточных вод при его содержании более 2% для очистных сооружений производительностью более 50 000 ЭН (эквивалент населения). Внесение осадков на почву допускается только для очистных сооружений производительностью менее 50 000 ЭН [6].

Осадки, как отдельный объект нормативного правового регулирования в области обращения с отходами в Республике Беларусь не выделяются. Поэтому деятельность по обращению с этими отходами регламентируется Законом «Об обращении с отходами», рядом общих для всех отходов НПА и ТНПА. Порядок организации работ по использованию (обезвреживанию), хранению и захоронению отходов определяется их количеством, агрегатным состоянием, степенью опасности, а для опасных отходов – классом опасности.

Согласно классификатору отходов, образующихся в Республике Беларусь, все осадки очистных сооружений канализации относятся к опасным отходам.

Отнесение осадков к опасным отходам производится без учета их состава. Известно, что состав осадков очистных сооружений крупных городов с развитой промышленностью и малых населенных пунктов, где производство в основном представлено предприятиями по переработке сельскохозяйственной продукции, существенно отличается. По содержанию некоторых компонентов, определяющих степень опасности данных отходов, отличия могут составлять в 5–10 раз.

В настоящее время в Беларуси действуют несколько локальных технических нормативных правовых актов, устанавливающих требования к отдельным продуктам, которые могут быть получены из осадков очистных сооружений канализации [7–9]. Использование осадков, состав и свойства которых отвечают требованиям этих технических нормативных правовых актов, осуществляется согласно технологическим регламентам, разработанным в соответствии с [10]. Однако в комплексе все вопросы, связанные с использованием

осадков, в настоящее время на нужном уровне не регламентируются. В связи с этим давно назрела необходимость изменения подходов к нормативному правовому регулированию обращения с осадками очистных сооружений канализации, особенно в части установления конкретных критериев определения степени их опасности, которые позволяли бы обоснованно подходить к выбору способов их обработки и направлений использования. Необходимо разработать и ввести в действие технический нормативный правовой акт «Обращение с осадками очистных сооружений канализации», в котором должны найти все вопросы обработки и использования осадков очистных сооружений канализации.

В Беларуси имеется научный задел и опыт работы в области обработки осадков, разработки нормативно-технических документов, регламентирующих их использование.

При наличии заинтересованности органов государственного управления используя отечественный опыт и опыт стран ЕС в сравнительно короткие сроки могут быть разработаны и приняты ТНПА, которые позволят начать целенаправленную работу по использованию и обезвреживанию осадков.

#### Список использованных источников

1. Директива ЕЭС 86/278/ЕЭС от 12 июня 1986 по охране окружающей среды, в частности, почвы, при использовании осадков сточных вод в сельском хозяйстве (Council Directive 86/278/EEC of 12 June 1986 on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture).

2. Стандарт США по использованию и удалению осадков сточных вод (40 CFR PART 503 «Standards for the use or disposal of Sewage Sludge»).

3. ГОСТ Р 17.4.3.07-2001. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений.

4. ГОСТ Р 54534-2011. Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Требования при использовании для рекультивации нарушенных земель.

5. ГОСТ Р 54651-2011. Удобрения органические на основе осадков сточных вод. Технические условия.

6. New German Sewage Sludge Regulation sets the Standard for Phosphorus Recovery [Электронный ресурс]: Control Service GmbH. – Режим доступа: <https://www.pcs-consult.de/en/news/New-German-Sewage-Sludge-Regulation-sets-the-Standard-for-Phosphorus-Recovery>

7. ТУ ВУ 790282162.009-2015 Составы для рекультивации нарушенных земель (РУП «Завод газетной бумаги»).

8. ТУ ВУ 300003249.001-2009 «Удобрение и почвоулучшающая добавка из осадков сточных вод» (УП «Витебскводоканал»).

9. ТУ ВУ 291000450.001-2015 Удобрение органическое на основе обезвоженного сброженного осадка сточных вод (КУПП «Брестский мусороперерабатывающий завод»).

10. ТКП 17.11-07-2013 (02120) «Охрана окружающей среды и природопользование. Отходы. Правила разработки технологических регламентов использования, обезвреживания отходов».

УДК 628.47:691.17

В.О. Китиков, проф., д-р техн. наук;  
И.В. Барановский, канд. техн. наук; И.И. Вага, доц., канд. с.-х. наук  
Институт ЖКХ НАН Беларуси, г. Минск

### АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ИЗ ОТХОДОВ ПЛАСТИКА

По оценкам международных экспертов, в мире ежегодно собирается около 1,3 млрд. тонн коммунальных (муниципальных) отходов.