

ка может служить моделью для создания пилотной модули с более высокой степенью производительности.

Таблица 1 – Преимущества и недостатки традиционных технологии обессоливания и предлагаемого способа

Параметры	Электродиализ	Обратный осмос	Гидрогелевая технология
Надежность	Мин.	Ср.	Макс.
Степень обессоливания	Мин.	Ср.	Макс.
Удаление органики	Мин.	Макс.	Макс.
Удаление микрофлоры	Ср.	Макс.	Макс.
Удаление взвесей	Мин.	Макс.	Макс.
Удаление растворенных газов	Мин.	Мин.	Макс.
Требования к подготовке	Макс.	Макс.	Мин.
Энергозатраты	Макс.	Макс.	Мин.
Расход реагентов	Мин.	Мин.	Мин.
Расход питающей воды	Макс.	Макс.	Макс.
Объем отходов	Мин.	Макс.	Мин.
Возможность переработки отходов	Макс.	Мин.	Мин.
Возможность сброса отходов	Мин.	Макс.	Мин.

Разработанные гидрогелевые материалы и технологии могут представлять определенный интерес для заинтересованных лиц по очистке и повторному использованию возвратных вод, и в особенности очистки промышленных стоков.

Данные фундаментальные основы создания специальных материалов были разработаны в ходе выполнения Международных проектов ИНТАС-Казахстан-00/31 «Синтез и исследование полиамфотерных гелей», ИНТАС-00/57 «Новое поколение умных полимеров и полимерных материалов для биотехнологии» и ИНТАС-00/113 «Новые полимерные системы для биоразделения».

УДК 502.51:502.17:620.95

О.А. Белый, доц., канд. техн. наук; А.Е. Бернацкий
ГНУ «Центр системного анализа и стратегических исследований НАН Беларуси»,
г. Минск, Беларусь

БИОГАЗОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД СНИЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Природа щедро одарила Беларусь водными ресурсами. Годовой возобновляемый ресурс пресных вод оценивается в 60 – 80 млрд м³, из которых около 70 % приходится на поверхностные воды, остальное – на подземные воды.

Вместе с тем, потребление воды, а также количество сточных вод, загрязняющих водные объекты сохраняется достаточно большим (рисунок 1).

За период 2005–2015 годы по Республике Беларусь в целом наметилась постепенная тенденция к сокращению объема сбрасываемых в поверхностные водные объекты сточных вод на 276 млн. м³ или на 24 %. В 2015 году объемы стоков составили 870 млн. м³, причем 71,7 % от этого объема составляли очищенные сточные воды (624 млн. м³).

Основными источниками образования сточных вод, поступающих на очистные сооружения, являются:

- система коммунальной канализации, обслуживающей население (ок. 430 млн. м³/год),
- промышленное производство (190 млн. м³/год);
- сельскохозяйственное водоснабжение и производство сельхозпродукции (8 млн. м³/год),



Рисунок 1 – Использование воды и отведение сточных вод в водные объекты (млн м³) [1]

Одной из наиболее сложных проблем, связанных с очисткой городских сточных вод, является обезвреживание и использование образующихся осадков. Управление осадком сточных вод является неотъемлемой частью работы любых современных очистных сооружений водоотведения.

В процессе очистки образуются два основных вида осадков – сырой осадок и избыточный активный ил. Ежегодно в Беларуси образуется более 170 тысяч тонн осадков (в пересчете на сухую массу). В условиях отсутствия отработанных в Беларуси технологий переработки, осадки сточных вод направляются для длительного хранения на иловые площадки, которые превращаются в объекты длительного хранения. При этом наблюдается химическое и биологическое загрязнение атмосферы, подземных вод, почвы. В настоящее время в Республике Беларусь накоплено более 9,4 млн. тонн осадков. Площадь иловых площадок, на которых находятся осадки коммунальных очистных сооружений, в 3-5 раз превышает площадь полигонов твердых коммунальных отходов.

При этом осадок представляет собой потенциальную угрозу для окружающей среды, обусловленную содержанием целого ряда опасных для здоровья населения и природы токсичных элементов и органических загрязнителей.

В группу потенциально токсичных элементов входят тяжелые металлы, такие как кадмий, хром (в виде Cr^{3+} и Cr^{6+}), медь, ртуть, никель, свинец и цинк. К группе органических загрязнителей относят полиароматические углеводороды, полихлорированные бифенилы, полихлорированные дибензо-п-диоксины и дибензо-п-фураны, ди-(2-этилгексил)-фталат, линейные алкилбензосульфونات, нонилфенол и нонилфенолэтоксилат и др.

В городских сточных водах и осадках обнаружено уже более 6000 органических соединений преимущественно антропогенного происхождения. Большая часть органических соединений подвергается биodeградации. Однако соединения, входящие в группу органических загрязнителей, практически не обезвреживаются способны накапливаться в осадках сточных вод и объектах окружающей среды [2].

В практическом и техническом отношении существуют следующие проблемы обработки осадка:

- необходимость стабилизации, так как осадок не является инертным и может иметь неприятный запах;
- уменьшение влажности и объема осадка до минимума;
- использование энергетического потенциала осадка;
- сокращение количества вредных микроорганизмов с целью минимизации воздействия при взаимодействии с людьми, животными или растениями;
- извлечение (по возможности) фосфора и других полезных элементов для использования в отраслях экономики (к прим. в сельском хозяйстве).

Вместе с тем, наиболее универсальным подходом в обезвреживании осадков может быть анаэробное сбраживание их в биогазовых установках. Оно позволяет свести биологические и химические процессы к минимуму. Содержащиеся в осадке концентрированные органические и неорганические вещества при дефиците кислорода разлагаются, превращаясь в метан и конечные неорганические продукты. Основными преимуществами сбраживания являются стабилизация осадка сточных вод, уменьшение его объема, устранение выделения запахов благодаря разложению летучих органических соединений, а также подавление жизнедеятельности или нейтрализация болезнетворных микроорганизмов (патогенных для человека, животных и растений). Параллельно с этим осуществляется производство биогаза, который далее используется для получения тепловой и электрической энергии. Получаемая энергия может обеспечивать часть собственных нужд очистных сооружений: работу мешалок и насосов, подогрев загружаемого в метантенк осадка, обогрев реактора и сушку осадка. Также можно продавать излишки энергии ближайшим потребителям. Учитывая неизбежность образования коммунальных и производственных сточных вод, вырабатываемый биогаз является возобновляемым источником энергии.

Сам же осадок из потенциальной опасности для окружающей среды в процессе биогазовой переработки превращается в материал, пригодный для дальнейшего полезного использования в качестве почвоулавливающих добавок, материалов для рекультивации земель.

Схожее негативное воздействие на окружающую природную среду оказывают жидкие стоки животноводческих ферм. Усугубляет экологические проблемы и то, что Беларусь идет по пути концентрации сельскохозяйственного производства. Сегодня в стране функционирует 668 крупных комплексов по выращиванию крупного рогатого скота, 112 свинокомплексов и 55 птицефабрик. Большинство из них не оборудовано полным комплексом очистных сооружений. Как следствие, ежегодно около 75 млн т жидких стоков поступает на поля орошения и просачивается до уровня грунтовых вод, сбрасывается в реки и водоемы.

В бассейнах большинства рек нашей страны объем загрязнений, поступивших в реки и водоемы, обусловленных функционированием объектов животноводства (азот аммонийный, нитратный, фосфаты, органические вещества), превышает 50 % от их общего объема. Интенсивная сельскохозяйственная деятельность также неизбежно приводит к загрязнению подземных вод, о чем свидетельствуют, к примеру, данные Минского областного центра гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья [3]. Согласно их исследованиям, качество воды из общественных колодцев не соответствовало гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям в 39,9 % отобранных проб, по микробиологическим – в 14,9 % проб. По санитарно-химическим показателям питьевая вода из колодцев не соответствует гигиеническим нормативам, в основном, из-за повышенного содержания нитратов, попадающих в подземные воды при внесении жидких животноводческих стоков на поля для удобрения.

Тем не менее, учета таких источников загрязнения, как поля фильтрации и навозные лагуны, а также их воздействия на гидросферу в рамках системы государственного контроля в республике не ведется. Искаженная и неполная картина об источниках загрязнения рек и водоемов затрудняет объективную оценку проводимых и планируемых водоохраных мероприятий, не стимулирует организации коммунального и сельского хозяйства к осуществлению природоохранной деятельности.

Биогазовая технология может широко использоваться в Беларуси также и для переработки жидких стоков животноводческих ферм, которые оказывают существенное влияние на качество подземных и поверхностных вод.

В этой связи одним из важнейших шагов для расширения перспектив использования биогазовых технологий в Беларуси является изменение типовых проектов строительства и модернизации очистных сооружений канализаций и животноводческих ферм, что позволит учесть при проектировании возможность строительства биогазового комплекса и тем самым снизить капитальные затраты на его возведение. Это будет являться мало затратным

шагом по созданию условий для широкого внедрения биогазовых технологий в коммунальном и сельском хозяйстве.

Особенностью сточных вод и жидких стоков животноводческих ферм является низкая концентрация сухого вещества (3-5 %). В этой связи, для эффективности функционирования биогазовых установок на подобных субстратах целесообразно применять различные методы их уплотнения. Увеличение содержания сухого вещества приводит к сокращению времени сбраживания и расхода электроэнергии для нагрева осадка. При этом объем метантенка можно существенно уменьшить.

Также целесообразно использовать в биогазовых установках косубстраты, обладающие большим содержанием органических веществ, а значит, большим выходом биогаза на единицу объема (таблица 1). Это могут быть различные отходы растениеводства и пищевой промышленности.

Распространение биогазовых технологий будет способствовать снижению себестоимости обработки сточных вод и стоков за счет использования производимой электрической и тепловой энергии, снижения затрат на покупку химикатов и реагентов, сокращения нагрузки на очистные сооружения и экологических налогов.

Биогазовое направление видится перспективным методом снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду, и позволит получить комплексный эффект при переработке органических отходов коммунального и сельского хозяйства. Для дальнейшего эффективного развития этой отрасли необходимо приложить большие усилия по совершенствованию законодательства, устранению стереотипов и преодолению барьеров, существующих в биоэнергетике Беларуси.

Одним из таких барьеров является установление квот на создание установок по использованию возобновляемых источников энергии. Целесообразность такой меры, в особенности для биоэнергетики, на раннем этапе ее развития не оправдана, т.к. биогазовое направление имеет ряд дополнительных эффектов, дающих развитию данного сектора энергетики дополнительную значимость и перспективность.

Таблица 1 – Основные свойства субстратов для биогазовых технологий [4, 5]

Субстрат	Сухое вещество (СВ), %	Органическое сухое вещество, % СВ	Выход биогаза, м ³ /т	Объем СН ₄ , м ³ /т СВ
Твердый осадок сточных вод	4	80	20	306
Избыточный активный ил	4	80	11	264
Навозная жижа КРС	10	80	25	210
Свиная навозная жижа	6	80	28	250
Навоз КРС	25	80	80	250
Птичий помет	40	75	140	280
Кукурузный силос	33	95	200	340
Солома зерновых	33	95	190	329
Травяной силос	35	90	180	310
Рапсовый жмых	92	87	660	396
Картофельная мезга	13	90	80	336
Жом сахарной свеклы	24	95	68	218
Фруктовые выжимки	35	88	148	453

Объекты биогазовой энергетики решают не столько энергетические, сколько экологические проблемы коммунального и сельского хозяйства. Учитывая то, что коммерческая целесообразность строительства биогазовых установок на низкоэффективных субстратах (таких как осадки сточных вод и жидкие животноводческие стоки) труднодостижима, государству необходимо стимулировать реализацию подобных проектов. Это позволит существенно улучшить экологическую ситуацию в районе расположения очистных сооружений.

Список использованных источников

1 Водные ресурсы [Электронный ресурс] // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/okruzhayuschaya-sreda/sovместnaya-sistema-ekologicheskoi-informatsii2/c-vodnye-resursy/>.

2 Шепелева Н. И., Марцуль В. Н., Войтов И. В. Использование биотестирования осадков сточных вод для сравнения вариантов их обработки // Природопользование. Сборник научных трудов. Вып. 30. Институт природопользования НАН Беларуси, 2016.

3 Минский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья (Электронный ресурс). Режим доступа: <http://gigiena.minsk-region.by/ru/obraz/statyi?id=1258>.

4 Leitfaden Biogas – Von der Gewinnung zur Nutzung // Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Gylzow, 2013.

5 ТКП 17.02-05-2011 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Порядок расчета экономической эффективности биогазовых комплексов // Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Минск, 2011 г.

УДК 66.011

Е.В. Груздева, доц., канд. хим. наук;
И.Р. Дречевич; Н.П. Макаrenchенко, доц., канд. техн. наук
ГВУЗ УГХТУ, г. Днепр, Украина

ИНТЕГРАЦИЯ СОВРЕМЕННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПО МОДЕЛИРОВАНИЮ И ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС

Наличие чистой пресной воды – необходимое условие существования всех живых организмов на планете. На долю пресной воды, пригодной к употреблению, приходится всего 3 % от общего ее количества. При этом воду используют не только в хозяйственно-бытовых нуждах, но и практически во всех производственных циклах (особо чистая, технически свежая, технологическая, оборотная, последовательно используемая, сточная вода и т. д.), а значит, она влияет на все факторы, определяющие качество жизни человека. Несмотря на это, человек в процессе своей деятельности нещадно загрязняет воду

Резкое ухудшение качества пресной воды происходит в результате загрязнения ее химическими и радиоактивными веществами, ядохимикатами, синтетическими удобрениями, поступающими в биосферу с твердыми бытовыми и промышленными отходами, газовыми выбросами и канализационными стоками и нерационального ее использования [1]. Накопление химических веществ, трудно разлагающихся в воде и почве, снижает способность водоемов к самоочищению, нарушая естественный процесс биологической очистки, стало глобальной экологической проблемой современности.

Одним из направлений улучшения качества воды является моделирование и оптимизация систем водоснабжения и создание определенных режимов водных источников, обеспечивающих бесперебойное использование водных ресурсов всеми потребителями. Распределение ограниченных водных ресурсов между сельскохозяйственной, промышленной, коммунальной сферами и окружающей средой, требует точного учета всех возможных источников воды и ее качества, потребностей в воде, планирования режимов потребления, комплекса специальных гидротехнических сооружений, а также комплекса мероприятий по охране водных ресурсов от загрязнения и истощения.

При решении сложных задач управления водными ресурсами, водоподготовки и очистки сточных вод в настоящее время используют различные программы моделирования, например, WEAP, STOAT, WEST, SimEau, WaterNet и т.д. Так, программы STOAT и SimEau – это симуляторы для процессов очистки сточных вод и водоподготовки, соответственно, позволяющие разрабатывать технологические схемы с использованием технологии drag-and-