

Таким образом, был предложен следующий способ пробоподготовки: навеску ($1,00 \pm 0,01$ г) хорошо измельченного растительного материала с низким содержанием воды помещают в коническую колбу объемом 50 см^3 с притертой пробкой, добавляют 5 см^3 ацетонитрила. Колбу аккуратно встряхивают до полного смачивания растительного материала и помещают на механический встряхиватель на 60 мин для экстракции пеноксулама. Аликвоту (2 см^3) экстракта переносят в шприц объемом 5 см^3 с присоединенным шприцевым фильтром CHROMAFIL GF/PET-20/25 мкм (Macherey-Nagel, Германия) и фильтруют в вialу для хроматографирования. Фильтры CHROMAFIL GF/PET-20/25 мкм позволяют добиться высокой чистоты вязкого экстракта. Полученный экстракт анализируют при условиях хроматографирования, указанных выше.

Таким образом, разработана чувствительная и эффективная методика идентификации и количественного обнаружения пеноксулама в зерне и зерновых культурах, которая сочетает простой и быстрый способ пробоподготовки с идентификацией и определением остаточных количеств пеноксулама методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Данная методика позволяет с высокой точностью определять содержание пеноксулама в зерне и зерновых культурах на уровнях ниже регламентируемых значений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коледа, К. В. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур: рекомендации / К.В. Коледа [и др.]; под общ. ред. К. В. Коледы, А. А. Дудука. – Гродно: ГТАУ, 2010. – 340 с.
2. Kaur P. Quantification of penoxsulam in soil and rice samples by matrix solid phase extraction and liquid-liquid extraction followed by HPLC-UV method // P. Kaur, K. Kaur, M. S. Bhullar // Environmental Monitoring and Assessment. – 2014. – Vol. 186, № 11. – P. 7555–7563.
3. Брагина, И. В. Метод многокомпонентного исследования гербицидов различных химических классов в воде // И.В. Брагина [и др.] // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 11. – С. 1099–1104.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ENERGY EFFICIENT WASTEWATER TREATMENT TECHNOLOGY

Е. А. Улащик, И. А. Ровенская
E. Ulaschik, I. Rovenskaya

*Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь,
ulasikekaterina@gmail.com
Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus*

Приведен анализ одной из энергоэффективных технологий очистки сточных вод – современной анаэробной биологической очистки. Рассмотрены преимущества данного метода над другими биологическими методами, а также недостатки его применения. Подробно изучен процесс метанового брожения, выделены основные этапы, результатом которых является образование ценного энергоносителя – метана. Рассмотрена классификация основных реакторов анаэробной биологической очистки. Рассмотрен вопрос применимости метода в целом на предприятиях Республики Беларусь. Рассчитан биогазовый потенциал сточных вод молокоперерабатывающей промышленности.

This work is an analysis of energy-efficient wastewater treatment technologies, specifically modern anaerobic biological treatment. Its advantages over other biological methods, as well as disadvantages of its application were reviewed. The process of methane fermentation is studied in detail, the main stages are identified, the result of which is the formation of a valuable energy carrier – methane. The classification of the main reactors of anaerobic biological treatment is considered. The possibility of using the method for enterprises of the Republic of Belarus is considered. The biogas potential of wastewaters of the milk processing industry has been calculated.

Ключевые слова: сточная вода, биогаз, органические вещества, классификация анаэробных реакторов, анаэробная очистка, пищевая промышленность.

Keywords: waste water, biogas, organic substances, classification of anaerobic reactors, anaerobic purification, food processing industry.

Ресурсы пресных вод имеют большое экологическое и экономическое значение. В связи с этим эффективное управление водными ресурсами является одной из важнейших задач устойчивого развития страны в целом.

В результате проводимой государственной политики в Республике Беларусь в области использования и охраны вод, а также в связи с переходом на применение наилучших доступных технических методов за последние 15 лет сократились объемы добычи (изъятия) вод на 23 %. Наблюдается устойчивая тенденция к сокращению удельного

водопотребления на душу населения с 214 до 137 л/сут. на человека, а также объемов использования воды на производственные нужды на 393 млн м³ (50 %).

Тем не менее, сброс воды в 2017 г. в Республике составил 1169,6 млн м³, из которых 91 % был сброшен в поверхностные водные объекты. Сброс сточной воды в поверхностные водные объекты в 2017 г. составил 1054 млн м³, из них 354 млн м³ без предварительной очистки (табл. 1) [1].

Очистка сточных вод от органических загрязнений является одной из важнейших проблем современной цивилизации. Проблема очистки промышленных стоков и подготовки воды для технических и хозяйственно-питьевых целей с каждым годом приобретает все большее значение. Сложность очистки связана с чрезвычайным разнообразием примеси в стоках.

Очистка сточных вод представляет собой сложный, многоступенчатый процесс. На сегодняшний день существует несколько методов переработки жидкости (рис. 1). Биологические методы удаления загрязнений общепризнано считаются наиболее экономически эффективными и экологически приемлемыми. В настоящее время наиболее широкое распространение получила очистка с помощью аэробных микроорганизмов, осуществляемая в аэротенках, биофильтрах и биопрудах. Существенными недостатками аэробных технологий, особенно при обработке концентрированных сточных вод, являются высокие энергозатраты на аэрацию и проблемы, связанные с обработкой и утилизацией больших количеств образующегося избыточного ила (биомассы микроорганизмов), имеющего очень низкую водоотдающую способность.

Таблица 1 – Сброс сточной воды в поверхностные водные объекты по степени очистки по областям и г. Минску в 2017 г., млн м³

	Всего	Без предварительной очистки	Нормативно-очищенной
Республика Беларусь	1054	354	696
Брестская обл.	171	100	71
Витебская обл.	138	47	90
Гомельская обл.	142	49	92
Гродненская обл.	116	30	85
г. Минск	214	4,5	209
Минская обл.	159	89	67
Могилевская обл.	114	34	80

Анаэробные технологии распространены намного меньше и использование их для очистки сточных вод в нашей стране только начало внедряться.

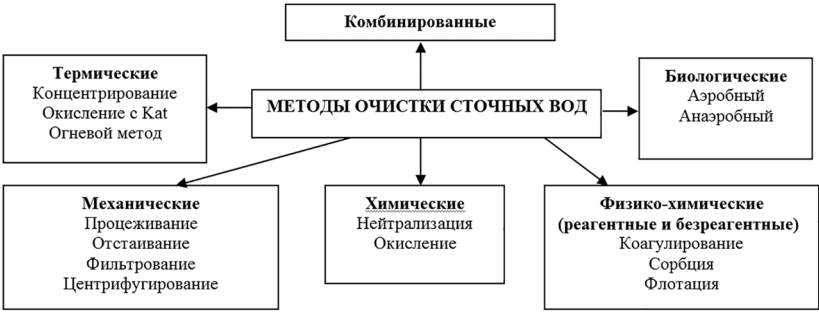


Рисунок 1 – Методы очистки сточных вод

Анаэробное разложение субстрата, или биометаногенез – давно известный процесс превращения органических веществ (ОВ) в так называемый биогаз (в основном смесь метана и углекислого газа), протекающий под действием сообщества микроорганизмов. Не имея доступа ни к кислороду, ни к другим, предпочтительным в энергетическом отношении акцепторам электронов (нитрат, сульфат, сера и др.) микроорганизмы вынуждены использовать для этой цели углерод ОВ, что и приводит в конечном итоге к наиболее сильно восстановленному из существующих в природе углеродных соединений – метану.

Деградация ОВ при метаногенезе осуществляется как многоступенчатый процесс, в котором анаэробное превращение практически любого сложного ОВ в биогаз проходит через четыре последовательных стадии [2]: гидролиза, ферментации, ацетогенеза и метаногенеза. На каждой стадии «работают» свои специализированные группы микроорганизмов, предоставляя для других групп субстрат и оптимизируя условия среды.

Нет четкой классификации реакторов, но реакторы первого поколения применимы только для стабилизации полужидких отходов и получения из них биогаза. Анаэробная очистка сточных вод стала возможна только после внедрения реакторов второго поколения, конструкция которых позволяет удерживать в реакционном объеме значительную концентрацию анаэробной биомассы.

В зависимости от используемого принципа удержания биомассы реакторы второго поколения делятся на две категории: со взвешенно-седиментирующей и с прикрепленной биомассой (рис. 2).

Основными положительными сторонами анаэробной очистки являются:

- значительно меньшие по сравнению с аэробными технологиями затраты электроэнергии;
 - образование ценного энергоносителя – биогаза, на 60–80 % состоящего из метана;
 - значительно меньшие затраты на утилизацию избыточного активного, чем при аэробной очистке (прирост избыточной биомассы в 5–10 раз меньше);
 - возможность очистки концентрированных стоков;
 - устойчивость реакторов к длительным перерывам в подаче сточных вод.
- Наряду с несомненными достоинствами анаэробная очистка имеет и ряд недостатков, вытекающих из биологической сущности процесса:
- активность анаэробной биомассы снижается при температуре ниже 20 °С;
 - вследствие медленного роста метановых бактерий первичный запуск анаэробных реакторов довольно длителен;
 - по той же причине неадаптированная биомасса чувствительна к многим токсическим веществам.

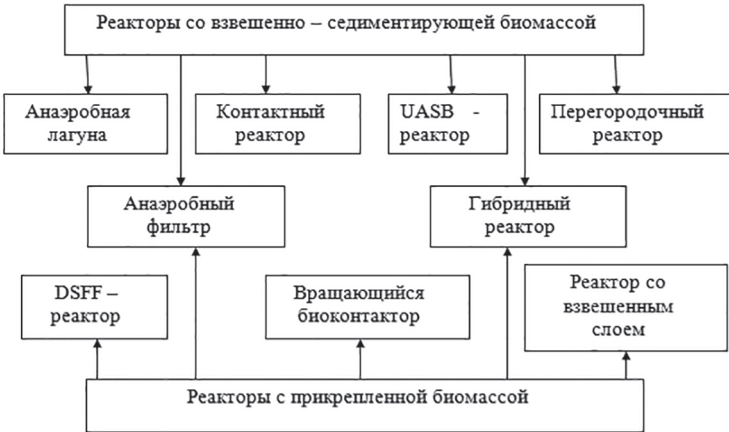


Рисунок 2 – Классификация анаэробных реакторов второго поколения

Несмотря на ограниченность собственных топливно-энергетических ресурсов и важнейших видов сырья, Беларусь сохранила свой промышленный потенциал. Основу промышленного производства Республики составляет обрабатывающая промышленность. На ее долю в 2017 г. приходилось 88 % общего объема производства продукции. Ведущими отраслями обрабатывающей промышленности являются пищевая промышленность (27,9 %), производство нефтепродуктов (15,9 %), машиностроение (15,5 %), химическое производство (10,1 %).

В состав пищевой промышленности входит более двух десятков отраслей с многочисленными специализированными производствами. Наиболее крупными остаются мясная, молочная, кондитерская, сахарная, пивобезалкогольная. По расходу воды на единицу выпускаемой продукции пищевая и перерабатывающая промышленность занимает одно из первых мест среди других отраслей хозяйственной деятельности (табл. 2) [3].

Таблица 2 – Среднегодовые удельные показатели расхода воды и сброса сточных вод в пищевой и перерабатывающей промышленности

Отрасль	Единица измерения	Среднегодовой расход воды	Объем сточных вод
Мясная	м³/т мяса	14,8–24,2	12,0–19,3
Молочная	м³/т молока	5,0	4,8
Сахарная	м³/т свеклы	2,49	1,7
Картофелекрахмальная	м³/т картофеля	10,62	9,57
Спиртовая	м³/т дал спирта	1,5–2,5	1,1–2,0
Хлебопекарная	м³/т хлеба	3,1–4,6	1,8–2,7

Белорусская молочная отрасль – визитная карточка пищевой промышленности Республики.

На предприятиях молочной промышленности сточные воды составляют 80–90 % от потребляемой предприятиями исходной воды. Сточные воды содержат большое количество органических соединений (белки, жиры, молочный сахар), обусловленное потерями сырья и отходами при производстве молочных продуктов. Именно поэтому анаэробная биологическая очистка является наилучшим способом очистки сточных вод в молочной отрасли.

В связи с вышесказанным на примере молокоперерабатывающего производства был рассчитан биогазовый потенциал стоков. Согласно литературным данным [4], объем переработанного в республике в 2015 г. молока составил 5,9 млн т (на данный момент предприятия Беларуси перерабатывают более 8 млн т молока в год). Удельный расход сточных вод в молочной промышленности составляет 4,8 м³ на тонну переработанного молока (табл. 2). Таким образом в 2015 г. было сброшено 28,32 млн м³ сточных вод, а в настоящее время сброс может достигать 38,4 млн м³ в год.

Уровень загрязненности сточных вод по ХПК в среднем составляет 3 кг/м³ [5]. Перед сбросом в городскую канализационную сеть сточная вода должна быть очищена до уровня загрязненности по ХПК не более 1 кг/м³. Следовательно, в ходе анаэробной очистки необходимо снять 2 кг/м³ загрязнений.

В процессе анаэробной очистки сточной воды на 1 кг снятых загрязнений по ХПК выделяется 0,3–0,5 н.м³ биогаза, содержащего от 60 до 80 % метана.

Таким образом не сложно посчитать, что ежегодно только при анаэробной очистке сточных вод молокоперерабатывающего производства можно получить от 17,0 до 38,4 млн н.м³ биогаза, или от 12 до 27 млн м³ метана (с учетом 70 % содержания его в биогазе).

Несмотря на то, что анаэробные методы очистки сточных вод в Республике Беларусь развиты слабо, они должны рассматриваться как перспективные технологии водоочистки для внедрения на предприятиях пищевой промышленности, позволяющих не только проводить природоохранные мероприятия, но и получать экономическую прибыль от использования ценного энергоносителя – биогаза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь, [2011–2017]: статистический сборник / И. В. Медведева и др. – Минск : Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2018. – 227 с.
2. Калюжный, С. В. Анаэробная биологическая очистка сточных вод / С. В. Калюжный, Д. А. Данилович, А. Н. Ножевникова. – Минск : ВИНТИ, 1991. – 156 с.
3. Жмыхов, И. Н. Основы экологии / И. Н. Жмыхов, А. А. Челноков, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Вышэйш. шк., 2012. – 700 с.
4. «Беларусь молочная»: 7 главных цифр о белорусском экспорте / Milknews : Новости и аналитика молочного рынка [электронный ресурс]. – URL: <https://milknews.ru/analitika-rinka-moloka/rinok-moloka-v-mire/7-glavnyh-cifr-o-belorusskom-jeksporte.html> (дата обращения: 28.02.2019).
5. Ровенская, И. А. Биосистемы с иммобилизованными микроорганизмами для очистки сточных вод молокоперерабатывающих производств: дис. ... канд. биол. наук: 03.08.02 / И. А. Ровенская. – Минск : БГТУ, 2011. 161 с.

ОБРАЩЕНИЕ С МЕДИЦИНСКИМИ ОТХОДАМИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ MANAGEMENT OF MEDICAL WASTE IN THE REPUBLIC OF BELARUS

И. Н. Фещенко, В. М. Мисюченко
I. Feshchenko, V. Misiuchenka

*Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь,
ira.feshchenko98@mail.ru
Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus*

Проанализировано обращение с медицинскими отходами, изменения в законодательстве Республики Беларусь в сфере обращения с медицинскими отходами, применяемые технологии обезвреживания данных отходов. Анализ данных показал, что в нашей стране количество медицинских отходов, поступивших на обезвреживание за период с 2013 г., увеличилось примерно в 7 раз к 2017 г., что связано с введением в действие установок по обезвреживанию медицинских отходов в городах Минск и Витебск. В тоже время количество отходов, поступающих на захоронение, также возрастает в связи с обязательным требованием по раздельному сбору этих отходов и недопущению захоронения их совместно с коммунальными отходами.

The paper analyzes the treatment of medical waste, changes in the legislation of the Republic of Belarus in the field of medical waste management, applied technology neutralizations this waste. Analysis of the data showed that in our country the number of medical waste received for disposal during the period from 2013 increased by about 7 times by 2017, that is connected with introduction in action installations for the neutralization of medical waste in the cities of Minsk and Vitebsk. At the same time, the amount of waste entering the landfill also increases due to the mandatory requirement for separate collection of these wastes and prevention of their burial together with municipal waste.

Ключевые слова: медицинские отходы, нормативные требования, госстатотчетность, объекты по обезвреживанию медицинских отходов, образование, использование, обезвреживание, захоронение отходов.

Keywords: medical waste, regulatory requirements, state statistics, facilities for the disposal of medical waste, education, use, disposal, waste disposal.