

# **МОЙ ВКЛАД В НАУКУ – 2021**

## **МАТЕРИАЛЫ IV университетской научно-практической конференции студентов и молодых ученых**



**Санкт-Петербург**

**2023**

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«Санкт-Петербургский государственный университет  
промышленных технологий и дизайна»**  
**Высшая школа технологии и энергетики**

## **МАТЕРИАЛЫ**

### **VI университетской научно-практической конференции студентов и молодых ученых «МОЙ ВКЛАД В НАУКУ – 2021»**

Научное издание  
● 2021

*Под общей редакцией кандидата химических наук,  
доцента Ю. Л. Моревой*

Санкт-Петербург  
2023

**УДК 378.1**  
**ББК 74.58**  
**М 341**

**Редакционная коллегия:**

кандидат химических наук, доцент *Ю. Л. Морева* (Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна);  
кандидат химических наук, доцент *А. В. Лоренцсон* (Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна)

**М 341** Материалы VI университетской научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Мой вклад в науку – 2021» / Минобрнауки РФ; ФГБОУ ВО СПбГУПТД; под общ. ред. Ю. Л. Моревой. — СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2023. — 86 с.

ISBN 978-5-91646-364-4

Сборник включает материалы VI университетской научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Мой вклад в науку – 2021», состоявшейся 30 ноября 2021 г. в Высшей школе технологии и энергетики СПбГУПТД.

Статьи представлены в авторской редакции. Ответственность за аутентичность и точность цитат, имен, названий и иных сведений, а также за соблюдение законов об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов.

УДК 378.1  
ББК 74.58

ISBN 978-5-91646-364-4

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2023

## РАСШИРЕННАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЯ ТАРЫ ДЛЯ ГСМ КАК ИНСТРУМЕНТ КЛИМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Ю. А. Смирнова  
СПбГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

***Аннотация.** Сокращение углеродного следа продукции является актуальной задачей в последние годы. Однако сокращение углеродного следа тары для горюче-смазочных материалов имеет ряд трудностей. В ходе исследования были изучены влияние использования вторичных ресурсов на жизненный цикл полимерной упаковки и ее углеродный след, применение стратегии расширенной ответственности производителя как инструмента углеродного регулирования, возможные способы утилизации отходов тары. В результате были предложены несколько схем по обращению с такими отходами, способные сократить углеродный след продукции и обеспечить более рациональное использование материальных ресурсов.*

***Ключевые слова:** климатическое регулирование, углеродный след, полимерная тара, нефтепродукты, расширенная ответственность производителя, утилизация, вторичная переработка.*

На сегодняшний день изменение климата наблюдается в каждом регионе Земли. Усиление интенсивности осадков, наводнения в одних и интенсивные засухи в других регионах, смена ветровых характеристик, таяние многолетних ледниковых образований, повышение уровня моря и другие последствия изменения климата заметны уже сейчас. Согласно шестому оценочному докладу Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), выбросы парниковых газов в результате деятельности человека являются причиной изменения климата примерно на 1,1 °С со второй половины XIX века, то есть с начала глобального развития черной металлургии, транспортного машиностроения, нефтехимии, электроэнергетики и других ресурсоемких и инфраструктурных отраслей промышленности. В докладе МГЭИК прогнозируется, что при существующих темпах роста промышленности и неизменности процессов в ближайшие десятилетия изменения климата будут прогрессировать во всех регионах, что может привести к достижению критических порогов толерантности для населения планеты [1].

Производство полимеров – главная отрасль нефтехимии, которая вносит значительный вклад в формирование антропогенных парниковых газов. В 2019 г. при производстве пластика в мире было выброшено 850 млн. т парниковых газов.

Только в России за 2020 г. было произведено более 10 млн т полимеров. Из всего выпускаемого пластика 41 % используется для производства тары и упаковки пищевого, медицинского, транспортного и иного назначения. Также в последние годы, несмотря на вводимую политику импортозамещения, наблюдается ежегодное увеличение импорта пластиковой транспортной тары одноразового использования в Россию, что делает жизненный цикл полимерного изделия короче, а его углеродный след значительнее.

Жизненный цикл полимерной упаковки, как и любой продукции, на всех этапах сопряжен с выбросами в атмосферу парниковых газов, включая выбросы, производимые при потреблении энергии (рис. 1). Как видно из рис. 1, углеродный след у продукции, произведенной из первичных ресурсов, намного выше, чем у продукции, произведенной из вторичного сырья. Это обуславливается отсутствием стадии добычи и обработки нефтепродуктов, а также их транспортировки, либо сокращением объема работ на этих стадиях, если используется смесь из первичных и вторичных полимеров.

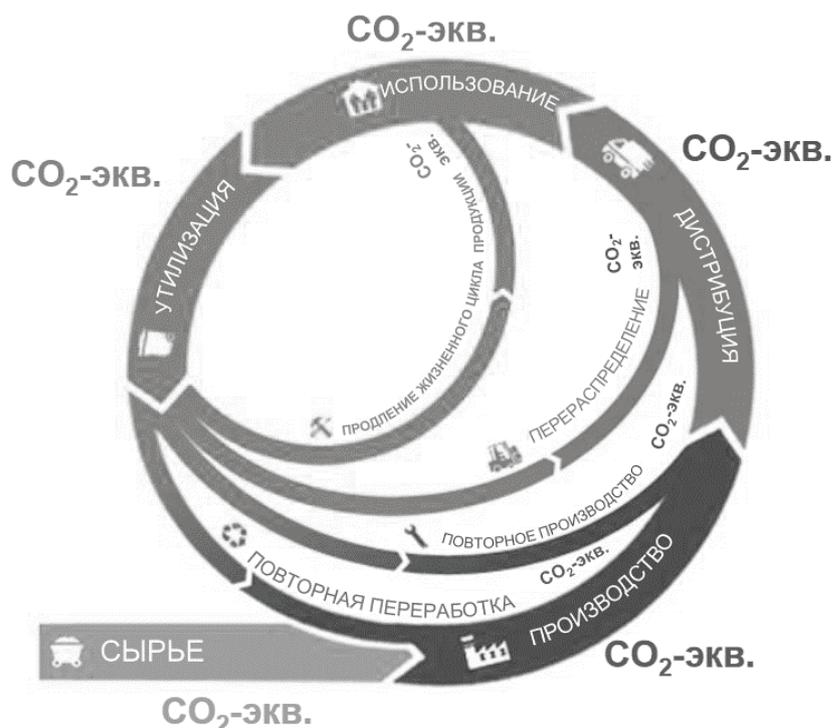


Рис. 1. Жизненный цикл продукции

Ярким примером такой продукции является полимерная тара для хранения и транспортирования горюче-смазочных материалов (ГСМ). Загрязненность отходов тары из-под ГСМ создает отдельную проблему при её утилизации, поэтому в России они практически не перерабатываются.

Утилизация отходов полимерной упаковки, загрязненной нефтепродуктами, осложнена и другими факторами: отсутствием налаженной системы их селективного сбора; отсутствием механизмов регулирования и неэффективностью механизмов стимулирования производителей, потребителей и переработчиков; ограниченным выбором утилизационного оборудования отечественного производства; отсутствием квалифицированных кадров и др.

Одним из инструментов, направленных на решение локальных и глобальных экологических проблем, связанных с полимерной тарой и упаковкой, можно считать расширенную ответственность производителя (РОП).

Как известно, концепция РОП нацелена на решение нескольких задач:

- внедрение в производство наиболее перерабатываемых материалов;
- повышение вовлеченности вторичных материальных ресурсов в технологический процесс;
- создание и улучшение системы по обращению с отходами, включая сбор, транспортировку, обработку и утилизацию;
- создание мощностей и условий для утилизации отходов [2].

В случае эффективного решения указанных задач жизненный цикл одноразовой полимерной тары значительно увеличится, а негативные воздействия от его основных этапов изменят характер и локализацию. Как показывают исследования, в ряде случаев это приведет к уменьшению углеродного следа.

Описание наилучших доступных технологий в области утилизации и обезвреживания отходов представлено в информационно-техническом справочнике наилучших доступных технологий ИТС 15-2016 «Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом (сжигание отходов))» [3].

На 2021 год норматив утилизации полимерной упаковки в России составляет 20 %, однако реформа РОП предусматривает его увеличение до 100 % [4, 5]. Поскольку у производителя или импортёра товара есть возможность выбора способа выполнения норматива утилизации (самостоятельная утилизация или заключение договора об утилизации со сторонней организацией), то существует и возможность территориального регулирования негативных воздействий. Например, для полимерной тары, загрязненной маслами, в рамках РОП можно предложить следующие экологически эффективные схемы обращения с отходом:

- Схема «возвратной тары №1». Сбор использованной тары самими заводами-производителями непосредственно от потребителей их продукции (например, станций обслуживания автотранспорта (СТО), автосервисов и т.п.), обработка и утилизация в транспортную тару (рис. 2). Сбор может осуществляться теми же транспортными средствами, которыми потребителю доставляется новая партия продукции, или отдельным ТС при формировании транспортной партии.
- Схема «возвратной тары №2». Сбор использованной тары самими заводами-производителями непосредственно от потребителей их продукции, передача для обработки и утилизации на сторонние предприятия, продажа полученного полуфабриката или продукта (гранулят, агломерат, топливо) потребителям.
- Схема «залоговой стоимости №1». Прием отходов полимерной тары в пунктах приема (заводы, СТО, магазины, автосервисы и т.п.) и передача для утилизации использованной тары заводам-производителям.
- Схема «залоговой стоимости №2». Прием отходов полимерной тары в пунктах приема (заводы, СТО, магазины, автосервисы и т.п.), передача для обработки и утилизации на сторонние предприятия, продажа полученного полуфабриката или продукта.

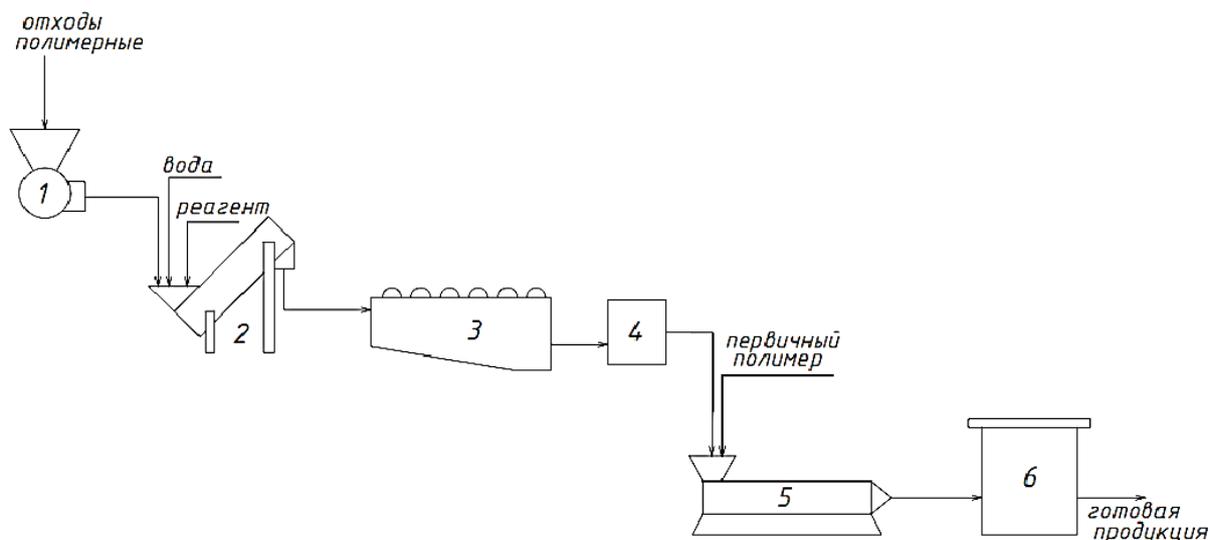


Рис. 2. Схема обработки и утилизации отходов полимерной тары, загрязненной маслами:

- 1 – дробилка; 2 – фрикционная мойка; 3 – флотационная мойка; 4 – центрифуга;  
5 – экструдер; 6 – формовочная машина

Процесс оценки углеродного следа продукции заложен в ГОСТ Р 56267-2014/ISO/TR 14069:2013 «Газы парниковые. Определение количества выбросов парниковых газов в организациях и отчетность. Руководство по применению стандарта ИСО 14064-1» [6].

Углеродный след продукции состоит из выбросов парниковых газов, связанных не только с прямыми экологическими аспектами, но и с косвенными.

В данном случае косвенными аспектами можно назвать затраты топлива на транспортирование, затраты энергии на дробление и мойку полимера, очистку сточных вод,

работу вспомогательного оборудования и т.д. Из этого следует, что применение энергосберегающих технологий сокращает углеродный след продукции.

Размер тары также имеет значение. Он влияет, например, на затраты энергии при транспортировании, а, следовательно, и на углеродный след этого процесса. Чем больше тара, тем больший объем она занимает из-за образовавшихся пустот, что увеличивает количество транспортных рейсов.

Углеродный след от этих стадий можно уменьшить, например, уменьшая объём отхода с помощью прессования, что уменьшит количество затраченной энергии.

Каждая из перечисленных выше схем имеет свои преимущества и недостатки и характеризуется различными показателями углеродного следа, который оценивается для каждого конкретного случая после тщательного аудита и процедуры оценки жизненного цикла (ОЖЦ). Схема «возвратной тары» обычно наиболее экологична, так как она локализована на самом заводе-производителе, позволяет организовать сбор однородных отходов более высокого качества, и её реализация требует наименьших затрат ресурсов. При этом ни одна из схем не позволяет обеспечить норматив утилизации полимерной тары на 100 %.

### **Библиографический список**

1. Организация Объединенных Наций: Доклады по вопросам климата: официальный сайт. – URL: <https://www.un.org/ru/climatechange/reports> (дата обращения: 11.12.2021).
2. Об отходах производства и потребления [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ / Доступ из справ.-правовой системы "КонсультантПлюс".
3. Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом (сжигание отходов) [Электронный ресурс]: информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. ИТС 15-2016 от 15.12.2017. – М.: Бюро НДТ, 2016.
4. Об утверждении нормативов утилизации отходов от использования товаров на 2021 год [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 31.12.2020 № 3722-р / Доступ из справ.-правовой системы "КонсультантПлюс".
5. Федеральный портал проектов нормативных правовых актов: официальный сайт. – URL: <https://regulation.gov.ru/projects#> (дата обращения: 11.12.2021).
6. Газы парниковые. Определение количества выбросов парниковых газов в организациях и отчетность. Руководство по применению стандарта ИСО 14064-1 : ГОСТ Р 56267-2014/ISO/TR 14069:2013 национальный стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 ноября 2014 г. N 1853-ст / подготовлен АНО "Международная академия менеджмента и качества бизнеса" на основе собственного аутентичного перевода на русский язык международного документа SO/TR 14069:2013\* "Газы парниковые. Определение количества выбросов парниковых газов в организациях и отчетность. Руководство по применению стандарта ИСО 14064-1" (ISO/TR 14069:2013 "Greenhouse gases – Quantification and reporting of greenhouse gas emissions for organizations – Guidance for the application of ISO 14064-1"). – Москва : Стандартинформ, 2015.

## ПРОИЗВОДСТВО РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ КАК ИСТОЧНИК НВОС

А. С. Бирюкова  
СПбГУПТД ВШТЭ  
198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

**Аннотация.** В данной статье рассматривается технология производства растительных масел и её негативное воздействие на окружающую среду.

**Ключевые слов:** растительные масла, пищевая продукция, производство, источники загрязнения, негативное воздействие.

Растительные масла являются одним из важнейших пищевых продуктов. Их питательная ценность определяется высоким содержанием триглицеридов высших жирowych кислот, фосфатидов, стеридов, токоферолов.

С каждым годом разнообразие масел и их потребление только увеличиваются. Это мы можем отследить на диаграмме рисунке 1.



Рис. 1. Диаграмма мирового сектора потребления масла за 2019 год

Формирование рынка производителей растительных масел в России происходит не без задействования оливкового, кукурузного, а также других видов масел. Но 95% процентов отдано именно маслу подсолнечному. В России потребление растительного масла составляет 7,5 литра на душу населения в год [1].

Рассмотрим подробно перечень российских компаний по производству растительного масла.

Агрохолдинг «Экоойл» является современным производством полного цикла по переработке подсолнечника, соответствующим мировым стандартам.

Показатели агрохолдинга «Экоойл»:

суточная переработка подсолнечника – 1000 т;  
суточное производство растительного масла – 450 т;  
суточное производство жмыха – 350 т;  
в собственности хозяйства – 5500 га;  
суточная сушка зернокультур – 1000 т;  
единовременный объем хранения элеватора – 125000 т;  
имеется 1 собственная ж/д ветка;  
автопарк, зерновозы, цистерны – 50 единиц;  
круглосуточная работа по доставке и отгрузке.

Показатели ООО «Завод Растительных Масел Тамбовский»:

за сутки перерабатывает – 150 т семян подсолнечника;  
объем производства масла – 16,3 тыс. т в год;  
обладает собственной инфраструктурой, включающей: автоматизированную весовую, пункт автоприема семян, сушильный комплекс, склад напольного хранения семян, жмыховой склад, маслобаковое хозяйство, котельную, работающую на лузге.

Показатели группы компаний «Благо»:

в производственные активы входит шесть заводов: Армавирский маслопрессовый завод, Эртильский, Верхнехавский, Омский, Барнаульский и Бийский маслоэкстракционные заводы, два из которых являются градообразующими предприятиями;  
объем производства – 200 т рафинированного дезодорированного масла в сутки;  
производственная мощность цеха рафинации, дезодорации и вымораживания масла – 430 т дезодорированного масла в сутки.

Все растительные масла получают двумя способами:

1. Методом отжима – механический отжим масла из измельченного сырья.
2. Методом экстракции – извлечение масла из сырья при помощи органических растворителей.

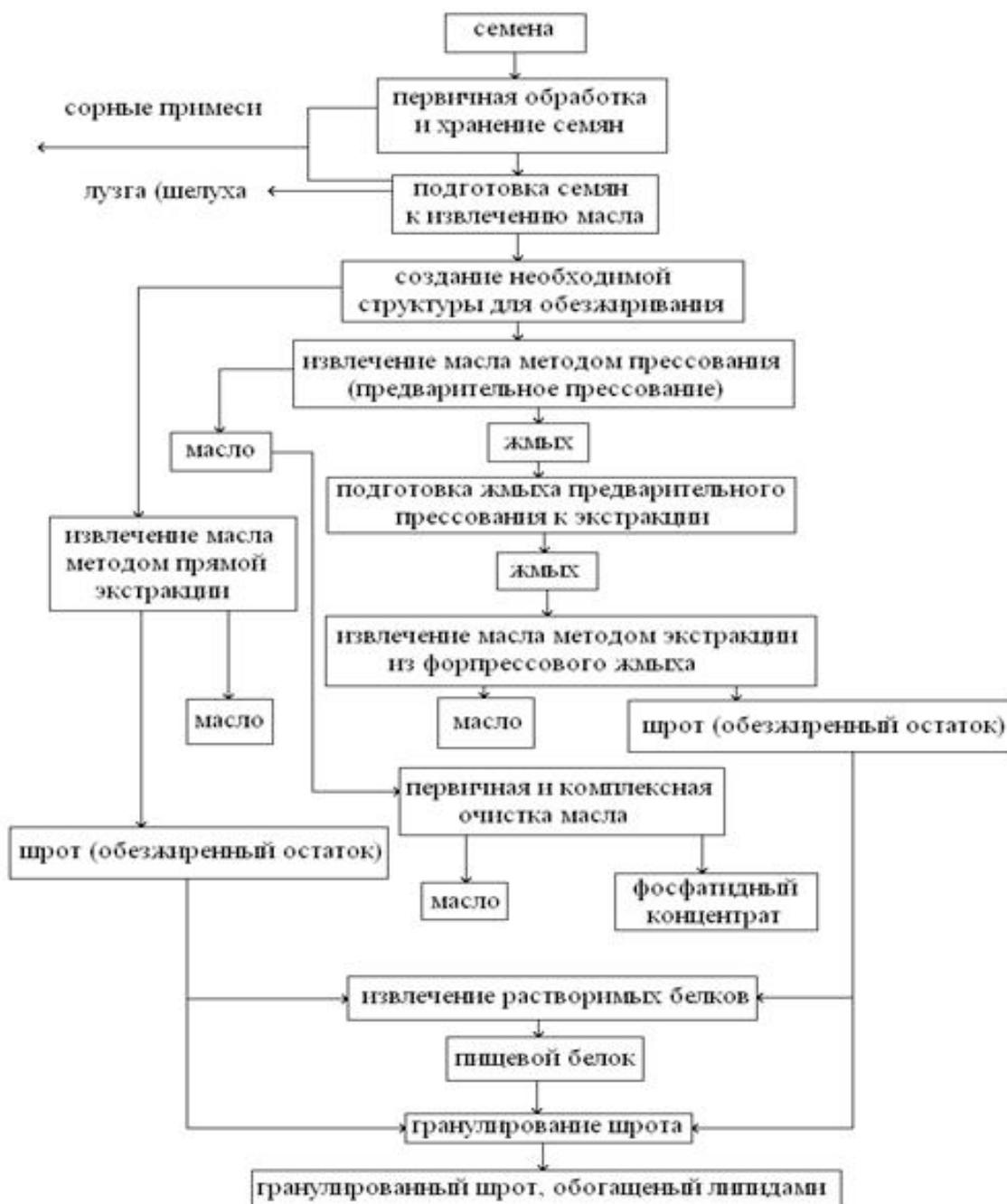


Рис. 2. Схема производства растительных масел

В производстве растительных масел (рис. 2.) процессами, которые потребляют значительный объем воды, являются получение нерафинированного масла и рафинация растительного масла. При производстве нерафинированного масла в целях охлаждения потребляется 0,2 – 12 м<sup>3</sup> воды/т масла. Основными источниками загрязнения окружающей среды при функционировании предприятия являются организованные и неорганизованные выбросы. Так же очистительные машины, в которых идет разделение сорных примесей и семян, дают большое количество запыленного воздуха. Так в воздухе, выходящем из сепараторов, содержится до 5-8 г пыли в 1 м<sup>3</sup>. Для того, чтобы избавиться от пыли, на заводах применяют различные типы циклонов или способ фильтрации через ткань, которая задерживает пыль. Пыль так же может появиться в процессе хранения, обработки и сушки. [2]

В ходе деятельности предприятия возможно образование отходов как от основного, так и от вспомогательного производств. Наиболее часто встречаются:

- Ртутные лампы, люминесцентные ртутьсодержащие трубки отработанные и брак. Код по ФККО – 3533010013011. Класс опасности – отходы I класса опасности. Образовано – 0,001100 т/год. Передается на обезвреживание.
- масла растительные отработанные. Код по ФККО – 1260020002004. Класс опасности – отходы IV класса опасности. Образовано – 8,000000 т/год. Передается для дальнейшего использования на птицефабриках.
- Мусор от бытовых помещений, организаций несортированный (исключая крупногабаритный). Код по ФККО – 9120040001004. Класс опасности – отходы IV класса опасности. Образовано – 0,900000 т/год. Передается на захоронение.
- Лузга подсолнечная. Код по ФККО – 1210020008995. Класс опасности – отходы V класса опасности. Образовано – 130,000000 т/год. Передается на использование.
- Жмых подсолнечный. Код по ФККО – 1210030101995. Класс опасности – отходы V класса опасности. Образовано – 1029,000000 т/год. Передается на дальнейшее использование. [3]

В процессе экстракции пищевого растительного масла может использоваться достаточно большое количество воды преимущественно для промывки сырья, использования в качестве охлаждающей воды в производстве сырого масла, химической нейтрализации, уборки производственных участков, генерации пара.

На производстве может образовываться большой объем сточных вод, содержащих высокие концентрации органических веществ, органический азот, масла и жиры, моющие средства, растворители и взвешенные твердые частицы. Стоки могут быть загрязнены остаточными концентрациями пестицидов. К основным производственным процессам, связанным с образованием сточных вод, относятся очистка и работа дезодораторов и котлов. Перед сбросом в муниципальную канализационную сеть или в окружающую среду такие сточные воды требуют очистки. У ряда производств существуют свои водоочистные сооружения, на которых применяются как механические, так и химические методы очистки. Обычно требуется получение разрешения местных контролирующих органов, которые устанавливают лимиты для различных загрязняющих веществ. Большая часть сточной воды может подвергаться очистке и повторно использоваться в процессе производства.

Для нормального функционирования рассматриваемого процесса производства растительных масел существуют определенные нормативные документы.

ГОСТ 21314-2020 Межгосударственный стандарт. Масла растительные. Производство.	– устанавливает основные термины для данного производства. (от 01.11.2020)
ГОСТ Р ИСО 5507-2012 Национальный стандарт Российской Федерации. Семена масленичных культур. Растительные масла и жиры.	– настоящий стандарт содержит ботанические наименования основных видов масличных растений, а также наименования соответствующего сырья и масел (жиров). Правила применения данного стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. N 162-ФЗ "О стандартизации в Российской Федерации".
В ИТС 44-2017 Производство продуктов питания.	– от 1 мая 2018 года. Является документом по стандартизации, разработанным в результате технологических, технических и управленческих решений, применяемых при производстве продуктов питания.

Для снижения уровня загрязнения на предприятии должны проводиться следующие мероприятия: использование воздухоочистных сооружений; соблюдение санитарно-защитной зоны; ежеквартальное производство замеров ПДК по загрязняющим веществам атмосферного воздуха в ближайших населенных пунктах и на территории предприятия; должны быть заключены договоры по утилизации отходов, образующихся в результате деятельности предприятия; контроль по акустическому воздействию: замеры уровня шума.

Таким образом, принятые меры на предприятии способствуют снижению негативного воздействия на окружающую среду.

### **Библиографический список**

1. ПРОДЭКСПО [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.prod-expo.ru/ru/articles/proizvoditeli-rastitelnogo-masla-v-rossii/> – 12.06.2022
2. Щербаков В.Г. Технология получения растительных масел. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1992. – 207 с.
3. Федеральный классификационный каталог отходов Приказ Росприроднадзора от 22.05.2017 № 242 (с изменениями от 2 ноября 2018 года № 451).

УДК 502.2

ГРНТИ 87.01.21

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ УЧЕБНАЯ ТРОПА «РОДНОЙ КРАЙ»**

С. В. Литвинова

СПбГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

***Аннотация.** В статье предлагается вариант организации экотропы «Родной край» вблизи посёлков Алёховщина и Янега, с целью проведения уроков, научных исследований и экскурсий. В маршруте предлагается осуществлять 6 остановок для изучения разных экосистем данной местности.*

***Ключевые слова:** экологическая тропа, экосистема, Лодейнопольский район.*

На Северо-Западе Ленинградской области находится Лодейнопольский район – один из самых экологически чистых в области. Разнообразие биоценозов открывает простор для широкой научно-исследовательской деятельности. На территории Ленинградской области расположена большая часть уникального природного памятника – Нижне-Свирского государственного заповедника. Из-за режима для особо охраняемых природных территорий, научные исследования и уроки проводятся с ограничениями по количеству посетителей (не более 600 человек в год) [3].

В Ленинградской области уже созданы общедоступные экомаршруты: «Озёрко», «Ястребиное озеро», «Сестрорецкое болото» и другие [1], но из-за отдалённости сельских школ Лодейнопольского района, проведение уроков, научных исследований и экскурсий затрудняется. Для решения этой проблемы разработан проект экотропы «Родной край», который позволит ученикам Алеховщинской и Янежской школ лучше узнать природные экосистемы.

Целью данной работы является разработка оптимального маршрута экологической учебной тропы «Родной край» для научно-исследовательской деятельности школьников и студентов и проведения уроков экологии среди детей школьного возраста.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- изучен опыт функционирования уже имеющейся экотропы, на примере экомаршрута «Озёрко», г. Лодейное Поле;
- проанализированы основные преимущества и недостатки экотропы;
- выявлены особенности предполагаемого маршрута и его ключевых точек;
- определен оптимальный маршрут рядом с посёлками Алёховщина и Янега.

Под экологической тропой понимают специально оборудованный маршрут, проходящий через различные экологические системы и другие природные объекты, архитектурные памятники, имеющие эстетическую, природоохранную и историческую ценность, на котором гуляющие, туристы и т.п. получают устную (с помощью экскурсовода) или письменную (стенды и т.п.) информацию об этих объектах [2].

Главная задача экотропы – помочь человеку лучше понять окружающий его живой мир, показать красоту и многообразие природы. В ходе путешествия у людей появляются новые знания об окружающей природе, о том, кто ее населяет, о различных процессах и явлениях, которые в ней происходят. Помимо этого, экологические тропы воспитывают культуру поведения человека в природе.

На основании данных, полученных в ходе исследования экологической тропы «Озёрко», было выбрано место для экомаршрута – окрестности деревни Печеницы Янежского сельского поселения Лодейнопольского района Ленинградской области. После была составлена предварительная схема маршрута с основными местами остановок (рис. 1), при составлении которой учитывались следующие критерии:

- информативность;
- доступность (экотропы находятся ~ в 1 часе езды от школ);
- красота;
- ритмичность.

Информативность будет повышаться за счёт привлечения местных жителей в экскурсоводческую деятельность. Важную роль могут играть карты и буклеты, включающие краткую информацию о животных и растениях, встречающихся в данной местности.

При создании маршрута учитывались красота и ритмичность пейзажа. Сменяющие друг друга смешанные и хвойные леса, верховые болота, песчаные склоны и реки создают контраст и не дают устать.

Доступность обеспечивается возможностью проезда, как на личном, так и на общественном транспорте, по грунтовым и асфальтированным дорогам.

Данная тропа является кольцевой, её протяжённость составляет 3,8 км.

К особенностям данной тропы можно отнести:

- Наличие, как грунтовых дорог, так и лесных троп;
- Различные биогеоценозы (пойма реки, сосновый лес, верховое болото, смешанный лес);
- Схожие биогеоценозы с ранее упомянутыми экологическими маршрутами.

Оборудование, которое предполагается использовать при проведении экскурсий или экоуроков:

- лопаты на остановках 1-6;
- бинокли: выдаются перед началом прохождения экотропы (для команд изучающих птиц);
- на каждой остановке располагается информационный щит;
- указатели на тропинках.



Рис. 1. Маршрут экотропы «Родной край»

Каждая остановка предполагает изучение различных экосистем и сравнение одних биогеоценозов с другими.

### 1. Пойма реки Гурвое

Суглинистая почва, богатая травянистая растительность. В тенистых местах изредка встречается княженика. Видны следы жизнедеятельности грызунов.

Возможные исследования:

Весенне-летний период: забор образцов почвы и воды, наблюдение за представителями фауны (грызуны), изучение растительности.	Осенне-зимний период: наблюдение за представителями фауны.
--	---

### 2. Река Гурвое

Небольшая по глубине (0,4–1,2 м), истоком является озеро Гурвое. Течёт в северном направлении и впадает в реку Шапшу. Из-за содержания солей железа имеет коричневатый оттенок.

Возможные исследования:

Весенне-летний период: забор образцов почвы, наблюдение за представителями орнитофауны и рыбами (карповые, форелевые), изучение растительности.	Осенне-зимний период: наблюдение за представителями фауны, орнитофауны и рыбами (карповые, форелевые).
---	---

### 3. Карьер

Следы антропогенного воздействия – эрозия почв рядом с котлованами песчаного карьера. Видны корни сосен на краю оврага.

Возможные исследования:

Весенне-летний период: забор образцов почвы, наблюдение за представителями фауны и орнитофауны, изучение растительности.	Осенне-зимний период: наблюдение за представителями фауны и орнитофауны
---	--

#### 4. Сосновый лес

Примерный возраст сосен 60–70 лет. Сухая песчаная почва с редкой травянистой растительностью, мухоморы, маслята и моховики, валежники. Были замечены дятлы и кедровки.

Возможные исследования:

Весенне-летний период: забор образцов почвы, наблюдение за представителями фауны и орнитофауны, изучение растительности.	Осенне-зимний период: наблюдение за представителями фауны и орнитофауны
---	--

#### 5. Верховое болото

Верховое болото – это болото, питание которого осуществляется атмосферными осадками, а в осадках содержится мало минеральных солей. Характерной растительностью являются: мох сфагнум, клюква, морошка, багульник, росянка и пушица.

Возможные исследования:

Весенне-летний период: забор образцов почвы и воды, наблюдение за представителями фауны и орнитофауны (фазановые), изучение растительности.	Осенне-зимний период: наблюдение за представителями орнитофауны, (фазановые), изучение растительности
--	--

#### 6. Смешанный лес

Отчётливо видна граница болота и смешанного леса. Деревья: ель, берёза, осина, ольха и ива. Можно увидеть различных животных и птиц, во время исследований были замечены дятел, глухарь и заяц. Вдоль дорог растут земляника и костяника.

Возможные исследования:

Весенне-летний период: забор образцов почвы, наблюдение за представителями фауны (грызуны, зайцеобразные) и орнитофауны, изучение растительности.	Осенне-зимний период: наблюдение за представителями фауны и орнитофауны
--	--

Работа на экологической тропе позволит решать большое количество задач, связанных с изучением окружающей среды, сравнением различных биогеоценозов, пропаганде бережного и рационального отношения к ресурсам и природной среде. Основные научные направления, которые возможно реализовать в рамках прохождения экологической тропы приведены на рисунке 2.

## Варианты научных исследований

Типы почв	Химический анализ воды	Наблюдение за птицами	Наблюдение за животными	Наблюдения за рыбами	Изучений растений
Номера задействованных остановок: 1, 3, 4, 5, 6	Номера задействованных остановок: 2, 5	Номера задействованных остановок: 2, 3, 4, 5, 6	Номера задействованных остановок: 1, 3, 4, 5, 6	Номера задействованных остановок: 2	Номера задействованных остановок: 1, 3, 4, 5, 6

Рис. 2. Варианты научных исследований на экотропе «Родной край»

Основные причины создания учебной экотропы «Родной край»:

1. Отдалённость сельских школ Лодейнопольского района от уже имеющихся экологических маршрутов;
2. Окрестности деревни Печеницы имеют схожие природные условия с озером Озёрко города Лодейное Поле и с Нижне-Свирским государственным заповедником. На сравнительно небольшой территории можно встретить примеры пойменного луга, соснового леса. Удастся рассмотреть основные факторы влияния антропогенного воздействия на устоявшуюся экосистему. При этом протяжённость экологической тропы составляет всего 3,8 км.

### **Вывод:**

1. Экологическая тропа позволит проводить исследования для научных работ, уроки на открытом воздухе и экскурсии по различным предметам;
2. Функционирующая экологическая тропа будет повышать мотивацию школьников в изучении экологии.

### **Библиографический список**

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://journal.tinkoff.ru/list/ecotrail-lo/>. – 03.09.2021.
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eco.nw.ru/lib/data/04/6/020604.htm>. – 14.09.2021.
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ooptlo.ru/nizhne-svirskij.html>. – 14.09.2021.

## ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

Д. О. Ковалева  
СПбГУПТД ВШТЭ  
198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

***Аннотация.** В статье были рассмотрены: Климатическая доктрина и Парижское соглашение, Конференция ООН. Были приведены их основные положения и результаты.*

***Ключевые слова:** климат, Климатическая доктрина, Парижское соглашение, Конференция ООН, снижение выбросов, парниковые газы.*

Изменение климата – одна из самых важных проблем XXI века, которая представляет собой комплексную междисциплинарную проблему, охватывающую экологические, экономические и социальные аспекты устойчивого развития не только Российской Федерации, но и всего мира. Заметное влияние на изменение климата оказывает деятельность человека, связанная в основном с выбросами парниковых газов в результате сжигания ископаемого топлива. Возможное изменение климата отразится на жизни людей и всего растительного и животного мира во всех уголках планеты.

Изменение климата – процесс повышения средней годовой температуры поверхностного слоя атмосферы планеты.

Парниковые газы – газы, содержащиеся в атмосфере, которые поглощают и отражают инфракрасное электромагнитное излучение.

В таблице представлен состав парниковых газов и их количество, приходящееся на глобальные выбросы [1].

Таблица – Основной состав парниковых газов

Состав	Процентное содержание
CO <sub>2</sub>	75 %
CH <sub>4</sub>	16 %
N <sub>2</sub> O	6 %
Фторированные газы (HFC, PFC, SF <sub>6</sub> , NF <sub>3</sub> )	2 %
Водяной пар	1 %

Для минимизации ущерба странами почти всего мира были приняты соглашения, чтобы сдержать изменение климата.

Одно из таких соглашений – Климатическая доктрина. В ней представлены следующие положения [1]:

1. Распространение знаний об энергосбережении, повышении энергоэффективности и использовании возобновляемых источников энергии как методах решения проблемы антропогенного влияния на климат.

2. Обеспечение доступа общественности к информации по вопросам изменения климата и его влияния на жизнь человека и общества.

3. Реализация предложений по созданию единого центра мониторинга, оценки и прогнозирования изменения климата и опасных природных явлений, включая мониторинг состояния Земли и околоземного космического пространства.

4. Подготовка руководства по разработке отраслевых методик расчета рисков и оценки последствий климатических изменений для формирования отраслевых, ведомственных, региональных и территориальных планов адаптации к изменению климата.

5. Разработка системы критериев, параметров (пороговых значений), условий безопасности Российской Федерации при изменении климата в отношении здоровья отдельных социальных групп населения (увеличение уровня заболеваемости и смертности), засух и переувлажнений, пожароопасности лесов.

6. Разработка и реализация межотраслевых стратегий ограничения выбросов парниковых газов.

7. Ограничение выбросов парниковых газов в промышленности и энергетике, в транспортном секторе, при разработке и эксплуатации зданий и сооружений за счет использования энергоэффективного оборудования.

8. Выполнение обязательств Российской Стороны, вытекающих из участия Российской Федерации в Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов 1973 года, измененной Протоколом 1978 года к ней, в том числе разработка комплекса мер по повышению энергоэффективности российских морских и речных транспортных судов, обеспечивающих сокращение выбросов парниковых газов.

#### **Результаты [1].**

По состоянию на отчетную дату из 65 мероприятий Комплексного плана выполнено 30 мероприятий (46%), остальные 35 мероприятий (54%) находятся в процессе выполнения, либо по ним не наступил срок выполнения.

В рамках данного направления в 2020 году продолжена работа по реализации комплексного плана научных исследований погоды и климата, подготовке программ социально-экономического развития Российской Федерации, распространению знаний об энергосбережении и обеспечению доступа общественности к информации по вопросам изменения климата. Фундаментальные научные исследования в области климата проводятся научно-исследовательскими институтами Российской академии наук, находящимися в ведении Минобрнауки России. Программа фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013 – 2020 годы, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 03.12.2012 № 2237-р, затрагивает различные аспекты изучения климата в рамках реализации более 20 направлений.

В 2020 году Минэкономразвития России подготовило проект национального плана адаптации к неблагоприятным изменениям климата (далее – План адаптации) и направило его на согласование в заинтересованные федеральные органы исполнительной власти и организации.

В 2018 году продолжена работа по формированию комплексной системы государственного регулирования выбросов парниковых газов, которая будет предусматривать, в том числе разработку и внедрение экономических инструментов ограничений выбросов парниковых газов в промышленности, а также реализацию мер по сокращению рыночных диспропорций мер финансовой и налоговой политики, стимулирующих снижение антропогенных выбросов парниковых газов, и регулирование смежных вопросов. Для этого Минэкономразвития России ведется работа по подготовке проекта федерального закона о государственном регулировании выбросов парниковых газов в соответствии с планом реализации комплекса мер по совершенствованию государственного регулирования выбросов парниковых газов и подготовки к ратификации Парижского соглашения, принятого 12 декабря 2015 г [2].

4 ноября 2016 года в силу вступило Парижское соглашение. В рамках Парижского соглашения страны договорились разработать планы, известные как «определяемые на национальном уровне вклады» (ОНУВ), по снижению выбросов CO<sub>2</sub> в ближайшем будущем — ближе к 2030 году. К Парижскому соглашению присоединились 197 стран. Они договорились, что будут собираться каждые пять лет и сообщать об обновлении этих обязательств.

В 2020 году закончились первые 5 лет, но планы собраться были нарушены пандемией. Именно на конференции под названием COP26 (конференция № 26) страны должны были представить обновлённые национальные планы.

Парижское соглашение по климату было принято 12 декабря 2015 года по итогам 21-й конференции Рамочной конвенции об изменении климата (РКИК; 1992) в Париже. Официальное название документа – Парижское соглашение согласно Рамочной конвенции об изменении климата (Paris Agreement under the United Nations Framework Convention on Climate Change). Оно должно заменить ограничивающий выбросы парниковых газов Киотский протокол, действие которого заканчивается в 2020 году [3].

### **Основные положения [3].**

Главная цель Парижского соглашения – не допустить превышения глобальной среднегодовой температуры на планете к 2100 году более чем на 2 °С от доиндустриального уровня и сделать все возможное для удержания потепления в пределах 1,5 °С (в настоящее время средняя температура на 0,75°С выше, чем среднегодовые показатели в 1850-1900 годов). Его участники берут на себя обязательства:

- принять национальные планы по снижению выбросов, технологическому перевооружению и адаптации к климатическим изменениям (в терминологии Парижского соглашения – предварительные национально-определяемые вклады) и пересматривать их в сторону повышения каждые пять лет;
- планомерно снижать выбросы CO<sub>2</sub> в атмосферу;
- наладить международный обмен «зелеными» технологиями в сферах энергоэффективности, промышленности, строительства, сельского хозяйства и т. д.

### **Реализация [4].**

На 24-й конференции сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата, прошедшей 2-14 декабря 2018 года в Катовице (Польша), был принят свод правил реализации Парижского соглашения. Он описывает, как государства должны отчитываться о проделанной на пути к сокращению выбросов работе, а также регулирует вопросы реализации международных проектов в области защиты климата.

13 ноября 2021 года в Глазго закончилась 26-я Конференция ООН по климату (COP26), в рамках которой страны пришли к финальному решению относительно ближайших планов по борьбе с климатическим кризисом [5].

Основные договорённости. Помимо постепенного отказа от угля, страны-участницы договорились [6]:

- Прекратить обезлесивание к 2030 году: более ста стран (на них приходится 85 % мировых лесов) договорились повлиять на обезлесивание в своих регионах и использовать леса как важный способ борьбы с климатическим кризисом. При этом под утратой лесов или обезлесиванием понимается перевод лесных площадей в другие виды землепользования, в том числе под сельское хозяйство или застройку. В России по сравнению с тропическими странами проблема обезлесения не такая явная, хотя наша страна тоже подписала декларацию. Главное, что можно сделать в России – это усилить профилактику ландшафтных пожаров и убрать законодательные стимулы, вынуждающие собственников избавляться от лесов на своих участках.

- Метан: около ста стран поддержали обязательства по сокращению выбросов метана на 30 % уже к 2030 году. Однако решение сложно назвать успешным, так как основные загрязнители – Китай, Россия и Индия не согласились с такими условиями.

- Финансирование и адаптация: также в пакте был зафиксирован призыв к развитым странам как минимум вдвое увеличить финансирование развивающихся стран, которые уже сейчас страдают от последствий изменения климата.

На конференции в Глазго обсуждали не только борьбу с изменением климата, но и желание отказаться от использования ископаемого топлива. По сути, сохранение климата и использование ископаемого топлива несовместимы, и об этом говорят учёные уже не первый десяток лет. На фоне аномальных температур, наводнений и пожаров становится очевидно, что единственное будущее – это «зелёное» будущее.

Российский Гринпис совместно с другими общественными организациями и экспертами разработал ещё в 2020 году полноценную программу для борьбы с климатическим кризисом

– «Зелёный курс России». В нем предложены конкретные шаги, как достичь углеродной нейтральности даже раньше 2050 года и избежать ложных решений. Отдельное внимание в нём обращается на развитие зелёных технологий в регионах. Для этого Гринпис также составил «Рейтинг открытости регионов к «Зелёному курсу»», из которого стало очевидно, что в России уже существует достаточное количество практик, которые можно было бы использовать по всей стране и привести ее к лидирующим позициям в борьбе с климатическим кризисом.

К настоящему времени ни одно соглашение не было полностью реализовано. Причин для этого несколько:

- нежелание стран платить огромные деньги за отказ или постепенное снижение использования метана, угля в соответствии с соглашением;
- нежелание стран договориться друг с другом;
- невыполнение странами обещанных соглашений в угоду собственной прибыли.

На протяжении последних 20 лет человечество наблюдает прогрессирующую экологизацию социальных, экономических и политических структур. Начиная с 1990-х гг. возрастает глобальное понимание того факта, что неуправляемая человеческая деятельность грозит уничтожением всей нашей планеты. Рождение международной климатической дипломатии — отражение духовной ситуации современности. За двадцать лет состоялось 22 климатические конференции в рамках Конвенции по защите климата ООН. Ограничение выбросов парниковых газов, адаптация общества к изменению климата, солидарность стран в решении климатической проблемы – главные темы политических дискуссий. Дипломатический процесс в области защиты климата, поиск общих решений сталкивается с трудностями преодоления национальных узких, конъюнктурных интересов государств. Но так как в смене технологических укладов, социальных формаций, этапов экономического развития прослеживаются определенные универсалии, мы можем говорить, что и в политической сфере национальная парадигма действий все больше будет вытесняться мышлением единства, общности, ответственности за целостную планетарную судьбу человечества. Это требование сегодняшнего дня, которое получило название «экологический императив».

Экологический императив – это совокупность запретов и ограничений использования и потребления природных ресурсов. Несоблюдение этих запретов ведет к ухудшению (разрушению) окружающей среды [7].

Экологический императив лежит в основе так называемой «зеленой экономики». Ее считают двигателем экологического прогресса. Инвестиции в новые возобновляемые источники энергии, новые «умные» энергосберегающие дома, энерго- и ресурсосzczędящие производства, новые виды экологически безопасного транспорта и транспортные сети достигают уже девятизначных величин. Во многих городах мира осуществляются программы по масштабной экологизации городского пространства. Однако инновации нужны не только в сфере технологического обновления. Необходимы полноценные социальные, духовные и политические преобразования. Лишь на основе комплексных мероприятий человечество сможет достичь амбициозных целей по защите климата, прописанных в Климатической доктрине, Парижском соглашении и Конференция ООН по климату.

### **Библиографический список**

1. Утверждена Климатическая доктрина Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/6365.html>. – 15.12.21.
2. Распоряжение Президента Российской Федерации от 17.12.2009 г. № 861-рп [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://government.ru/docs/all/70631.html>. – 15.12.21.
3. Парижское соглашение по климату. Цель, структура и история документа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tass.ru/info/6917170.html>. – 15.12.21.

4. Меры по борьбе с изменением климата [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.un.org/ru/climatechange/paris-agreementhtml.html>. – 15.12.21.
5. Конференция ООН по климату (COP26) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://greenpeace.ru/blogs/2021/11/15/cop26-itogi.html>. – 15.12.21.
6. КС-26: Совместные действия на благо нашей планеты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.un.org/ru/climatechange/cop26.html>. – 15.12.21.
7. Экологический императив [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fireman.club/inseklodepia/ekologicheskij-imperativ.html>. – 15.12.21.

УДК 504.054  
ГРНТИ 87.53.13

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С ЛИТИЙ-ИОННЫМИ АККУМУЛЯТОРАМИ**

Н. А. Кучерова, Д. А. Карлов  
СПбГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

***Аннотация.** В статье описывается устройство литий-ионных аккумуляторов, их популярность и, как следствие, негативное влияние на окружающую среду. Также рассматриваются их положительные стороны, способы переработки и утилизации. В дополнение идет речь о переходе на электромобили, которые считаются безопасными для экологии.*

***Ключевые слова:** литий-ионные аккумуляторы, экология, электромобиль, утилизация, переработка, токсичные отходы.*

В наше время литий-ионные аккумуляторы получили широкое распространение. Они входят практически во все составляющие элементы современных устройств: телефонов, ноутбуков, фотоаппаратов, то есть в любые устройства, требующие удержания заряда. В связи с экологической ситуацией в мире Европа планирует полностью перейти на электромобили, которые работают при помощи литий-ионных аккумуляторов. Правильное ли это решение с точки зрения экологии?

Для начала нужно узнать, что собой представляют литий-ионные аккумуляторы.

Литий-ионный аккумулятор состоит из двух электродов, разделенных пористым сепаратором, пропитанным электролитом. Первый электрод – это катод на алюминиевой фольге, а второй – анод на медной (рис. 1). Принцип работы данного устройства заключается в следующем: после подачи напряжения ионы лития переносятся из литиевого катода в угольный. В связи с чем происходит химическая реакция, а во время зарядки аккумулятора происходит реверсивный процесс. Литий-ионные аккумуляторы имеют свойство после зарядки восстанавливаться не до конца, вместе с чем происходит скопление продуктов окисления. Вследствие чего у аккумулятора сокращается емкость, и со временем он приходит в негодность [1].

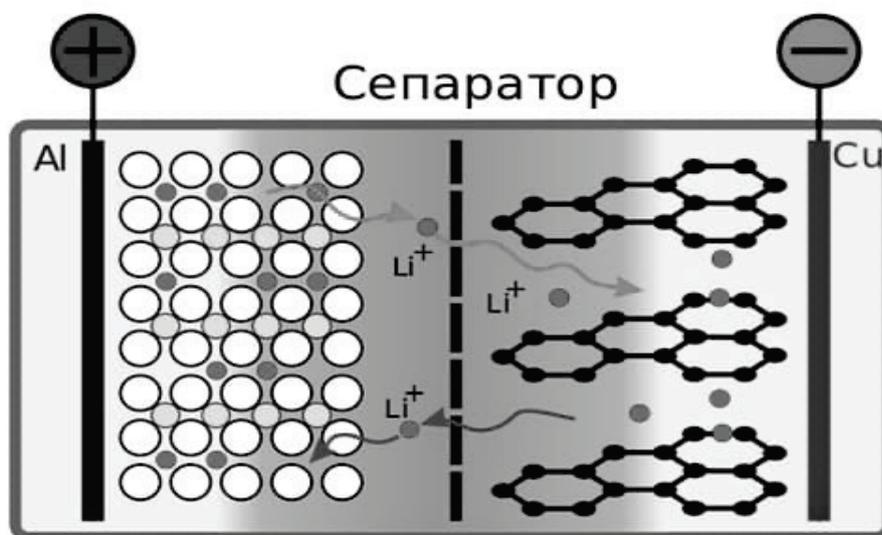


Рис. 1. Устройство литий-ионного аккумулятора

Несмотря на положительные стороны этих аккумуляторов, они оказывают негативное влияние на экологию. Во-первых, в таком аккумуляторе содержатся токсичные материалы: кобальт, никель, бористый литий. Во-вторых, для получения одной тонны лития высокой степени чистоты требуется колоссальное количество переработанной руды – 100 т. В-третьих, ПДК лития в воздухе равный 0,03–0,05 вызывает ожог при попадании на слизистые оболочки и влажную кожу. Также при производстве литий-ионных аккумуляторов задействуется большое количество электроэнергии, получаемой с электростанций, работающих на неэкологичном топливе (уголь и газ), что приводит к выбросам в атмосферу.

Интересный факт: для производства только одного силового блока электромобиля *Tesla model S* требуется около 7000 обычных литий-ионных аккумуляторов. Автомобилестроение – это лишь составляющая часть потребления литий-ионных аккумуляторов, которая, судя по прогнозам, с каждым годом будет только увеличиваться (рис. 2). [2]

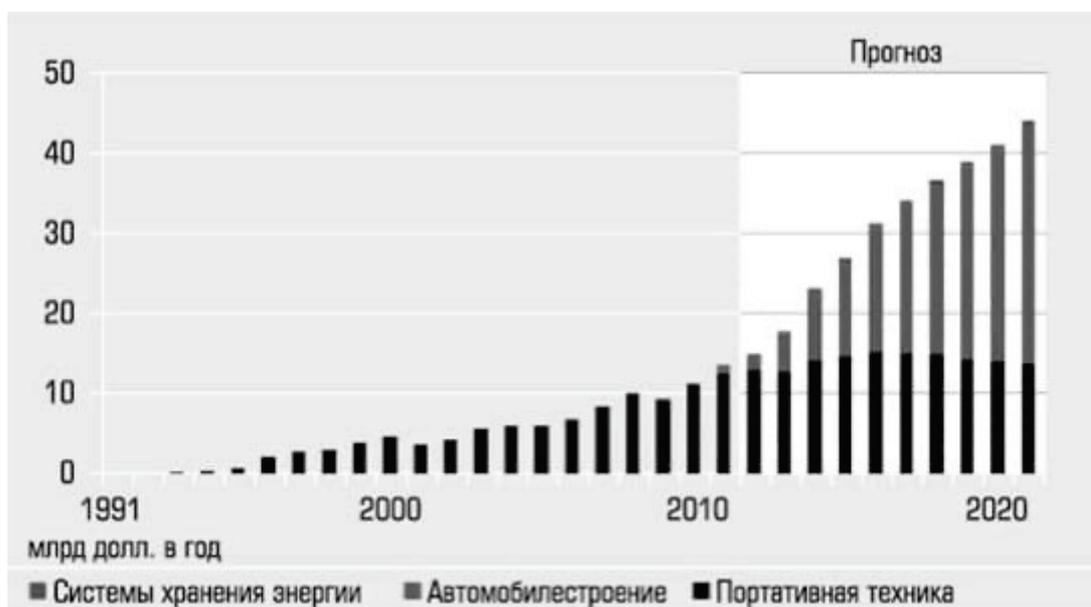


Рис. 2. Мировой рынок литий-ионных батарей по секторам потребления

После вышеперечисленного возникает вопрос о переработке аккумуляторов.

Главный способ переработки литий-ионных батарей состоит в том, что аккумуляторы плавят до шлака, а после подвергают химической обработке для выделения из шлака металлов,

например, кобальта. Процесс плавления сам по себе является энергозатратным, а также приводит к выделению токсичных газов, которые зачастую попадают в атмосферу. Металлы, получающиеся после плавления и химической обработки, имеют неудовлетворительное качество [3].

В процессе переработки литий-ионных аккумуляторов возникают две основные проблемы. Во-первых, при переработке аккумуляторов необходимо сортировать отходы по одинаковым фракциям, что требует немалых затрат. В связи с этим, стоимость переработки получается выше, чем доход от продажи аккумуляторов. Во-вторых, в процессе их переработки выделяются токсичные химические вещества, которые оказывают негативное влияние на экологию [4].

Как было сказано ранее, литий-ионные аккумуляторы используются в бытовой технике и зачастую бывают неправильно утилизированы вместе с другими бытовыми отходами. После этого аккумуляторы попадают на мусоросжигательные заводы, не предназначенные для сжигания аккумуляторов. Из-за сжигания образуются токсичные отходы, которые выбрасываются в атмосферу. Именно поэтому важно вести правильную экологическую политику, нацеленную на раздельный сбор подобных отходов.

На вопрос о правильности введения электромобилей с целью улучшения экологической обстановки нельзя ответить однозначно. С одной стороны, переход на электромобили снижает выбросы выхлопных газов в окружающую среду. С другой стороны, производство литий-ионных аккумуляторов, их потребление и утилизация приводят к новым экологическим проблемам.

Человечество еще не придумало устройств для накопления энергии, которые бы не влияли на экологию, но на данном этапе есть альтернативные варианты, например, натрий или графен. Их принцип работы аналогичен литиевым аккумуляторам, но при этом емкость у них больше.

Таким образом, несмотря на рост потребления литий-ионных аккумуляторов возникает вопрос об их экологичности. Необходимо искать пути решения проблемы переработки и утилизации или найти замену данному виду аккумуляторов, чтобы избежать экологической катастрофы.

### **Библиографический список**

1. Как Устроен Li-ion аккумулятор? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.voltbikes.ru/blog/about-li-ion/kak-ustroen-%20Li-Ion/> – 20.08.2020.
2. Вред литиевых аккумуляторов на окружающую среду. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://voltmarket.ua/vred-litievuykh-akkumulyatorov> – 12.08.2020.
1. Литий в современном мире. Ущерб, переработка, утилизация. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2021/10/МК-1191.pdf#page=46> – 2021.
2. Проблема утилизации литий-ионных аккумуляторов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://sigmund-rod.livejournal.com/38978.html> – 15.12.2000.

## ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ И ПУТИ РЕШЕНИЯ РАЗЛИВА КИСЛОГУДРОННЫХ ПРУДОВ-НАКОПИТЕЛЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ ОПНМЗ им. Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

Ю. Г. Матвеева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский университет ИТМО  
197101, Россия, Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, дом 49

***Аннотация.** Данная работа посвящена оценке риска гидродинамических аварий и их последствий вследствие разлива кислородных прудов-накопителей на территории ОПНМЗ им. Д. И. Менделеева. Проведен анализ возможных причин, факторов и сценариев развития аварий на ограждающей дамбе. В ходе расчета вероятных зон затопления при разрушении гидротехнического сооружения были выполнены промежуточные вычисления: образования прорана в теле дамбы, параметров потока в сечении у подошвы дамбы и по трассе растекания. Вероятные зоны затопления были картографированы с учетом рельефа местности. В результате исследования был оценен приблизительный экономический ущерб от попадания кислородных отходов в реку Печегда и рассмотрена экологическая технология утилизации отходов.*

***Ключевые слова:** складирование кислородных отходов, гидротехническое сооружение, гидродинамическая авария, риск разлива прудов-накопителей, экологический ущерб, утилизация, пиролизная установка.*

На территории ОПНМЗ им. Д. И. Менделеева в г. Ярославле ориентировочный объем складированных кислых гудронов составляет около 200 тыс. т. Большинство сернокислых гудронов складированы в земляных котлованах, обнесенные грунтовыми плотинами, которые были спроектированы в 1930 годах, и постепенно утрачивают свои конструктивные функции, вследствие чего возможны риски разливов прудов-накопителей [1].

Опасность кислых гудронов обусловлена химическим составом, который включает смолистые вещества, продукты полимеризации ненасыщенных углеводов, широкий спектр сульфосоединений, таких как серная и сульфоновые кислоты, кислые и средние эфиры серной кислоты.

В связи с этим необходимо экологическое прогнозирование сложившейся ситуации на территории ОПНМЗ им. Д. И. Менделеева и выбор оптимальной схемы рециклинга серосодержащих отходов рафинирования нефтепродуктов.

Объекты накопления отходов расположены на территории ОПНМЗ им. Д. И. Менделеева в г. Ярославле в водоохранной зоне Волги на пойменной правобережной террасе ее притока – реки Печегды и отделены ограждающими земляными дамбами высотой 8 метров. Суммарная площадь территории, выделенной под хранение жидких отходов, составляет около 28 га.

В результате разлива токсиканты, входящие в состав кислых гудронов, минуя земляную дамбу, попадут в экосистемы. Данный процесс вызовет существенные изменения физико-химических условий, определяющих кислотно-основные и катионно-обменные свойства почв. Влияние нефтепродуктов выражается в изменении характеристик донных сообществ, происходит нарушение деятельности нервной, пищеварительной, дыхательной систем у животных, нарушается фотосинтез у растений.

Вероятность риска аварий при сочетании различных событий, способствующих данной аварии, определялась с помощью международного сборника «Управление промышленной и экологической безопасностью производственных объектов на основе риска» под редакцией д.т.н., профессора, академика РЭА А.И. Попова [2].

Риск аварий на хранилищах производственных отходов для каждого из рассмотренных сценариев определялся по формуле:

$$R = Q_{\text{эпя}}(\Delta t). \quad (1)$$

Результаты показали, что наиболее высокий риск развития аварий на гидротехническом сооружении наблюдается при сочетании экстремальных ливневых осадков, влекущих к дополнительному оползневому разрешению склонов пруда-накопителя и смыву кислородных отходов (табл. 1).

Таблица 1 – Риск аварий на хранилищах производственных отходов

Наименование сценария	Риск аварий 1/год
Сценарий «А <sub>1</sub> »	9,9351E-6
Сценарий «А <sub>2</sub> »	9,7141E-5

Расчет вероятных зон затопления жидкими производственными отходами вследствие разрушения ограждающей дамбы пруда-накопителя выполнен по методике Госгортехнадзора России РД 09-391-00 [3].

Расчетные параметры представлены техническими характеристиками грунтовой ограждающей дамбы из технического паспорта гидротехнического сооружения на ОПНМЗ им. Д. И. Менделеева г. Ярославль.

Методом итераций в Microsoft Excel 2017 были проведены расчеты образования прорана, расчеты параметров потока в сечении у подошвы откоса дамбы, расчеты максимальных параметров потока по трассе растекания.

По результатам итерационных расчетов построили зоны затопления при разрушении ограждающей дамбы пруда-накопителя вследствие реализации выделенных групп сценариев (см. рис.).



Рисунок. Зона затопления при аварийном разрушении дамбы пруда-накопителя

Основываясь на картографических данных, можно предположить, что разливающийся поток будет нисходить в северо-западном направлении. Расчетные данные свидетельствуют о равномерном потоке, который определяется пологим рельефом местности и небольшим расстоянием исследуемого участка трассы.

Последний створ № 11 характеризует поток, непосредственно впадающий в реку Печегда. Скорость потока уменьшилась в 16 раз сравнительно с начальным створом и составила 0,37 км/ч. Глубина потока спадет с 40 см в створе №1 до 10 см на рассматриваемом участке. Время добегающего тока до анализируемого створа равно 15 минутам.

Расчет экологического ущерба проводился в соответствии с методикой утверждённой приказом Минприроды России от 13 апреля 2009 г. N 87 "Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного

законодательства", с изменениями и дополнениями от 31 января 2014 г. и 26 августа 2015 г. [4].

В случаях загрязнения в результате аварий водных объектов органическими и неорганическими веществами, пестицидами и нефтепродуктами, исключая их поступление в составе сточных вод и (или) дренажных (в том числе шахтных, рудничных) вод, исчисление размера вреда производилось по формуле:

$$У = K_{\text{вг}} * K_{\text{в}} * K_{\text{ин}} * K_{\text{дп}} * \sum_{i=1}^n H_i. \quad (2)$$

На основании экологического ущерба от загрязнения нефтепродуктами и сульфатами, входящими в состав кислых гудронов, был рассчитан общий экологический ущерб от разлива кислородных прудов-накопителей:

$$У_{(\text{НП})} = 1,05 * 1,41 * 1,08 * 5 * 670\,000 = 5\,356\,449 \text{ рублей /год.}$$

$$У_{(\text{сульфаты})} = 1,05 * 1,41 * 1,08 * 5 * 5\,000 = 39\,973,5 \text{ рублей /год.}$$

$$У_{(\text{общий})} = 5\,356\,449 + 39\,973,5 = 5\,396\,422,5 \text{ рублей /год.}$$

По результатам расчета можно сделать вывод, что размер экологического ущерба от аварийного разлива кислородных отходов в р. Печегда составит 5 396 422,5 рублей /год.

В связи со сложившейся ситуацией остро стоит вопрос утилизации накопленных и первично произведённых кислородных отходов.

Установка термической деструкции (УТД) производства ИРЕС – это эффективный и экономически выгодный способ переработки отходов. Данная установка позволяет перерабатывать не только кислые гудроны первичной выработки, но и прудовые кислородные отходы. Универсальность технологического комплекса позволяет осуществлять непрерывный цикл переработки нефтесодержащих отходов независимо от их состава, степени неоднородности и многокомпонентности. Ключевым фактором использования данной технологии является отсутствие подготовительного этапа при загрузке сырья, что существенно повышает ее производительность и эффективность.

В результате переработки сырья получается котельное топливо, используемое либо по прямому назначению, либо для получения бензина и дизельного топлива. Выделившийся пиролизный газ используется для работы самой установки, а выработанное в процессе деструкции тепло направляется на обогрев производственных помещений. Основным отходом – сухой минеральный остаток – используется для выпуска продукции «технический грунт», который при соблюдении всех требований может применяться для обустройства дорожных откосов, рекультивации. Все остальные отходы отнесены к IV–V классам опасности и не представляют угрозы для окружающей среды [5].

В результате работы отмечено, что риск переполнения кислородных прудов на территории ОНМПЗ им. Менделеева Д. И. действительно существует. С наибольшей вероятностью поток разольется в реку Печегда, которая находится в непосредственной близости от складированных отходов. Попадание рассматриваемого отхода в водоем повлечет за собой экологическую катастрофу федерального масштаба.

Активное внедрение установки УТД-2-800 (3000) может обуславливаться полным, автоматизированным и непрерывным циклом переработки отходов вплоть до полной ликвидации объектов накопленного вреда, энергетической экономичностью, так как топливо, на котором они эксплуатируются, вырабатывается в процессе деструкции и оказывает минимальное воздействие на окружающую среду в силу изолированности от внешней среды.

Использование данной технологии при ликвидации кислородных прудов на территории ОПНМЗ им. Д. И. Менделеева позволит снизить риски и устранить угрозу разлива кислородных отходов.

## Библиографический список

1. Гудронные пруды под Ярославлем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rg.ru/2017/03/14/reg-cfo/gudronnye-prudy-pod-iaroslavlem-stalihronicheskoj-chs.html> – 21.10.2021.
2. Попов А. И., Козлитин А. М. Управление промышленной и экологической безопасностью производственных объектов на основе риска // Нефтехимия. – 2005. – Т. 50, № 3. – С. 247–251.
3. РД 09-391-00. Методика расчета зон затопления при гидродинамических авариях на хранилищах производственных отходов химических предприятий. Серия 09. Вып. 4. – М.: ГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2002. – 68 с.
4. Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства: приказ от 13 апреля 2009 года N 87: [ред. от 26.08.2015 г.]. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_88197/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_88197/) – 10.09.2021.
5. Установка термической деструкции Установка термической деструкции УТД-2-800 (2000) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://i-pec.ru/equipments/ustanovka-termicheskoy-destrukcii-utd-2-2000> – 10.10.2021

УДК 66.081.4  
ГРНТИ 87.17.03

## ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МЕТОДА И ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ УСТАНОВКИ ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОТЛА

Д. А. Ким  
СПбГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

**Аннотация.** Предложена схема установки очистки дымовых газов энергетического котла от  $SO_2$ ,  $NO_2$  и взвешенных веществ. Предлагается использовать метод щелочной абсорбции в прямоточном распылительном аппарате. Предложенная схема обосновывается как мировым опытом в области очистки дымовых газов энергетических котлов, так и собственными разработками кафедры охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов Высшей школы технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна.

**Ключевые слова:** дымовые газы, очистка, абсорбция, прямоточный распылительный скруббер.

Для решения задачи, сформулированной в заглавии данной работы, в качестве исходных данных приняли параметры задания для курсового проекта по ТЗОС. Они представлены в таблице 1:

Таблица 1 – Исходные данные

Параметр	Значение	Размерность
Объем дымовых газов	20000	нм <sup>3</sup> с.г./ч
Относительная влажность газов	35	% при н.у.
Температура газов после котла	120	°С
Температура газов, подаваемых на очистку	25	°С
Абсорбент: раствор $Na_2CO_3$	20	%
Эффективность очистки	90	%
Давление в аппарате	1	атм

Параметр	Значение	Размерность
Состав газовой смеси:		
N <sub>2</sub>	78	% объемных
O <sub>2</sub>	16	% объемных
CO <sub>2</sub>	5	% объемных
SO <sub>2</sub>	1,8	г/м <sup>3</sup> р.г.
NO <sub>2</sub>	0,4	г/м <sup>3</sup> р.г.
CO	1,0	г/м <sup>3</sup> р.г.
Взвешенные вещества	1,5	г/м <sup>3</sup> р.г.

В качестве метода очистки был выбран способ мокрой щелочной абсорбции, поскольку этот метод успешно используется в промышленно развитых странах для очистки дымовых газов. Кроме того, при выборе метода приняли во внимание тот факт, что на кафедре ООС и РИПР Высшей школы технологии и энергетики в течение многих лет проводятся исследования по очистке дымовых газов от вредных примесей и накоплен значительный опыт как в области теории этого процесса, так и в области его практического применения на промышленных предприятиях. Основные результаты этих исследований приведены в работе [1].

В качестве аппарата выбрали прямоточный распылительный скруббер конструкции С. В. Анискина, поскольку этот аппарат был внедрен для очистки газовых выбросов на ряде предприятий целлюлозно-бумажной промышленности и показал высокую эффективность и надежность [1]. Было принято решение ограничиться одноступенчатой схемой абсорбции, т. к. в работе [2] ее авторы, исследовавшие абсорбционную очистку от SO<sub>2</sub> методами математического моделирования, показали, что для обеспечения 90 % очистки достаточно одной ступени абсорбции.

Поскольку в исходных данных указано, что газы должны поступать на очистку при температуре 25 °С, первой задачей является охлаждение дымовых газов от 120 °С до 25 °С. Было принято решение охлаждать дымовые газы в двух аппаратах. В начале горячие газы должны поступать в теплообменник 1 (газ-газ), где газы охлаждаются до температуры 45 °С, отдавая свое тепло очищенным дымовым газам, направляющимся на выброс в дымовую трубу (см. рис.). Дальнейшее охлаждение дымовых газов от 45 °С до 25 °С происходит в полом скруббере 1, где реализуется противоточное орошение газов водой, и газы охлаждаются за счет испарения воды. На случай, если скруббер 1 не будет справляться с задачей охлаждения до 25 °С, предусмотрено охлаждение воды, идущей на форсунки с помощью резервного теплообменника 2 (вода-вода), охлаждаемого водой. Охлажденные дымовые газы поступают в прямоточный распылительный скруббер конструкции С. В. Анискина, где и происходит улавливание из них кислых газов SO<sub>2</sub> и NO<sub>2</sub> и взвешенных веществ содовым раствором.

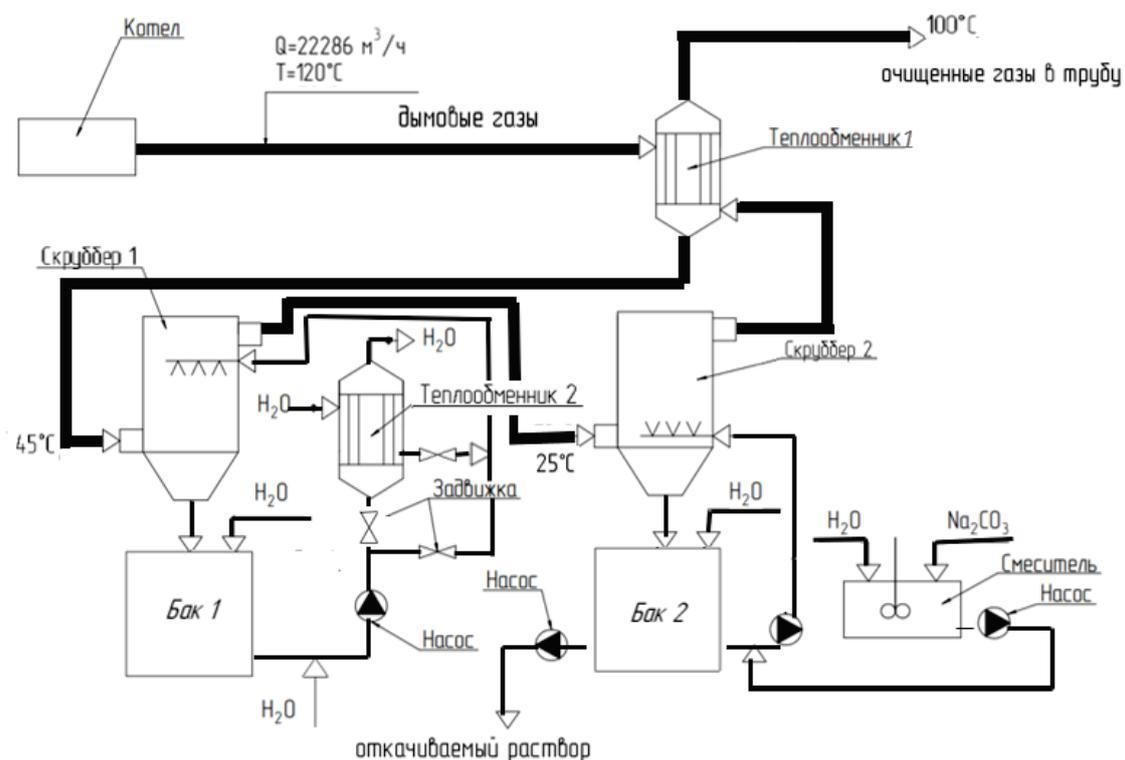


Рисунок. Схема установки очистки дымовых газов содовым методом:

— - газопотоки, — — потоки жидкостей

Расход жидкости, подаваемой на форсунки, рассчитывался исходя из необходимости подавать 0,4 л на 1 м<sup>3</sup> газа в скруббере 1 и 4 л на 1 м<sup>3</sup> газа в скруббере 2. По расходу жидкости были подобраны соответствующие насосы.

Раствор соды для абсорбции готовится в смесителе и подается на всас циркуляционного насоса скруббера 2. Отработанный раствор откачивается из бака 2. Этот раствор представляет собой концентрированную смесь солей: Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, NaHSO<sub>3</sub>, NaNO<sub>3</sub>, NaHCO<sub>3</sub> и содержит уловленную пыль.

Поскольку СО не может быть уловлен абсорбцией щелочным раствором, предотвращение его попадания в атмосферу должно быть обеспечено за счет регулировки режима сжигания топлива в котле.

Очищенные дымовые газы имеют низкую температуру, поэтому перед выбросом в атмосферу их необходимо нагреть. Нагрев до 100 °С осуществляется в теплообменнике 1 за счет охлаждения горячих дымовых газов из котла.

### Библиографический список

1. Анискин С. В. Теоретические основы моделирования и разработка струйных газопромывателей целлюлозного производства: автореф. дис... на соиск. учен. степ. докт. тех. наук. – СПб, 2017. – 31 с.
2. Яковлев, В. А. Сравнение эффективностей одно- и двухступенчатой схем абсорбционной очистки дымовых газов от диоксида серы / В. А. Яковлев, Е. Н. Нестерова // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. – 2017. – № 4. – С. 86–91.

## ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ УЩЕРБА НА МАЛОМЕРНЫХ СУДАХ

М. В. Конорева  
СПбГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

***Аннотация.** Каждое маломерное судно является источником загрязнения окружающей среды сточными водами, сухим мусором, пищевыми отходами и нефтепродуктами. Маломерные суда относятся к III категории негативного воздействия на окружающую среду и оказывают незначительное воздействие, поэтому необходимо при существующей схеме очистки на данном судне-сборщике рассчитать предотвращенный экономический ущерб, для выявления экономической эффективности данной схемы очистки.*

***Ключевые слова:** маломерное судно, судно-сборщик, экономический ущерб, масса загрязняющих веществ, экономическая эффективность.*

Маломерные суда, как правило, оборудованы устройствами для накопления пищевых, хозяйственно-бытовых отходов, отходов, загрязненных нефтепродуктами, а также резервуарами и трубопроводами, предназначенными для накопления сточных и нефтесодержащих вод. На судах, имеющих санитарно-бытовые помещения, должна предусматриваться фановая система для сбора и удаления с маломерного судна сточных и фекальных вод, включающая в себя санитарное оборудование, необходимые трубопроводы (с гидравлическим затвором) и цистерну или съемные контейнеры для сбора сточных и фекальных вод [1].

Маломерные суда загрязненные воды передают либо на станции ОНВ (очистка нефтесодержащих вод) и ООСВ (очистка и обеззараживание сточных вод) на судах-сборщиках, либо на базы, откуда вода поступает в канализационные и водопроводные очистные сооружения в Санкт-Петербурге.

Эффективность работы судовых установок очистки и обеззараживания сточных вод подлежит ежегодному контролю с проведением лабораторных исследований проб сточных и нефтесодержащих вод, отобранных после их обработки на установке очистки и обеззараживания сточных вод. Если результаты анализов контрольных проб сточных вод превышают установленные лимиты нормативов сброса в соответствии с постановлением Правительства РФ от 29.07.2013 N 644, то выставляется дополнительный счет – штраф за превышение сверх нормативов [2].

Устройства для очистки и обеззараживания сточных и нефтесодержащих вод должны обеспечивать следующие показатели очистных стоков перед выпуском их за борт:

- биологическое потребление кислорода – не более 50 мг/л;
- количество взвешенных веществ – не более 50 мг/л;
- коли-индекс – не более 1000.

Таким образом, чтобы не переплачивать за негативное воздействие сточных вод на судах-сборщиках, установлена технология очистки сточных вод, включающая в себя механические и биологические очистные сооружения.

Благодаря установке комплекса очистных сооружений на судах-сборщиках удастся снизить негативное воздействие от сточных вод, достичь необходимых нормативов ПДК на сброс в водный объект.

Поэтому необходимо рассчитать предотвращенный экономический ущерб для выявления экономической эффективности очистных сооружений. Расчет экономического

ущерба (ЭУ) показывает разницу денежных средств до проведения природоохранных мероприятий и после проведения.

ЭУ окружающей среде означает фактические экологические, экономические или социальные потери, возникшие в результате нарушения природоохранного законодательства, хозяйственной деятельности человека, стихийных экологических бедствий, катастроф.

Основным фактором, влияющим на величину предотвращенного ущерба водных объектов, относят массу загрязняющих веществ, не поступающих в водные объекты в результате установки очистных сооружений [3].

Сточные воды, сбрасываемые в водный объект, превышают допустимые концентрации по следующим веществам: взвешенные вещества – 183,3 мг/л; фосфаты – 10,3 мг/л; СПАВ – 8,3 мг/л; БПКп – 206,6 мг/л.

Масса фактического сброса загрязняющих веществ сточных вод до и после очистных сооружений представлены в таблице 1.

Оценка величины предотвращенного экономического ущерба от загрязнения водной среды определяется по формуле [4]:

$$U_{пр} = U_{уд} \cdot KЭ \cdot \sum_{i=1}^n N \cdot \Delta M_i, \quad (1)$$

$U_{пр}$  – предотвращенный экономический ущерб водным ресурсам в рассматриваемом регионе, руб./год;

$U_{уд}$  – показатель удельного экономического ущерба (цены загрязнения) водным ресурсам, наносимого единицей (1 условная тонна) приведенной массы загрязняющих веществ на конец расчетного периода в рассматриваемом регионе, (руб./усл.т) (представлен в табл. 2).

Таблица 1 – Масса фактического сброса загрязняющих веществ

Наименование загрязняющего вещества	На входе $m_{1i}$ мг/л	На выходе $m_{2i}$ мг/л
Взвешенные вещества	183,3	33,8
Фосфаты	10,3	0,2
СПАВ	8,3	0,5
БПКп	206,6	44,1

Таблица 2 – Масса фактического сброса загрязняющих веществ

Среда	Показатель удельного ущерба для Санкт-Петербурга, $U_{уд}$ руб./усл.т
Гидросфера	6098,4

$KЭ$  – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости в рассматриваемом регионе (для Санкт-Петербурга равен 1,9);

$Jд$  – индекс-дефлятор по отраслям промышленности, устанавливаемый Минэкономки Российской Федерации на рассматриваемый период и доводимый территориальными природоохранными органами до природопользователей (для Санкт-Петербурга равен 1);

Рассчитываем массу загрязняющих веществ по формуле:

$$\Delta M_i = M_{1i} - M_{2i}, \quad (2)$$

$\Delta M_i$  – приведенная масса загрязняющих веществ, не попадающих в атмосферу в результате осуществления соответствующих природоохранных мероприятий;

$M_{1i}$ ,  $M_{2i}$  – приведенная масса выброса в атмосферу в рассматриваемом регионе, соответственно, на начало и конец расчетного периода (усл. т/год), определяется по формуле:

Определяем коэффициент относительной эколого-экономической опасности  $NЭ_i$  по формуле:

$$NЭ_i = \frac{1}{ПДК_{р-х}} \quad (3)$$

Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Расчет коэффициента относительной эколого-экономической опасности

Наименование загрязняющего вещества	NЭ <sub>i</sub> , б/р
Взвешенные вещества	0,15
Фосфаты	0,01
СПАВ	1
БПКп	0,3

NЭ<sub>i</sub> – коэффициент относительной эколого-экономической опасности для i-го загрязняющего вещества или группы веществ.

Находим массу сброса загрязняющего вещества, подающего в водные объекты до и после установки средозащитного оборудования по формуле:

$$M1_i = m1_i \cdot NЭ_i \quad (4)$$

Взвешенные вещества: до  $M1 = 183,3 \cdot 0,15 = 27,5$  усл. т/год

после  $M2 = 33,8 \cdot 0,15 = 5,07$  усл. т/год

Фосфаты: до  $M1 = 10,3 \cdot 0,01 = 0,103$  усл. т/год

после  $M2 = 0,2 \cdot 0,01 = 0,002$  усл. т/год

СПАВ: до  $M1 = 8,3 \cdot 1 = 8,3$  усл. т/год

после  $M2 = 0,5 \cdot 1 = 0,5$  усл. т/год

БПКп: до  $M1 = 206,6 \cdot 0,3 = 61,9$  усл. т/год

после  $M2 = 44,1 \cdot 0,3 = 13,2$  усл. т/год

Находим массу загрязняющих веществ для каждого компонента:

Взвешенные вещества:  $\Delta M_i = 27,5 - 5,07 = 22,4$  усл. т/год

Фосфаты:  $\Delta M_i = 0,103 - 0,002 = 0,101$  усл. т/год

СПАВ:  $\Delta M_i = 8,3 - 0,5 = 7,8$  усл. т/год

БПКп:  $\Delta M_i = 61,9 - 13,2 = 48,7$  усл. т/год

Рассчитываем предотвращенный экономический ущерб:

$$Упр = 6098,4 \cdot 1,9 \cdot 1 \cdot \Sigma 79,1 = 916528,5 \text{ руб./год.}$$

Из приведенного выше расчета видно, что масса сброса загрязняющих веществ до очистных сооружений значительно выше, чем после.

Рисунок показывает эффективность комплекса очистных сооружений.

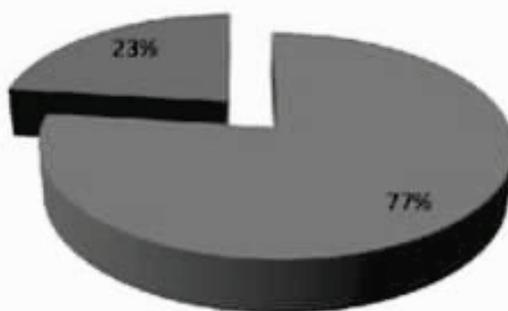


Рисунок. Масса сброса загрязняющих веществ:

77 % – до очистных сооружений; 23 % – после очистных сооружений

Предотвращенный экономический ущерб составил 916528,5 руб./год, таким образом, природоохранные мероприятия обеспечивают снижение и ликвидацию негативного воздействия сточных вод на водный объект, способствуют сохранению и рациональному использованию природно-ресурсного потенциала.

### Библиографический список

1. Алексеев А. В., Алексеева Д. А. Правила пользования маломерными судами и правила плавания по внутренним водным путям российской федерации (с комментариями для судоводителей маломерных судов в районах плавания «ВП/ВВП»): Сборник нормативных документов (с комментариями). – М., 2008. – 216 с.
2. Либефорта, Г. Б. Судовые двигатели и окружающая среда/ Г. Б. Либефорта. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Л.: Судостроение, 1979. – 179 с.
3. Корнилов Э. В., Бойко П. В, Голофастов Э. И. Вспомогательные механизмы и судовые системы: Справочное издание. – Одесса, 2009. – 297 с.
4. СНиП 2.04.03-85. Строительные нормы и правила. Канализация. Наружные сети и сооружения/ Минстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 1996. – 239 с.

УДК 67.08

ГРНТИ 87.53

### ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВЫБРОСОВ ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ОТ ЦЕХА ЭКСТРАКЦИИ

А. С. Бирюкова  
СПбГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

***Аннотация.** В данной статье рассматривается процесс экстракции при производстве растительного масла и образующиеся загрязняющие вещества. В статье рассмотрены ключевые этапы процесса. Приведены перспективные технологии в производстве масел и жиров.*

***Ключевые слова:** экстракция, экстрагирование, растительные масла, пищевая промышленность, выбросы, энергосбережение, экологическая безопасность, перспективные технологии.*

В производстве растительных масел чаще всего применяются такие процессы, как экстракция и экстрагирование. Если рассматривать процесс экстракции, то он представляет собой извлечение целевого растворенного вещества или веществ из жидкости с помощью специальной другой жидкости, которая не растворяется или почти не растворяется в первой, но растворяет экстрагируемые компоненты. Экстрагирование же отличается от экстракции тем, что процесс извлечения целевого вещества происходит из твердой фазы жидкостью (экстрагентом). Стоит отметить, что экстракционный способ обеспечивает практически полное извлечение масла.

Основным при производстве продуктов питания является процесс экстрагирования в системе твердое тело – жидкость. Его назначением, как говорилось ранее, является извлечение из твердого тела одного или нескольких веществ с помощью растворителя, обладающего избирательной способностью. В пищевой промышленности экстрагирование применяют при переработке капиллярно-пористых тел растительного или животного происхождения.

В производстве эффективность процессов экстракции и экстрагирования зависит от выбранного растворителя. К наиболее распространенным растворителям относится вода, органические растворители, такие как ацетон, гексан, пентан, метилхлорид, этилацетат, спирт. Экстракция органическими летучими растворителями может вызвать выбросы ЛОС. Экстракционные установки могут также являться причиной запаха из-за выбросов  $H_2SO_4$  (в масложировой из-за применения растворителей), органических соединений (бензин – 0,04 кг/т готовой продукции и акролеин – 0,00065 кг/т готовой продукции). Если используется

экстракция водой, в атмосферный воздух могут выделяться пары воды, содержащие неконденсирующиеся ЛОС. Для обеспечения эффективности экстрагирования целевых компонентов сырьевые материалы обычно проходят предварительную обработку, например, измельчение [1].

В пищевой промышленности экстракцию и экстрагирование проводят периодическим и непрерывным способами соответственно в перколяторах и диффузионных аппаратах различной конструкции, в прямотоке и противотоке, одноступенчатых и многоступенчатых.

Одно из перспективных направлений создания энергосберегающих и экологически безопасных технологий в пищевой промышленности – использование сверхкритических флюидов в качестве экстрагентов и растворителей в процессах извлечения, разделения и очистки веществ, а также в качестве среды для проведения различных химических реакций.

Учитывая повышенную пожаро- и взрывоопасность производства получения растительных масел экстракционным способом с применением углеводородных растворителей (бензин, гексан, гептан), сложность системы регенерации и рекуперации растворителя, возможность выбросов в атмосферу загрязняющих веществ, в последнее время в промышленных и полупромышленных условиях, проводятся работы по экстракции растительных масел другими экстрагентами с более низкой температурой кипения и как следствие меньшим количеством загрязняющих веществ в атмосферном воздухе – этиловым или изопропиловым спиртом, ацетоном, сжиженными газами (пропаном, бутаном и т.п.), CO<sub>2</sub> экстракция в критическом и субкритическом состоянии. Сверхкритические среды – это газы, характеризующиеся параметрами состояния, превышающими критические давление и температуру. При этом, с одной стороны, они обладают свойствами жидкостей, например, высокой растворяющей способностью, с другой – им присущи особенности газообразного состояния, обеспечивающие высокие массообменные характеристики процессов. Растворяющая способность сверхкритических газов проявляет значительно более сильную зависимость от параметров состояния, чем в случае обычных органических растворителей. Это позволяет путем изменения лишь давления или температуры регулировать растворяющую способность растворителя и тем самым достигать высокой избирательности процессов экстрагирования, а также осуществлять полную регенерацию экстрагента [2].

Принцип сверхкритической экстракции извлечения растительных масел из масличного сырья заключается в следующем: сверхкритический CO<sub>2</sub> арбатируется через слой масличного сырья, экстрагируя липидный компонент. Последующее снижение давления ведет к снижению растворяющей способности диоксида углерода и фракционированию масла и других составляющих мисцеллы. Выделенное масло освобождают от экстрагента. Диоксид углерода, пройдя полный цикл очистки, вновь подается на экстракцию. Способом СК-CO<sub>2</sub>-экстракции отработана технология дезодорации растительных масел. Данный процесс протекает в непрерывном режиме, что позволяет повысить производительность за счет сокращения рабочего цикла. Также разработана технология получения пищевого лецитина из побочных продуктов масложирового производства. Технология сверхкритической СК-CO<sub>2</sub>-экстракции имеет ряд преимуществ: хорошую растворяющую способность, минимальное количество балластных веществ в экстрактах, что не требует дополнительной очистки. СК-CO<sub>2</sub>-экстракция исключает возможность содержания токсических остатков растворителей в экстрактах, при этом нет риска распада выделяемых продуктов в результате термического воздействия. Сам по себе диоксид углерода как сжиженный газ пожаробезопасен, безвреден для здоровья людей, обладает бактерицидными свойствами, с его помощью получают экологически чистую продукцию. Он имеет низкую стоимость, запасы его не ограничены. Являясь отходом многих технологических производств, в том числе и сжигания топлива, может быть получен непосредственно на месте потребления. Важным преимуществом процесса сверхкритического экстрагирования является энергосберегающий характер процесса [3].

Экструзионные способы подготовки масличного сырья и извлечения растительного масла являются экологически чистыми приемами, позволяющими достигнуть более высокой степени разрушения клеточной структуры семян за счет возникающих при обработке сдвиговых напряжений. Сдвиговые усилия замещают усилия традиционного объемного

сжатия, дополнительно воздействуют на ультраструктуру клеток, максимально разрушают их, чем обеспечивают эффект полного извлечения масел.

Технология подготовительной экструзионной обработки сырья с вводом воды и острого пара обеспечивает формирование пористой структуры материала, что способствует более легкому извлечению масла как прессовым, так и экстракционным способами. Полученный после экструдирования материал в виде пористых гранул позволяет увеличить насыпную массу при поступлении в экстрактор, улучшить проходную способность растворителя и снизить бензиномкость шрота [4].

Новая технология обеспечивает более высокую скорость покачивания растворителя в экстракторе, снижает его расход. Способствует более глубокому съему масла при минимальных энергетических затратах в процессе его отжима, интенсифицирует процесс экстракции на всех других стадиях (пропитка, отгонка), сокращает расход и потери растворителя, чем существенно снижает нагрузку на окружающую среду.

Следует заметить, что разработка экологических методов выделения растительных масел, позволяющих отказаться от использования пожароопасных органических растворителей, связана с технологиями экстракции жира из растительного сырья. Предлагается применение таких методов как импульсный, с применением ультразвука, путем обработки электромагнитным полем низкой частоты, а также путем энзимной или водной экстракции.

Использование физических воздействий малоэффективно из-за сложности применяемых установок, а внедрение технологий извлечения растительных масел с применением биокаталитической водной экстракции (далее БВЭ) осложняется большим объемом сточных вод и отсутствием разработанных технологий сушки полностью или частично обезжиренного высоковлажного белкового продукта.

Одним из самых перспективных методов для рафинации растительных масел можно считать энзимную водную гидратацию, однако при её использовании не получают ценный продукт лецитин. В таблице 1 представлен перечень перспективных технологий в производстве и рафинации растительных масел [5].

Таблица 1 – Перечень перспективных технологий в производстве и рафинации растительных масел

Описание мероприятия	Эффект от внедрения			Ограничение применимости	Основное оборудование
	Снижение эмиссий основных загрязняющих веществ	Энерго-эффективность, отн. ед.	Ресурсосбережение, отн. ед.		
Рафинация растительного масла (усовершенствованная физическая рафинация)	Эмиссии отсутствуют	0,0066 кВтч/дм <sup>3</sup> или 56 кВт	Расход воды – 180 м <sup>3</sup> /мес.	нет	Виброактиватор, сепаратор
Сверхкритическая CO <sub>2</sub> -экстракция	Исключена возможность содержания токсических остатков в экстрактах, отсутствует риск распада выделяемых продуктов при термическом воздействии	Снижение расхода пара на 1 т целевого продукта	Процесс протекает в непрерывном режиме, что позволяет повысить производительность за счет сокращения рабочего цикла	нет	Экстрактор, сепаратор, компрессор

Описание мероприятия	Эффект от внедрения			Ограничение применимости	Основное оборудование
	Снижение эмиссий основных загрязняющих веществ	Энерго-эффективность, отн. ед.	Ресурсосбережение, отн. ед.		
Экструзионный способ подготовки масличного сырья и извлечения масел	Снижение уровня загрязнений за счет снижения расхода растворителей на единицу целевого готового продукта	Снижение расхода электроэнергии на 1 извлекаемого масла	Технология обеспечивает более высокую скорость просачивания растворителя в экстракторе, снижает его расход, чем существенно снижает нагрузку на окружающую среду.	нет	Экструдер
Производство биотоплива (из технического рапсового масла)	Снижение выбросов оксида углерода, углеводородов, дисперсных частиц и оксидов серы, некоторое повышение выбросов оксидов азота (в сравнении с применением традиционного топлива)	Получение биотоплива из возобновляемого растительного сырья	Возможность использования технических растительных масел	В РФ допускается использование в смеси с традиционными видами топлива до 5% Для получения готового продукта нейтрализованное масло смешивается с дизельным топливом	Нейтрализатор смеситель и отстойник Стоимость комплекта оборудования 1071 тыс. руб. при производительности 87,2 кг/ч по биотопливу или 250 кг/час по семенам рапса
Производство биогаза из жиросодержащих отходов очистных сооружений	Снижение выбросов метана в атмосферу	Получение 1300 м <sup>3</sup> биогаза из 1 т чистого жира с содержанием метана до 87 % При фактической влажности отходов 50 % выход до 500 м <sup>3</sup> биогаза из 1 т	Использование отходов производства с получением дополнительного топлива аналогичного по применению природному газу	нет	Цена мини-завода, включающего биореактор 12 м <sup>3</sup> , газгольдер 2 м <sup>3</sup> составляет около 1 млн. рублей (при суточном выходе биогаза до 12 м <sup>3</sup> )

### Библиографический список

1. Калошин Ю. А. Технология и оборудование масложировых предприятий: учебник. – М.: «Академия», 2002. – 363 с.
2. Кошевой Е. П. Технологическое оборудование предприятий производства растительных масел: учеб. пособие. – СПб.: ГИОРД, 2002. – 368 с.

3. Волончук, С. К. Научные подходы повышения эффективности переработки растительного сырья // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2005. – № 1. – С. 21.
4. Жекова О. А. Особенности инновационного процесса в отраслях пищевых производств // Пищевое производство. – 2005. – № 12. – С. 26.
5. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС НДТ 44—2017 «Производство продуктов питания». – Текст: электронный// – URL: file:///C:/Users/oprss2/Downloads/ITS\_44-2017\_1.pdf/. – Дата публикации: 2017 год.

УДК 504.03, 615.099  
ГРНТИ 87.25

## АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

В. С. Лебединская  
СПбГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, д. 4

***Аннотация.** В работе рассматриваются результаты оценки токсичности водных объектов Курортного района Санкт-Петербурга методом биотестирования по морфофизиологической реакции тест-объекта – инфузории (*Paramecium caudatum*). Полученные результаты обработаны в геоинформационной системе ArcMap 10.5. Проведена интерполяция по методу обратно взвешенных расстояний (ОВР).*

***Ключевые слова:** токсичность, *Paramecium caudatum*, водные объекты, Курортный район Санкт-Петербурга, геоинформационные системы, обратно взвешенные расстояния.*

На протяжении 25 лет Межрегиональная общественная организация «Международный (межрегиональный) экологический клуб аспирантов, студентов и школьников Балтийско-Ладожского региона» проводит сезонные Биос-школы, в рамках которых осуществляются наблюдения за качеством водных объектов Санкт-Петербурга и Ленинградской области по гидрохимическим и гидробиологическим показателям.

Оперативным контролем окружающей среды является метод биотестирования. В его основу положены наблюдения за жизненными функциями различных биологических объектов, помещенных в испытываемую среду, по изменению которых делается заключение об опасности среды. Оценка токсичности проводится на основе морфофизиологической реакции тест-объекта – инфузории (*Paramecium caudatum*). Постановка опыта биотестирования проводится в соответствии с ГОСТ Р 57166-2016 [1]. Алгоритм проведения исследований заключается в следующем: в контрольную и анализируемую воду объёмом 10 мл вносятся 10 тест-объектов (плотность 1 тест-объект на 1 мл), далее ведётся учёт смертности, наблюдения за жизненными функциями через 6 часов для определения острой токсичности и через 24 часа для определения хронической токсичности (рис. 1).

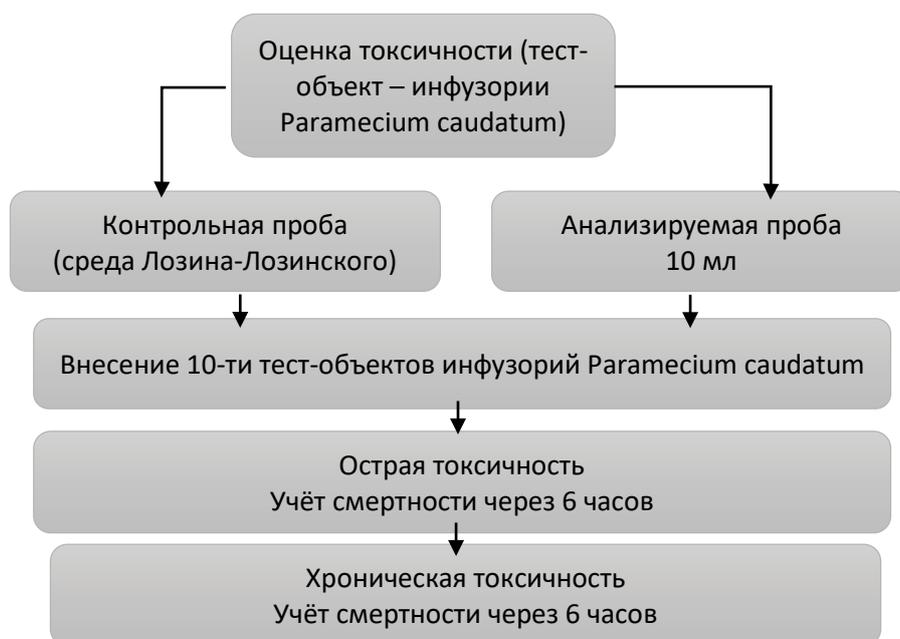


Рис. 1. Алгоритм проведения биотестового анализа

Расчёт индекса токсичности проводится в соответствии с формулой 1.

$$T = \frac{\bar{x}_k - \bar{x}_{ан}}{\bar{x}_k} * 100\%, \quad (1)$$

где  $\bar{x}_k$  – среднеарифметическое значение количества выживших инфузорий в контрольной пробе,  $\bar{x}_{ан}$  – среднеарифметическое значение количества выживших инфузорий в анализируемой пробе.

По величине индекса анализируемые пробы классифицируются по степени их токсичности на 5 групп:

- I. Проба нетоксична (T = 0-10 %);
- II. Проба слабо токсична (T = 10-25 %);
- III. Проба умеренно токсична (T = 25-35 %);
- IV. Проба токсична (T = 35-50 %);
- V. Проба сильно токсична (T = 50-100 %) [1].

Обработка результатов проводилась методом интерполяции по обратно взвешенным расстояниям (ОВР) в программе ArcMap 10.5, учитывающей изменения концентрации токсикантов в точке отбора проб от расстояния [2].

Результаты исследований токсичности Финского залива (26.1, 26.2, 26.3), р. Чёрной (14, 15, 16) и Смолячкова ручья (25, 26) за весенний, летний и осенний сезон 2021 года приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Оценка токсичности Финского залива, р. Чёрной и Смолячкова ручья на основе морфофизиологической реакции тест-объекта – инфузории (*Paramecium caudatum*)

№ пробы	Водный объект	В е с е н н и й п е р и о д	Остр. токс.		Хрон. токс.		Л е т н и й п е р и о д	Остр. токс.		Хрон. токс.		О с е н н и й п е р и о д	Остр. токс.		Хрон. токс.	
			Индекс, %	Степень	Индекс, %	Степень		Индекс, %	Степень	Индекс, %	Степень		Индекс, %	Степень	Индекс, %	Степень
14	р. Чёрная		11,05	III	11,05	III		78,6	V	78,6	V		70	V	70	V
15	р. Чёрная		27,63	IV	27,63	IV		57,1	V	57,1	V		20	II	30	III
16	р. Чёрная		6,67	I	4,45	I		50	IV	53,8	V		50	IV	50	IV
25	руч.Смолячков		22,23	III	22,23	III		42,9	IV	42,9	IV		40	IV	50	V
26	руч.Смолячков		1,69	I	3,39	I		35,1	IV	46,1	IV		40	IV	40	IV
26.1	Финский залив		12,82	III	12,82	III		35,1	IV	53,8	V		30	III	30	III
26.2	Финский залив		-	-	-	-		28,6	III	28,6	III		-	-	-	-
26.3	Финский залив		-	-	-	-		28,6	III	28,6	III		-	-	-	-

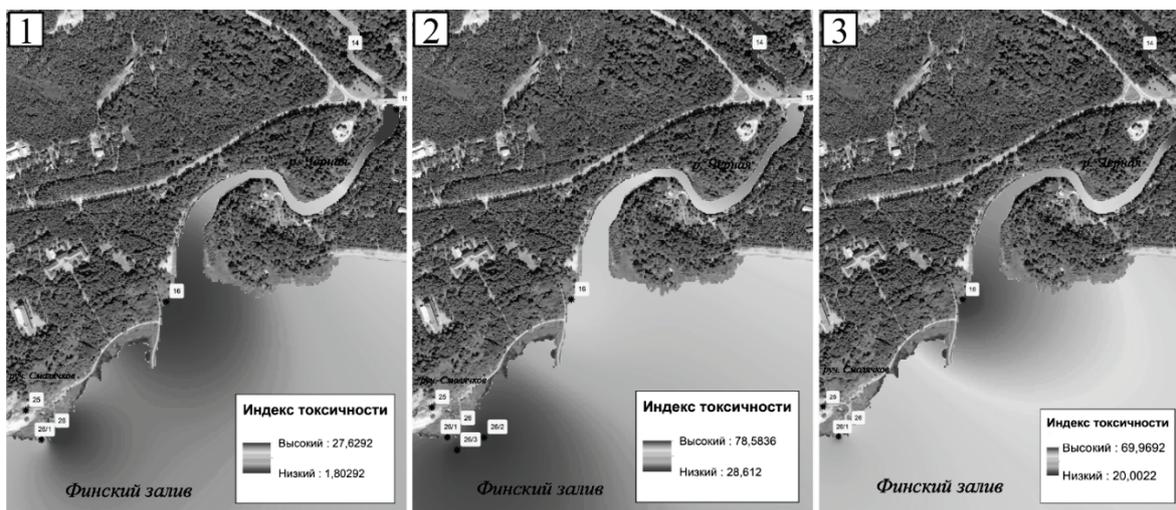


Рис. 2. Острая токсичность (Финский залив, р. Чёрная, руч. Смолячков): 1 – весенний период; 2 – летний период; 3 – осенний период

Визуализация и интерполяция данных кратковременного воздействия анализируемой пробы на тест-объект (рис. 2) позволила выявить повышение степени токсичности в точках отбора проб 14, 16, 25, 26. Положительная динамика – снижение степени токсичности наблюдается в точке 15. Повышение степени токсичности только в летний сезон года наблюдается в точке 26.1.

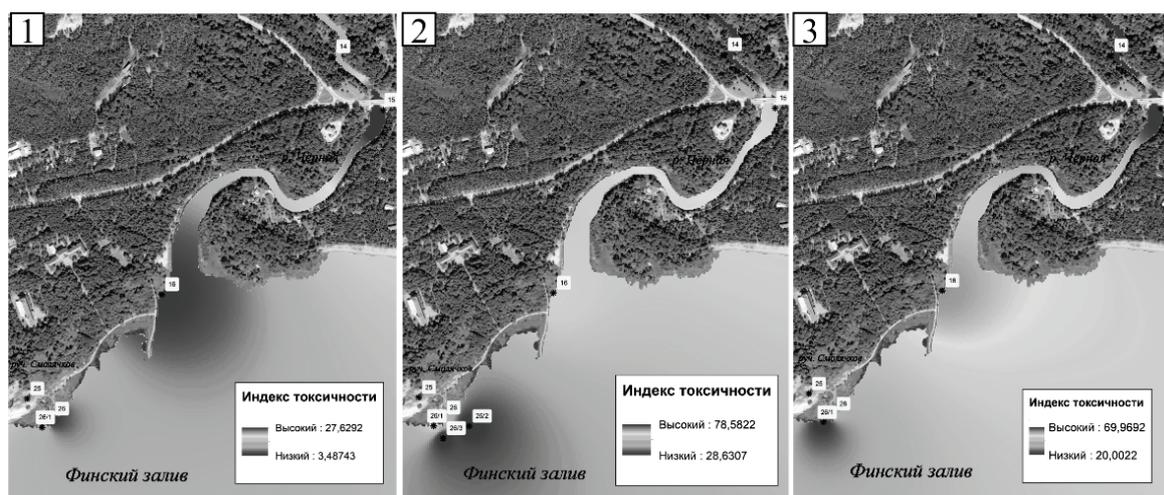


Рис. 3. Хроническая токсичность (Финский залив, р. Чёрная, руч. Смолячков): 1 – весенний период; 2 – летний период; 3 – осенний период

Длительное воздействие анализируемой воды на тест-объект показало (рис. 3), что степень токсичности повысилась в точках отбора проб 14, 25 и 26. Повысилась в летний период, затем понизилась в осенний в точках 15, 16, 26.1.

Результаты исследований токсичности Финского залива (66/1, 64/1), р. Малой сестры (66, 67/1, 65, 67, 61, 61/1, 62), Ржавой канавы (70/3, 70) и Северного водосливного канала (63) за весенний, летний и осенний сезон 2021 года приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Оценка токсичности Финского залива, р. Малой сестры и Ржавой канавы на основе морфофизиологической реакции тест-объекта – инфузории (*Paramecium caudatum*)

№ пробы	Водный объект	В	Остр. токс.		Хрон. токс.		Л	Остр. токс.		Хрон. токс.		О	Остр. токс.		Хрон. токс.	
			Индекс, %	Степень	Индекс, %	Степень		Индекс, %	Степень	Индекс, %	Степень		Индекс, %	Степень	Индекс, %	Степень
66	р. Малая Сестра	е	80	V	80	V	е	14,3	II	14,3	II	с	28,57	IV	57,14	V
67/1	р. Малая Сестра	с	50	V	50	V		42,9	IV	53,8	V		7,79	I	7,79	I
70/3	Ржавая канава	с	80	V	90	V		71,4	V	71,4	V		46,15	IV	100	V
63	Север. водосливной канал	н	40	IV	40	IV		-	-	-	-		11,12	III	11,12	III
65	р. Малая Сестра	н	40	IV	60	V		50	IV	76,9	V		-	-	-	-
67	р. Малая Сестра	н	80	V	80	V		71,4	V	71,4	V		-	-	-	-
66/1	Финский залив	н	60	V	60	V		35,7	IV	35,7	IV		-	-	-	-
61	р. Малая Сестра	н	20	II	20	II		57,1	V	57,1	V		-	-	-	-
64/1	Финский залив	н	0	I	0	I		-	-	-	-		7,46	I	16,42	III
70	Ржавая канава	н	-	-	-	-		57,1	V	57,1	V		-	-	-	-
62	р. Малая Сестра	н	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
61/1	р. Малая Сестра	д	-	-	-	-		-	-	-	-		10,71	III	10,71	III
											7,46	I	16,42	III		

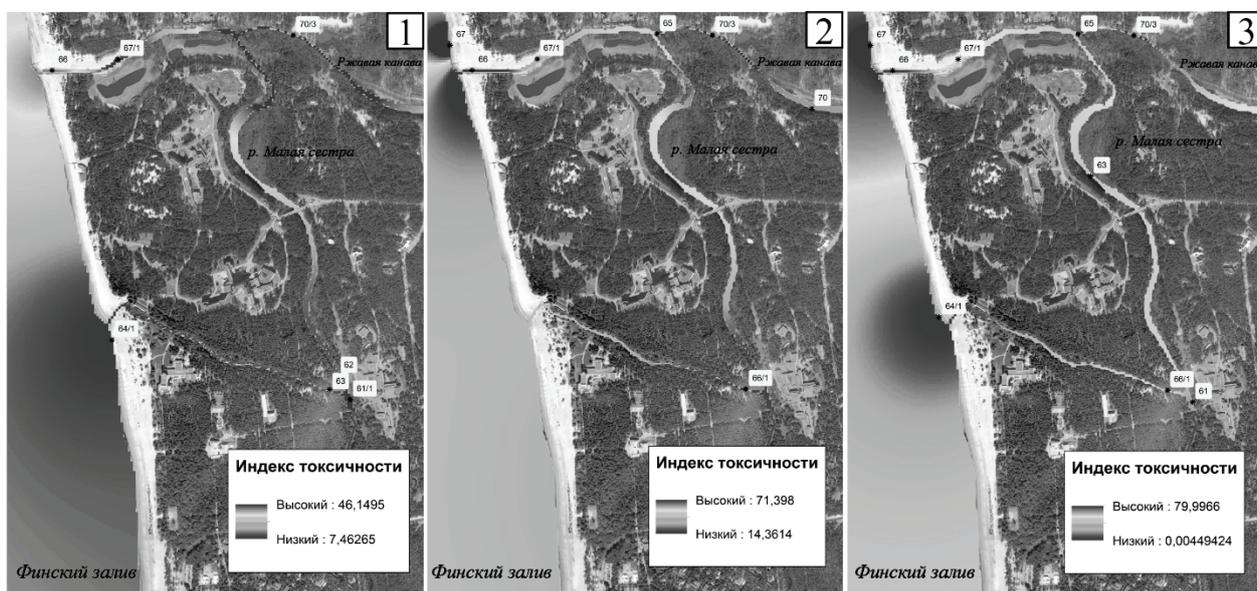


Рис. 4. Острая токсичность (Финский залив, р. Малая сестра, Ржавая канава): 1 – весенний период; 2 – летний период; 3 – осенний период

Высокая степень острой токсичности на протяжении всех сезонов 2021 года наблюдается в точках 70/3, 65 и 67. Степень токсичности снижается – 67/1, 66/1 и 63, повышается – 61. Динамика понижения и повышения токсичности наблюдается в точке 66 (рис. 4).

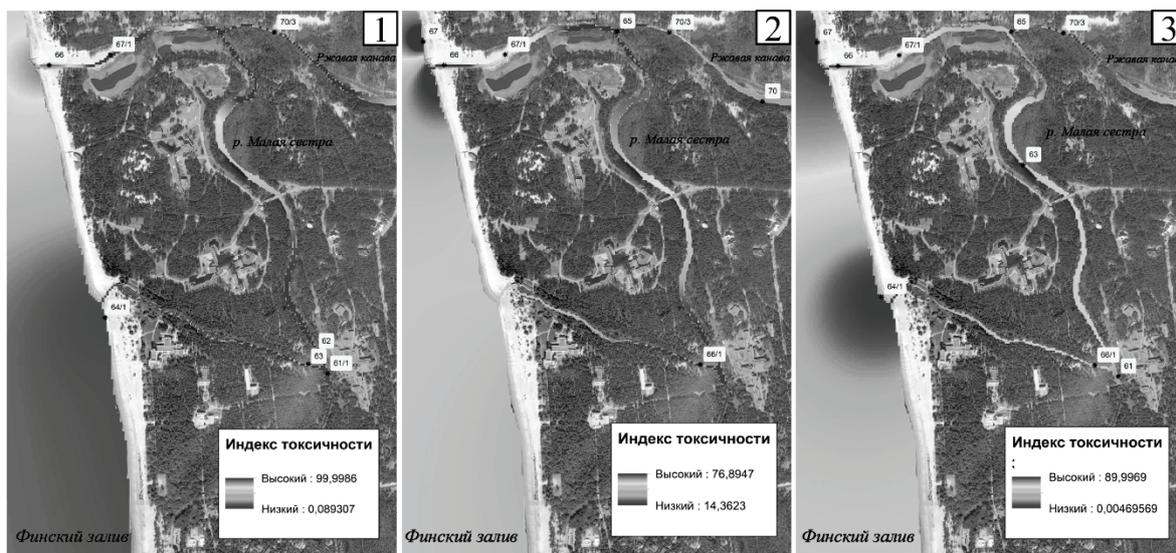


Рис. 5. Хроническая токсичность (Финский залив, р. Малая сестра, Ржавая канава):  
1 – весенний период; 2 – летний период; 3 – осенний период

Переход степени токсичности хронической схож с острой (рис. 5). Высокая степень острой токсичности на протяжении всех сезонов 2021 года наблюдается в точках 70/3, 65 и 67. Степень токсичности снижается – 67/1, 66/1 и 63, повышается – 61. Динамика понижения и повышения токсичности наблюдается в точке 66 [3].

Визуализация и интерполяция данных по методу обратно взвешенных расстояний кратковременного и длительного воздействия токсикантов, содержащихся в анализируемых пробах, на тест-объекты – инфузории (*Paramecium caudatum*) позволила проанализировать значения индекса токсичности по длине водотока между точек с известными значениями токсичности, расположенных с определённым шагом. Применён инновационный метод обработки данных, который позволяет оценить в пространстве и времени динамику индекса токсичности по всей акватории водного объекта. Сравнительная оценка по сезонам 2021 года показала отрицательную тенденцию изменения степени острой и хронической токсичности в сторону её повышения в пробах: 14, 16, 25, 26. Неизменно высокая степень острой и хронической токсичности присутствует в точках: 70/3, 65 и 67. Наблюдаются пробы с повышением токсичности только в летний сезон в точках 15, 16, 26.1, это может быть связано с высокой загруженностью санаториев и баз отдыха, а точнее с неэффективной очисткой сбрасываемых сточных вод в водные объекты Курортного района.

### Библиографический список

1. ГОСТ Р 57166-2016. Вода. Определение токсичности по выживаемости пресноводных инфузорий [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200140393> (дата обращения: 27.11.2021).
2. Антонов, И. В. Геоинформационные технологии в техносферной безопасности: учебно-методическое пособие / сост.: И. В. Антонов, А. И. Шишкин, А. В. Епифанов / ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2017. – 52 с.
3. Антонов, И. В. Исследование загрязнения водных объектов Курортного района Санкт-Петербурга с помощью тест-объекта – инфузорий *Paramecium Caudatum* / И. В. Антонов, В. С. Лебединская // Химия и инженерная экология – XXI: сборник трудов международной научной конференции, Казань, 28 – 30 сентября 2021 г. – Казань: Изд-во ИП Сагиева А.Р., 2021. – С. 230-234.

## БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРОВ

Е. О. Денисова  
СПбГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

***Аннотация.** Данная статья посвящена изучению полиамфолитных гидрогелей, а именно их синтеза, свойств и применения. Также рассмотрены различные факторы, влияющие на синтез полиамфолитных гидрогелей и, как следствие, на их свойства.*

***Ключевые слова:** биodeградируемые полимеры, биоразлагаемые композиционные материалы, поливиниловый спирт, крахмал.*

Сегодня трудно представить себе какую-либо сферу человеческой деятельности, где бы не использовались полимерные материалы. Основной проблемой использования синтетических полимеров является их химическая стабильность, позволяющая длительное время выдерживать воздействие природных физико-химических факторов, таких как: солнечная радиация, тепло, влажность, кислород воздуха и биологических факторов, например, воздействие микроорганизмов в течение многих десятилетий без значительного разрушения материалов. Полимеры и их остатки сохраняются в окружающей среде в течение длительного времени, нанося значительный экологический вред окружающей среде, а сжигание таких материалов приводит к выделению токсичных газов. По этой причине в последние годы в мире проявляется особый интерес к биоразлагаемым и биокомпостируемым полимерам [1]. Природные высокомолекулярные соединения (белки, нуклеиновые кислоты, полисахариды, гликопротеины, липопротеины, липосахариды и т.д.) относительно быстро (от нескольких месяцев до нескольких лет) разлагаются на простые химические соединения. Эти соединения не оказывают столь сильного пагубного влияния на современную экологию.

Однако биополимерные материалы не обладают таким широким спектром свойств, как синтетические полимерные продукты, поэтому они не могут полностью заменить искусственные термопластичные материалы. Стоит также отметить, что на данный момент биоразлагаемые материалы не нашли широкого применения в быту по той причине, что время их разложения в окружающей среде может быть таким же, как и у пластмасс.

Биоразлагаемые полимеры – это класс высокомолекулярных соединений, содержащих продукты жизнедеятельности биологических организмов (целлюлоза, белок, крахмал, нуклеиновая кислота, природная смола и т.д.), способных при соответствующих условиях разлагаться на экологически нейтральные вещества [2].

Биоразлагаемые полимеры претерпевают значительные изменения своей молекулярной массы и механических свойств при воздействии биологически активной среды или питательных веществ, обеспечивающих рост микроорганизмов. В таких средах происходит гидролиз и фотохимическая деградация биоразлагаемых полимеров. В конечном итоге биополимеры разлагаются на компоненты, участвующие в природном цикле, такие как вода, углекислый газ, биомасса и другие. Основным преимуществом биополимеров является их способность к биоразложению в течение очень короткого времени, в отличие от традиционных аналогов, получаемых из нефтехимического сырья.

Одними из наиболее перспективных биоразлагаемых материалов являются алифатические полиэфиры на основе молочной кислоты – полилактиды (PLA), получаемые путем поликонденсации молочной кислоты или полимеризации лактида. В качестве сырья для производства PLA используются кукуруза, сахарный тростник, рис и т.д. Продукты из PLA характеризуются высокой жесткостью, прозрачностью и блеском.

Стоит также отметить, что одним из наиболее важных биополимеров в промышленности является биополимер на основе крахмала. Одними из первых были получены материалы на основе крахмала из различных видов растительного сырья – картофеля, кукурузы, пшеницы, риса. Большой обзор по биоразлагаемым материалам на основе крахмала и его производных представлен российскими учеными.

Крахмал – это полисахарид, накапливающийся в процессе жизнедеятельности растений в их клубнях, семенах, стеблях и листьях. Основными источниками для его промышленного производства являются картофель, рис, пшеница и кукуруза. В растениях крахмал присутствует в виде гранул, диаметр которых варьируется от 5 до 100 микрон.

Крахмал не является настоящим термопластом, но в присутствии пластификатора (вода, глицерин, сорбит и т.д.) при высоких температурах 90–180 °С и сдвиге он плавится и разжижается, что позволяет использовать его в формовочном, экструзионном и выдувном оборудовании, применяемом для синтетических пластмасс.

ПВС – линейный, слабозветвленный полимер, поэтому одним из наиболее перспективных способов снижения растворимости является использование низкомолекулярных веществ, взаимодействующих с макромолекулами ПВС и образующих поперечные химические связи, которые, с одной стороны, формируют пространственную сетевую структуру, а с другой – повышают степень полимеризации ПВС.

### **Проблемы биоразлагаемости**

На данный момент наука еще не имеет точных критериев оценки биоразлагаемости и компостируемости. Компостирование — это самонагревающийся, аэробный процесс биоразложения органических отходов с сухими добавками растительного происхождения. При оптимальных условиях: температуре, влажности и pH, компостирование завершается за 3 месяца; при нормальных условиях для получения гумуса для удобрения почвы требуется 1–2 года. Процесс компостирования является в основном окислительным. Он может протекать в кучах или котлах высотой от 94 до 157 см при определенном содержании влаги.

Биоразложение смесей зависит от размера кристаллитов, наличия аморфной части, физического состояния поверхности, сочетания фаз, вида микроорганизмов в биоразлагаемой среде и определяется в основном тремя параметрами: поглощением кислорода, потерей веса исследуемого продукта и изменением веса полученной биомассы.

Лучше, если в процессе биоразложения одновременно происходят и гидролитическая, и ферментативная деградация. И хотя ведутся споры о применимости некоторых методов стандартизации для биоразложения и компостирования, во всем мире ссылаются на требования стандарта DIN 54900, который разделен на 3 части: DIN 54900-1, определяющий наличие вредных (органических и неорганических) продуктов, которые не могут быть разложены в компосте; и DIN 54900-2, определяющий полное биоразложение каждого компонента в лаборатории и другие [3].

Международными институтами, которые выдают специальный сертификат о биоразлагаемости пластиковых изделий, являются следующие: 1) Американское общество по испытанию материалов (ASTM) в США, 2) японская программа GREENPLA, 3) европейская сертификация DIN, 4) Европейский комитет по стандартизации (CEN).

Также одной из важных проблем является площадь, которая требуется для выращивания необходимых материалов для биоразлагаемых полимеров, из-за ограниченности ресурсов.

### **Получение**

Крахмал – это полисахарид, который накапливается в клубнях, семенах, стеблях и листьях растений. В растениях крахмал присутствует в виде гранул, диаметр которых варьируется от 5 до 100 микрон в зависимости от вида растения. Такой крахмал называется природным или нативным крахмалом. Кукурузный крахмал (КК) представляет собой порошок белого цвета с размером зерен 10–15 микрон. Модифицированный крахмал поставляется в виде пористых агломерированных гранул размером до 1 мм. Крахмал имеет аморфно-кристаллическую структуру и не является гликолями, сорбитом и т.д.), при высокой

температуре (90–180 °С) и сдвиге он плавится и разжижается, образуя так называемый термопластичный крахмал (ТПК), что позволяет использовать его в формовочном, экструзионном и выдувном оборудовании, применяемом для синтетических пластмасс. К сожалению, ТПК имеет ряд недостатков, таких как сильный гидрофильный характер (чувствительность к воде) и довольно низкие механические свойства по сравнению с обычными полимерами.

Карбоксиметилкрахмал (КМЦ) получают путем обработки картофельного крахмала монохлоруксусной кислотой в спиртовой среде с последующей нейтрализацией смеси и вымачиванием продукта в 8 % спирте. Степень замещения гидроксильных групп в молекуле крахмала карбоксиметильными группами составляет 0,1. Поскольку структурные изменения незначительны, свойства этого крахмала аналогичны свойствам натурального крахмала [4]. Однако из-за частичного разрушения водородных связей происходит некоторое ослабление структуры крахмального зерна. Поэтому крахмал легко растворяется в холодной воде, его растворы более устойчивы к механическим и термическим воздействиям, не склонны к ретроградации и синерезису, что отличает его от природных крахмалов. Для приготовления исходной смеси ПВА с крахмалом в данной работе использовали "холодное" смешение компонентов в высокоскоростном блендере. Для модификации ПВА использовали раствор  $\epsilon$ -капролактама ( $\epsilon$ -CL), а для пластификации ПВА и крахмала – пропиленгликоль (ПГ) и глицерин (ГЛ). Нативный кукурузный крахмал (10 мас. %) и другие наполнители (микроволокно – MW) и древесная мука (WF) – по 10 мас. %) вводились на последней стадии смешивания.

### Библиографический список

1. Валеева Н. Ш., Хасанова Г. Б. Биополимеры – перспективный вектор развития полимерной промышленности // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – №22 – С. 184-187.
2. Вильданов Ф. Ш., Латыпова Ф. Н., Красуцкий П. А. Биоразлагаемые полимеры – современное состояние и перспективы использования // Башкирский химический журнал. 2012. – № 19. – С. 135-139.
3. Physical properties of starch-based foams as affected by extrusion temperature and moisture content // J. Y. Cha [et al.] // Ind. Crops Prod. 2001. Vol. 14. P. 23-30.
4. Павленок А. В., Давыдова О. В., Дробышевская Н. Е., Подденежный Е. Н., Бойко А. А.. Получение и свойства биоразлагаемых композиционных материалов на основе поливинилового спирта и крахмала // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. – 2018. – № 1 (72). – С. 38-46.

УДК 504.05  
ГРНТИ 87.26.11

## ЭКОЛОГИЯ, КОМФОРТ И ОТВЕТСТВЕННОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОСТИ

С. Г. Янчукович Е. В. Королёва  
СПбГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

*Аннотация.* В настоящее время проблема загрязнения пластиковыми отходами производства и потребления является одной из ведущих. Человечество стремится сократить свой углеродный след, создать новое экологичное и биоразлагаемое сырье, а

*также найти новые пути переработки отходов. В данной статье рассмотрены возможности, преимущества и недостатки использования одноразовой посуды из биоразлагаемого материала, а также альтернативы, наиболее подходящие для использования в реалиях нашего времени.*

**Ключевые слова:** одноразовая посуда, экологическая проблема, пластиковая посуда, целлюлозно-бумажная промышленность, бумага, экология.

Целью работы является анализ информации по выпускаемой одноразовой посуде, влиянию используемых в производстве материалов на здоровье людей, окружающую среду и климат, а также выявление наиболее бережной альтернативы одноразовому использованию посуды в современных условиях.

В условиях пандемии, сопровождаемой экономическим кризисом и снижением доходов населения, произошло изменение потребительского спроса и образа жизни людей, особенно в городах. Резко увеличился спрос на покупки товаров через интернет, на доставку готовой еды на дом и в офисы. Поиску альтернативы привычным полимерам послужило вступление в ЕС с июня 2021 года закона об отказе от всех видов одноразового пластика, которому возможна более безопасная для окружающей среды альтернатива. Пластик полностью исчез из ресторанов, кафе и других точек общепита еще в 2020 году за полгода до введения официального запрета.

Это послужило толчком для увеличения рынка по производству одноразовой посуды и новых видов упаковки, например, компания SIG изобрела упаковку Heat&Go из высокобарьерного картона, который защищает продукты от посторонних запахов, света, влаги, выдерживает температуру 60 °С, пригоден для разогрева продуктов в микроволновке.

Данный сегмент будет расти благодаря желанию, маркетингу и популяризации среди потребителей сохранять окружающую среду, используя безопасное возобновляемое экологичное сырье – бумагу и картон – в повседневной упаковке. Российский рынок продукции из гофрокартона будет зависеть от цен на макулатуру и целлюлозу и от динамики цен на рынках Европы и ЮВА. Не менее важной проблемой является низкий нерегулируемый уровень сбора макулатуры [1].

Сегодня в РФ на производство бумажных стаканчиков уходит 32 млн деревьев. Такое сырье является возобновляемым, но увеличение численности населения и каждодневно растущие потребности не дадут возможности восстановить данный ресурс быстро, что приведет к деградации земель и изменению климатических условий жизни на планете.

Все бумажные стаканы делят на два типа:

1 – стаканы для прохладительных напитков, имеют защитное восковое покрытие на обеих сторонах, чтобы предотвратить смачивание бумаги из-за впитывания жидкости (используются редко);

2 – стаканы для горячих напитков, в которых для предотвращения протекания бумаги производители покрывают внутренние – а иногда и внешние – стенки стаканчика специальной полипропиленовой пленкой или наносят LDPE-покрытие.

Оба типа такой упаковки для напитков не смогут служить в качестве вторичного сырья, так как загрязнены пищей или иным трудноотделимым покрытием. Из-за этого такую тару невозможно сдать на переработку – чтобы вновь использовать картон, нужно отделить его от этого вкладыша. Сделать это непросто, ведь покрытие тонкое и к тому же крепко приклеено к бумажной основе [2].

Поэтому компании по переработке макулатуры в России не принимают стаканчики. Даже специализированный завод по переработке ламинированной бумаги отказывается принимать бумажные стаканчики из-под кофе. Помимо сказанного, в месте шва бумага соприкасается с напитком, в связи с чем стаканчики делают не из вторсырья, а из первичной целлюлозы, а значит ради их создания вырубают деревья!

Дальнейший путь данного одноразового «бумажного» стаканчика – полигон или мусоросжигательный завод, в последнем, при сжигании будет выделяться CO<sub>2</sub> – парниковый газ, и, как следствие, влиять на глобальное потепление и изменение климата, которое мы можем ощущать уже сегодня. В России нет налаженной системы раздельного сбора отходов и компостирования, в связи с чем одноразовый стакан без доступа кислорода останется лежать на полигоне, создавая отчуждение плодородных земель вместе с другими видами отходов. В связи с чем данный продукт нельзя назвать действительно «экологичным». К тому же, экологический след бумажной посуды чаще гораздо больше, нежели пластиковой. На дистанции от спила дерева до доставки потребителю готовой продукции сырье проходит порядка 10–12 стадий, включая логистику, при этом почти каждая из них сопровождается выбросами и сбросами загрязняющих веществ в окружающую среду.

В кафе, ресторанах быстрого питания стали использовать одноразовый пластик, так как это дешево, удобно, гигиенично и эстетично. Данная продукция помогла производителям экономить на сырье и выпускать больший объем продукции. Мало кто знает, что при неправильном использовании одноразовая или многоразовая пластиковая посуда определенного типа полимера вредна. Многие исследования показали, что при использовании низкокачественных и дешевых видов сырья, из которых в 8 из 10 случаев изготовлена одноразовая посуда, она может выделять канцерогенные вещества, как следствие, вызывать серьезные заболевания в организме человека.

В конце XX века стало очевидным, что достоинства пластиковой посуды и всевозможных изделий из пластика, вытеснивших бумажную и картонную упаковку, обернулись планетарной проблемой. Невозможность вторичной переработки и безопасной утилизации определенных типов пластиковой упаковки приводит к загрязнению территорий, воды, почв и воздуха, что способствует глобальному потеплению и различным природным бедствиям. Также пластик имеет свойство истирания и измельчения, превращаясь в микропластик, который попадает в наш организм ежедневно. По некоторым данным каждую неделю человек съедает примерно пластиковую карточку, а ученые обнаружили микропластик даже в плаценте женщины. Последствия такого загрязнения на сегодняшний день оценить трудно, ведь человечество столкнулось с этим стихийным загрязнением относительно недавно.

Для того чтобы решить проблему пластикового мусора, нужно полностью пересмотреть весь процесс от производства пластика, его использования и утилизации; будущее за циклическим производством и ответственным потребителем [3].

Сегодня в Россию постепенно приходит осознание пластиковой катастрофы, в связи с чем активно развивается переработка и раздельный сбор отходов. О том, что правительство РФ готовит поправки в законодательство о запрете использования пластика, из не перерабатываемых и трудно извлекаемых материалов и полный отказ от одноразовой пластиковой посуды, заявила вице-премьер Виктория Абраменко в мае 2021 года на Международном Форуме в Санкт-Петербурге. Данную инициативу поддержали Министерство природных ресурсов и Совет по правам человека при президенте РФ.

Проведенные опросы показали, что представители общепита и торговли спокойно воспринимают известие о переходе на одноразовую посуду и упаковку из биоразлагаемых материалов (бумага и картон) вместо полимерных материалов несмотря на то, что она дороже пластика в полтора раза. Население часто готово переплачивать или же «голосовать рублем» за зеленые инициативы, но в настоящее время бумажная посуда не является экологичной по отношению к пластиковой, так как она ламинируется, и такой материал не перерабатывается, попадая в океан бумажная основа растворяется, а ламинирующая пленка остается, убивая флору и фауну океанов.

На основании представленного материала можно сделать выводы:

1. Прежде чем ввести полный запрет на перерабатываемый пластик, надо найти ему достойную замену и развивать отрасли по его переработке.

2. Упаковка из бумаги и картона, которую декларируют как биоразлагаемую, пригодную для повторной переработки и использования, таковой не является, а наличие ламинированной пленки требует создания новых предприятий и линий по переработке, которых в настоящее время нет.

3. Самым экологичным и действительно рабочим стерильным вариантом на сегодняшний день является ваша собственная многоразовая кружка или складной стакан, который прослужит вам дольше, сэкономит денежные средства и ресурсы планеты. Покупая напитки в свою тару, часто можно получить скидку в заведениях и сократить свой углеродный след.

Остается надеяться, что вскоре мы найдем пути решения загрязнения и сможем снизить нагрузку на окружающую среду, изменив привычки и проявив ответственность в потреблении.

### Библиографический список

1. Протасов В. Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России: учеб. и справ. пособие. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 670 с.
2. Елдышев Ю. Н. Мир против пластиковых пакетов // Экология и жизнь. – 2011. – № 7. С. 42-43.
3. Приставка Е. А. Какие проблемы у переработки пластика в России // Тара и Упаковка. – 2021. – № 4. – С.46.

УДК 504.453  
ГРНТИ 70.27.11

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИСТОЧНИКОВ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БАССЕЙН СУЗДАЛЬСКИХ ОЗЕР (САНКТ-ПЕТЕРБУРГ) ПО КОНЦЕНТРАЦИИ ИОНОВ АММОНИЯ И НИТРИТОВ

А. А. Образцова  
СПбГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

***Аннотация.** Проведена исследовательская работа, включающая полевые исследования, отбор и анализ проб воды бассейна Суздальских озёр. В результате работы сделан анализ научной литературы и интернет-ресурсов, связанных с источниками негативного воздействия на исследуемые водные объекты. Выполнен анализ результатов по изменению концентраций от истока к устью бассейна и проведено сравнение с ПДК.*

***Ключевые слова:** аммоний, нитриты, колориметрия, водные объекты, концентрация, экологическое состояние, Суздальские озёра, источники воздействия, определены источники воздействия и постоянные энергетические участки воздействия.*

Цель работы: оценить влияние от источников на бассейн Суздальских озер по содержанию в воде ионов аммония и нитритов.

Задачи: изучить методику отбора проб воды и колориметрического метода анализа для определения ионов аммония и нитритов; отобрать пробы воды в точках контроля; экспериментально определить содержание ионов аммония и нитритов в исследуемых водных объектах; определить источники негативного воздействия, влияющие на содержание ионов аммония и нитритов в водоёмах; сделать сравнительный анализ полученных результатов.

Объекты исследования: река Старожиловка, Нижнее Суздальское озеро, Среднее Суздальское озеро, Верхнее Суздальское озеро, река Каменка, Шуваловский карьер,

Лахтинский разлив. Исследуемые водные объекты находятся в Выборгском и Приморском районах Санкт-Петербурга, во Всеволожском районе Ленинградской области.

Предмет исследования: содержание ионов аммония и нитритов в исследуемых водных объектах.

Нижнее Суздальское озеро самое большое из трёх озёр, имеет почти 2 км в длину и 600 м в ширину. На берегах этого озера находятся жилые дома, крупные современные постройки, Шуваловское кладбище. Такое близкое расположение водоёмов с техногенными объектами негативно влияет на его экосистему. Кроме того, с севера в озеро впадает река Старожиловка, которая сильно загрязнена. А на западе из озера вытекает река Каменка, что создаёт проточность в Северной части Нижнего Суздальского озера.

Среднее Суздальское озеро – 400 м в длину, 250 м в ширину – окружено деревьями, пляжами, рекреационной зоной, включающей комплекс по вейкбордингу. В летний период активная деятельность людей особенно негативно сказывается на результатах в пробах.

Верхнее Суздальское озеро расположено севернее Поклонной горы. Средняя глубина 2,5–3 м (максимальная – 11 м), длина – 600 м, ширина – 450 м. Это озеро полностью приспособили для комфортного отдыха человека, и поэтому Верхнее Суздальское озеро испытывает большую антропогенную нагрузку. [1,2,3]

Метод анализа: колориметрирование исследуемых образцов воды на фотоэлектроколориметре КФК-3 с последующим расчетом концентрации по калибровочным графикам согласно методическим указаниям [5-6].

Практическая часть работы, анализ результатов.

Исследования, освещаемые в статье, проходили в 74 Межрегиональной с международным участием Биос-школе дистанционного мониторинга, проведённой в период с 1 по 10 ноября 2021 г. Полевые исследования и отбор проб проходили на водоёмах, находящихся в бассейне северо-восточной части Финского залива, а лабораторный анализ и основная часть программы Биос-школы – в Учебно-образовательном центре «Академия» СЗИУ РАНХиГС в пос. Молодежное, г. Санкт-Петербург. Обзорная статья по всем водным объектам подготовлена для публикации в сборнике материалов XXVI Международного Биос-форума и молодежной Биос-олимпиады 2021. Фотографии с объектов исследования представлены на рис. 1–3.



Рис. 1. Отбор проб воды на точке 42/6 у Лахтинского центра, конец канала



Рис. 2. Отбор проб воды на точке 42/3, Шуваловский карьер



Рис. 3. Отбор проб воды на точке 45/3, река Старожиловка (Западный вход в Шуваловский парк, у моста)

Во время отбора проб было проведено визуальное оценивание состояния окружающей среды в местах, где находился тот или иной водоём, чтобы после проведения опытов в лаборатории мы могли предположить, по какой причине в одной точке превышены показатели, а в другой нет. Общий вывод, который мы сделали: значения показателей во многих точках превышают ПДК, и мы считаем, что это во многом связано с деятельностью человека и непосредственной близостью жилых домов к водным объектам.

Далее представлен анализ результатов по водному бассейну Суздальских озёр по диаграммам и картам. В начале по аммонии (рис. 4), а в дальнейшем по нитритам (рис. 9). Полученные концентрации сравниваются с предельно допустимой концентрацией рыбохозяйственного значения (ПДК рх).

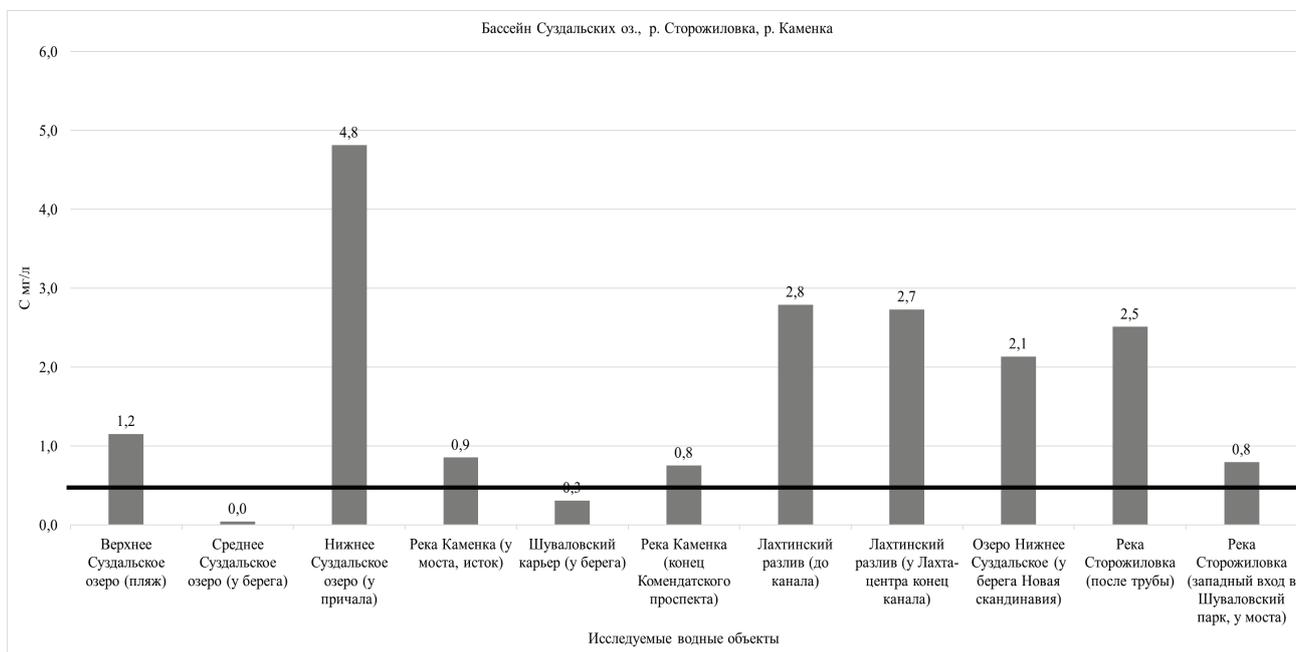


Рис. 4. Диаграмма концентрации аммония по бассейну Суздальских озёр, реки Старожиловка и реки Каменка (ПДК = 0,5 мг/л)

После проведения всех опытов была обнаружена повышенная концентрация ионов аммония, которая наблюдается у большинства исследуемых проб. Концентрации аммония соответствуют ПДК рх только в точках 34/1 и 42/3. Некоторые образцы относятся к бассейну одного водоёма, но имеют большое различие в количественном значении содержания ионов аммония.

Так, например, в точке 45/3 – река Старожиловка (западный вход в Шуваловский парк, у моста) – есть небольшое превышение ионов аммония в 1,6 раз. Предположительно, это связано с деятельностью человека, так как недалеко от места отбора проб расположен огород, который обрабатывается азотными удобрениями. Дожди вымывают почву и часть азотных соединений попадает в водоём. Именно с этим объектом связано превышенное содержание не только ионов аммония, но и нитритов. А вот дальше по течению в точке 45 – река Старожиловка (после трубы) – замечено превышение ионов аммония в 5 раз (рис. 5). Такое резкое увеличение можно объяснить либо локальным влиянием местности и инфраструктуры, т.к. река протекает по трубе над дорогой протяжённостью 391 м., либо влиянием Нижних Суздальских озёр, где во многих точках обнаружено превышение. В точке 43/1 – Озеро Нижнее Суздальское (у берега Новая Скандинавия) – наблюдается превышение ионов аммония в 4,2 раза, а в точке 39 – Нижнее Суздальское озеро (у причала) – содержание ионов аммония значительно превышено в 9,6 раз. Скорее всего, это связано с тем, что дома, расположенные вдоль берегов этого озера, сбрасывают плохо очищенные сточные воды, кроме того, вода в Нижнем Суздальском озере слабо-проточная (рис. 6).



Рис. 5. Карта с изображением исследуемых точек 45, 45/3

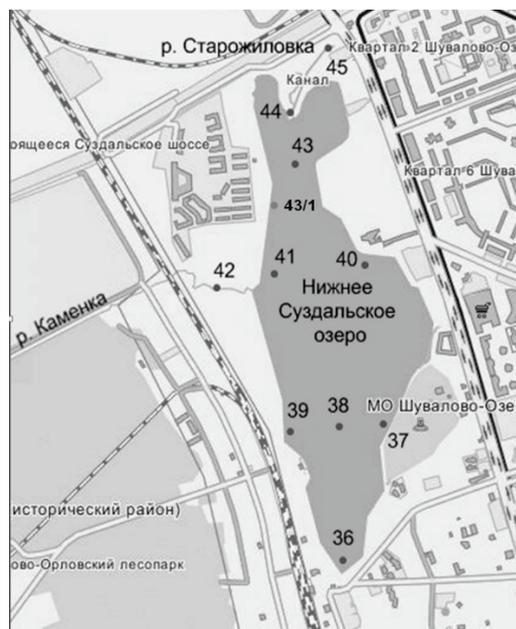


Рис. 6. Карта с изображением точек 45, 43/1

В расположенном рядом Среднем Суздальском озере в точке **34/1** содержание ионов аммония в норме. Скорее всего это связано с тем, что летом на данной территории распространен спортивный вид отдыха и с окончанием сезона всякая деятельность на этой территории прекращается.

В точке **30/1** – Верхнее Суздальское озеро (пляж) – наблюдается превышение ионов аммония в 2,4 раза. Предположительно, это связано с деятельностью человека. Летом местные жители на этой территории устраивают пляжный отдых с едой и напитками, чем вызывают значительное превышение ионов аммония. Загрязнение так велико, что даже осенью в этой точке наблюдается превышение аммония (рис. 7).

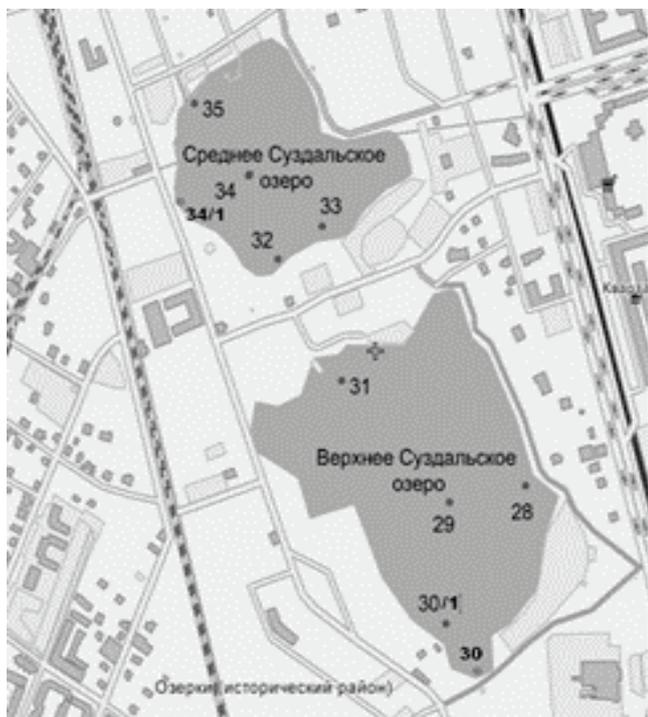


Рис. 7. Карта с изображением исследуемых точек 30/1, 34/1, 39

В точке 42 – Река Каменка (у моста, исток) – содержание ионов аммония превышено в 1,8 раз. Это связано с тем, что эта река берёт начало из сильно загрязнённого Нижнего Суздальского озера, но из-за устойчивого течения реки концентрация снижается.

В Шуваловском карьере (у берега) в точке 42/3 содержание ионов аммония в норме, что указывает на хорошее состояние озера и отсутствие источников поступления N-ых соединений.

В пробах Лахтинского разлива содержание ионов аммония превышено в 5,6 раз. Это легко объясняется, ведь рядом с местами отбора этих проб проводятся ремонтные работы по облагораживанию набережной, загрязнения и сточные воды от стройки попадают в водоём, что и даёт превышение по ионам аммония (рис. 8).

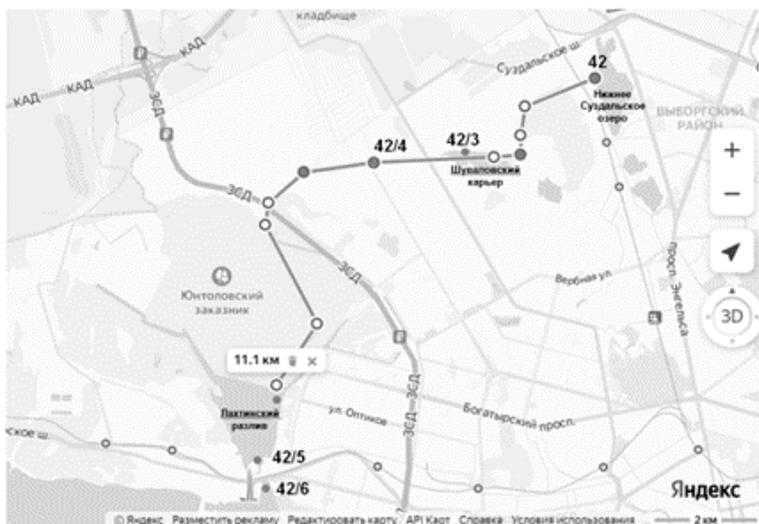


Рис. 8. Карта с изображением исследуемых точек 42, 42/3, 42/4, 42/5, 42/6

Содержание нитритов в большинстве исследуемых пробах не превышает ПДК = 0,08 мг/л (рис. 9), а если превышает, то незначительно, превышение равно 0,01 мг/л. Имеющееся превышение подтверждает сильное загрязнение Нижнего Суздальского озера и реки Старожиловки. Небольшое количество нитритов связано с сезонными колебаниями. В осенний период из-за хорошего насыщения воды растворенным кислородом нитриты переходят в нитраты.



Рис. 9. Диаграмма концентрации нитритов по бассейнам разных водоёмов (ПДК = 0,08 мг/л)

**Заключение.** В результате проделанной работы можно сказать, что несмотря на то, что озёра и водная сеть, которую они образуют, имеют очень близкое расположение, влияние человека на них и их состояние совершенно разное. Удивительно, что водоёмы, которые окружены похожей внешней средой и которые ещё совсем недавно существовали как единый водоём (Верхнее, Среднее и Нижнее Суздальские озёра были соединены поверхностными водотоками), сейчас имеют такие разные показатели. И, к сожалению, не все они в норме. Человек должен более ответственно подходить к охране водных объектов, чтобы сохранить их природную самобытность.

В ходе детального анализа результатов обнаружено негативное влияние реки Старожиловки на Северную часть Нижнего Суздальского озера (которая в него впадает), что требует поиска и устранения источников воздействия. Выше по течению реки Старожиловки в Шуваловском парке также обнаружены превышения, но по меньшему числу показателей. Превышения по ряду показателей, в том числе цветности и мутности в устье Лахтинского разлива, вызваны строительными работами по берегоукреплению канала от Лахтинского разлива до Финского залива.

На основании полученных результатов полевых исследований и лабораторного анализа проб воды исследуемого бассейна можно сделать вывод о имеющейся значительной антропогенной нагрузке на водные объекты, выражающейся в превышении предельно допустимых концентраций (ПДК) для объектов рыбохозяйственного назначения по целому ряду показателей. К таким показателям относятся содержание азотных и фосфорных соединений, цветность и мутность, а также органические вещества.

Для оценки экологического состояния водных объектов с последующим обоснованием природоохранных мероприятий требуется разработать программу контроля водного бассейна с учетом известных источников негативного воздействия и сезонных изменений. Также провести анализ изменений концентраций загрязняющих веществ в динамике.

### **Библиографический список**

1. Дроздов В. В., Рязанов Г. С. Оценка экологического состояния Суздальских озёр Санкт-Петербурга по гидробиологическим показателям // Ученые записки. Геология. – 2006 – № 2. – С. 296.
2. Кондратьев С. А. Водные объекты в условиях интенсивного техногенеза: методология мониторинга и критерии допустимой нагрузки // Науки о Земле: Информационный бюллетень РФФИ. – 1998. – № 6. – С. 67.
3. Панютин Н. А., Трушевский В. Л., Паршина Т. В., Потапова Т. М. Опыт оценки водообмена городских водоёмов на примере Суздальских озёр / сборник докладов международной научной конференции памяти выдающегося русского ученого Юрия Борисовича Виноградова / Санкт-Петербургский государственный университет. – СПб: ООО "Издательство ВВМ". – 2020. – С. 985-989.
4. Аккредитованный испытательный лабораторный центр "Нортест". – URL: <https://nortest.pro/stati/voda/nitrity-v-vode.html> (дата обращения: 09.09.2021).
5. ПНД Ф 14.1:2:43-95 Методика измерений массовой концентрации нитрит-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Грисса. – Москва, 2011.
6. ПНД Ф 14.1:2:4.262-10. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации ионов аммония в питьевых, поверхностных (в том числе морских) и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера. – Москва, 2012.
7. Кушнеров А. И., Грудкова К. В., Водянова А. А., Калинин Н. Ю. Определение содержания ионов аммония методом колориметрии в водных объектах ленинградской области: сборник материалов XXII Международного Биос-форума-2017 / Составители: профессор Шишкин А. И., доцент А. В. Епифанов, к.б.н. Ю. Н. Бубличенко, Н. Ю. Быстрова. – СПб., 2017. – С. 127-131.

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА ВЕСЕННИЙ И ЛЕТНИЙ ПЕРИОДЫ 2021 ГОДА

Д. И. Пузырёва  
СПбГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

***Аннотация.** В весенний и летний периоды 2021 года был проведён ряд исследований для оценки и прогноза качества природных вод Санкт-Петербурга и Ленинградской области по гидробиологическим интегральным показателям. Проведен отбор проб воды и донных отложений в водных объектах Курортного района Санкт-Петербурга и Выборгского района Ленинградской области. По результатам лабораторного гидробиологического анализа рассчитаны олигохетный индекс Гуднайта-Уотлея, индекс Вудивисса, индекс Майера, индекс сапробности и индекс Шеннона. Дана сравнительная оценка экологического состояния водоёмов по сезонам в зависимости от изменения гидрометеорологических условий и сформулированы выводы о влиянии загрязнения на численность зоопланктонных и зообентосных организмов исследуемых водных экосистем.*

***Ключевые слова:** гидробиология, антропогенная нагрузка, органическое вещество, биоиндикация, зоопланктон, зообентос, оценка качества водного объекта, трофность, сапробность, гидробиологический мониторинг.*

Для улучшения качества водных ресурсов необходима комплексная оценка состояния воды по физическим, гидрохимическим и гидробиологическим показателям и индексам. Оценка состояния водного объекта исключительно по данным о количестве содержащихся загрязняющих веществ или величине физико-химических показателей не даёт полной объективной картины. Целью данного исследования являлась сравнительная оценка качества водных объектов Курортного района Санкт-Петербурга и Выборгского района Ленинградской области за весенний и летний периоды 2021 года. О естественных (сезонных) и антропогенных трансформациях внутри водоёмов свидетельствуют изменения в структуре населяющих их сообществ. Учёту подлежат поведенческие, физиологические и биохимические реакции организмов, наиболее чутко реагирующих на стрессовые факторы, в том числе и на загрязнение водоёмов.

Использование методов биоиндикации позволяет по присутствию определённых индикаторных групп установить класс качества воды и определить уровни сапробности и трофности исследуемого водоёма [1]. Под сапробностью понимается комплекс физиологических свойств зоопланктонного организма, обуславливающий его способность обитать в воде с определённым содержанием органических соединений, которое указывает на уровень загрязнённости водоёма [2]. Трофность водного объекта характеризует количество биомассы и продукции органических и биогенных элементов, прежде всего азота и фосфора, [3,4] при определённом кислородном и температурном режимах водоёма. В зависимости от количества синтезируемых веществ меняется биологическая продуктивность водоёма, биомасса водной растительности и, как следствие, биологическое равновесие водоёма.

Видовой состав живых организмов, как и качество водных ресурсов урбанизированных территорий напрямую зависит от фоновых концентраций веществ. Естественные процессы в отсутствие техногенного влияния поддерживают сезонную изменчивость в поведении сообществ. Ежегодные локальные воздействия на водные объекты вызывают нехарактерные превращения и нарушение видового баланса.

В данной работе для оценки качества водных объектов методом биоиндикации были применены такие гидробиологические индексы, как олигохетный индекс Гуднай-Уотлея, индекс Вудивисса, индекс Майера – по зообентосным сообществам, а по численности зоопланктона рассчитаны индексы сапробности S и Шенона H.

Зоопланктон не способен сопротивляться течению и постоянно обитает в толще воды, благодаря чему способствует переносу и круговороту органических и неорганических веществ в экосистеме. В силу своего положения в трофической цепи зоопланктонное сообщество играет важную роль в передаче энергии от фитопланктона к нектону, минерализации органики, фильтровании и самоочищении водоёмов. Последние отличаются большей продолжительностью жизни и восприимчивостью к накапливаемым токсикантам.

Зообентосные организмы отличаются оседлостью в силу своей неспособности покидать бенталь на длительное время. Данные организмы указывают не только на свойства воды, но и донных отложений, аккумулирующих загрязняющие вещества – тяжёлые металлы, токсичные органические соединения. Донные отложения с одной стороны оказывают содействие самоочищению водной среды, а с другой могут являться источником вторичного загрязнения водных объектов. Сдвиги в зообентосных сообществах происходят при длительном антропогенном загрязнении, приводящем к необратимым последствиям.

В рамках многолетнего экологического мониторинга [5] для оценки текущего состояния водных ресурсов за весенний и летний периоды 2021 года был исследован ряд водных объектов Санкт-Петербурга и Выборгского района Ленинградской области, среди которых оз. Блюдечко, оз. Серебряное, оз. Придорожное, оз. Гладышевское, оз. Щучье, р. Чёрная, р. Приветная, р. Малая Сестра, Смолячков ручей, канал Ржавая канава, Сестрорецкий разлив и три прибрежных участка Финского залива: 1 – прибрежная зона напротив р. Приветная и неподалёку от старого устья реки, на побережье находится пансионат «Восток – б», 2 – прибрежная зона рядом с домом отдыха «Театральный», 3 – напротив Водосливного канала от р. Малая Сестра.

Результаты гидробиологического исследования водных объектов за май и июль 2021 года представлены на рисунках 1–5.

При действующей системе нормирования допустимых нагрузок не должны возникать нежелательные для живых организмов последствия и понижения классов качества среды. Каждый компонент водного объекта имеет допустимый диапазон концентраций в воде, в пределах которого гидробионты способны к оптимальной жизнедеятельности.

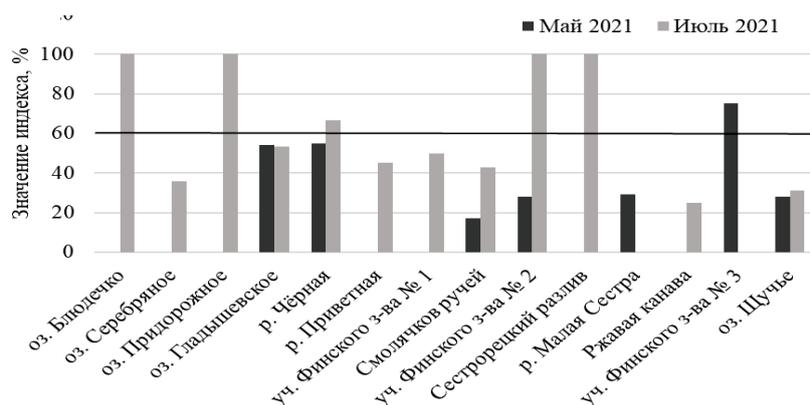


Рис. 1. Сравнение величин олигохетного индекса Гуднай-Уотлея

Максимального значения весной и летом олигохетный индекс Гуднай-Уотлея достиг на участках Финского залива № 2 и 3 вблизи ресторана «Русская рыбалка» и зоны отдыха «Пляжный рай», в оз. Блюдечко, оз. Придорожном, в бассейне Сестрорецкого разлива. В данных точках наблюдается наибольшее процентное отношение численности олигохет к общей численности донных беспозвоночных, а класс качества воды соответствует очень грязной. В трёх водных объектах – р. Черная, Смолячково ручье и прибрежном участке

Финского залива №2, происходит понижение класса качества воды. В отсутствии группы *Oligochaeta* в ряде проб индекс приравнивается к нулю, соответствуя 1 классу качества воды, и требует перепроверки по другим индексам и обнаруженным организмам. Обнаруженные в пробах олигохеты обычно обитают в толще грунта и достигают большей численности в присутствии легкоокисляемой органики, сам же индекс в большей степени отражает загрязненность донных отложений.

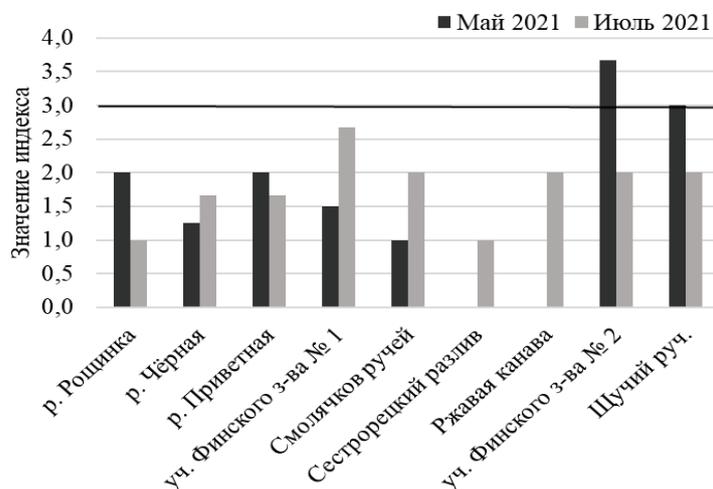


Рис. 2. Сравнение величин биотического индекса Вудивисса

Согласно индексу Вудивисса по мере увеличения интенсивности загрязнения сначала из состава донной фауны выпадают наиболее чувствительные группы животных – веснянки, подёнки, затем ручейники и менее чувствительные организмы [3]. По обнаруженным индикаторным группам определяется значение индекса; когда оно достигает шести, водный объект уже характеризуется, как умеренно-грязный.

На основе показательных организмов, найденных в пробах, участок Финского залива №3, как и Щучий ручей соответствуют максимальному значению в то время, как оно обратно пропорционально классу качества воды. Летом значение индекса в этих же объектах и в р. Рошинка падает, а летом незначительно увеличивается в р. Чёрная и Смолячково ручье. За всё время исследованная минимальная величина индекса была определена для Смолячкова ручья и р. Гладышевки. Всего в 8 водных объектах вода может быть охарактеризована как очень грязная. В Смолячково ручье и на участках Финского залива № 1 класс качества воды летом ухудшился.

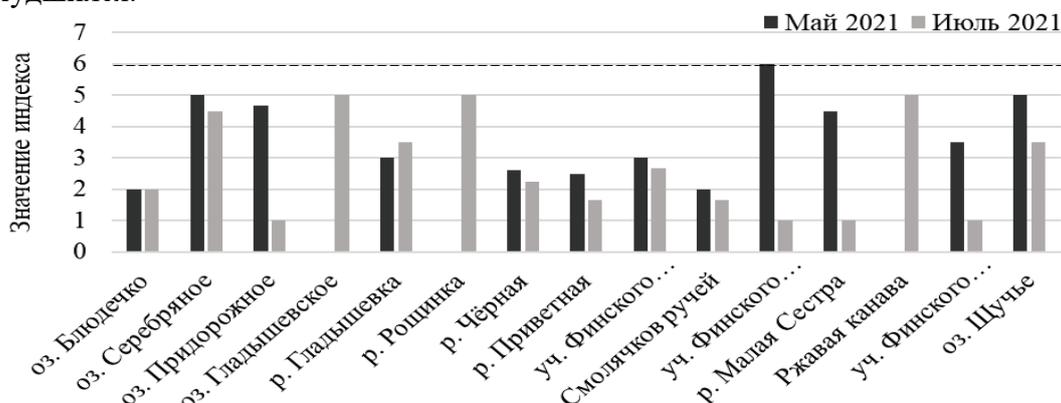


Рис. 3. Сравнение величин индекса Майера

Индекс Майера в гидробиологическом анализе водных объектов считается одним из наиболее универсальных и доступных индексов. Согласно результатам расчета и в весенний, и в летний периоды все рассмотренные водные объекты не выходят за пределы четвертого класса качества воды и являются грязными. Летом наблюдается негативная тенденция на

понижение индекса в оз. Придорожном, р. Малая Сестра, на прибрежных участках Финского залива № 2 и 3. Чем больше значение индекса, тем класс качества воды выше. Однако разрыв между необходимыми и установленными значениями достаточно велик: воду можно назвать чистой лишь при достижении 22 баллов по шкале индекса, в то время как максимальное значение соответствует 6 баллам.

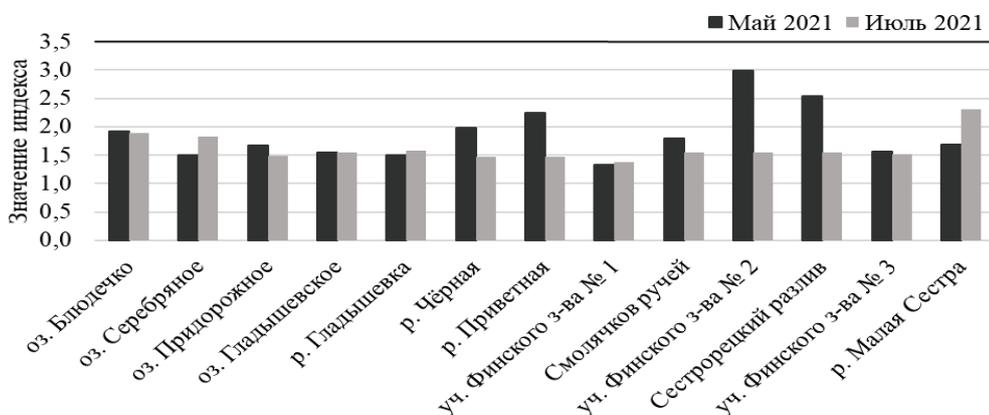


Рис. 4. Сравнение величин индекса сапробности

При оценке воды по степени обогащения органическими веществами был использован индекс сапробности. Система сапробности предполагает, что водоём состоит из различных зон, отличающихся определёнными условиями [6]. В зависимости от глубины и целого комплекса гидроэкологических параметров меняется кислородный и органический баланс участка водного объекта, не характеризующий его как однозначно загрязнённый. Даже в пределах нескольких метров зоопланктон может распределяться неравномерно, что вполне характерно для данного сообщества. Именно поэтому особо показательны пробы, взятые с глубины, когда планктонной сетью можно захватить максимальное число организмов. В рамках данного исследования с глубины удалось отобрать пробы в таких озёрах, как Щучье, Придорожное, Серебряное и Блюдецко.

По итогам исследования значительные изменения выявлены не были. Ухудшение класса качества водного объекта и переход от чистой воды (олигосапробной) к умеренно-грязной (β-мезасапробной) воде произошёл в р. Гладышевка. Подобный переход может быть обусловлен преобладанием окислительных процессов над восстановительными, интенсивным фотосинтезом растений, высоким содержанием кислорода в воде, увеличением содержания аммонийных соединений и нитратов и уменьшением органических примесей. Незначительное улучшение качества воды можно наблюдать на участке Финского залива № 2.

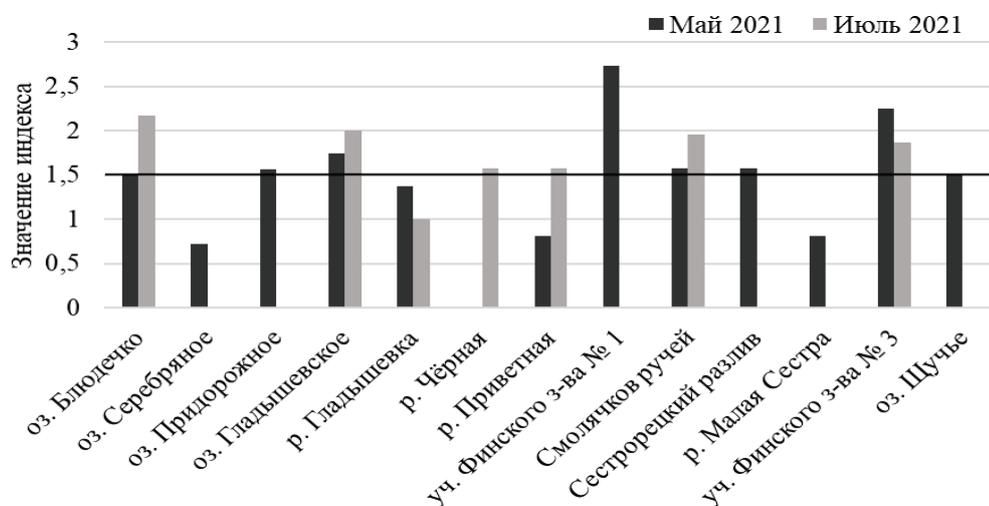


Рис. 5. Сравнение величин индекса Шеннона

Индекс Шеннона учитывает число видов гидробионтов и степень их доминирования. Уменьшение индекса видового разнообразия часто означает увеличение биогенной нагрузки. В июле наблюдается рост индекса в озере Блюдечко, в реке Приветная и уменьшение – в реке Гладышевка.

**Заключение.** За весенний и летний периоды 2021 года сформирована база данных гидробиологического мониторинга. За это время отобрано и проанализировано 60 проб воды и 76 проб донных отложений, дана оценка численности и видового разнообразия зоопланктонных и зообентосных сообществ. Произведён расчёт и сформулированы выводы о классе качества водных объектов Санкт-Петербурга и Ленинградской области. По комплексу гидробиологических индексов к наиболее загрязнённым водным объектам относятся Ржавая канава, Смолячков ручей, участок Финского залива № 2, река Чёрная. В большинстве водоёмов хотя бы по одному индексу наблюдалось ухудшение класса качества воды при переходе от весеннего периода к летнему. Изменение трофности водоёмов обычно обусловлено естественными температурными перепадами и развитием фитопланктона, однако значительные ухудшения наблюдаются именно в разгар туристического сезона [7]. В июне и июле наблюдался резкий рост туристического потока на побережья рассматриваемых водных объектов. Как следствие, это привело к изменению береговой линии, химического состава воды, мутности, а также нанесло ущерб акватории.

Результаты оценки могут быть использованы органами исполнительной власти в области экологического надзора в рамках проведения ежегодного мониторинга водных объектов Курортного района г. Санкт-Петербурга и Выборгского района Ленинградской области.

#### **Библиографический список**

1. Зуева Н. В., Алексеев Д. К., Куличенко А. Ю., Примак Е. А., Зуев Ю. А., Воякина Е. Ю., Степанова А. Б. Биоиндикация и биотестирование в пресноводных экосистемах: учебное пособие для высших учебных заведений. – СПб.: РГГМУ, 2019. – 140 с.
2. Шитиков В. К., Розенберг Г. С., Зинченко Т. Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.
3. Измайлова Н. Л., Ляшенко О. А., Антонов И. В. Биотестирование и биоиндикация состояния водных объектов: учебно-методическое пособие к лабораторным работам по прохождению учебной (ознакомительной) практики/ СПбГТУРП. – СПб., 2014. – 52 с.
4. Неверова-Дзиопак, Е. Оценка трофического состояния поверхностных вод: монография / Е. Неверова-Дзиопак, Л. И. Цветкова ; СПбГАСУ. – СПб., 2020. – 176 с.
5. База данных 2018621704 РФ. Гидроэкологические данные бассейна северо-восточной части Финского залива по сезонам за период 2001-2018 гг. // Кушнеров А.И., Шишкин А.И., Епифанов А.В., Антонов И.В., Епифанова М.А. Свидетельство о регистрации базы данных 2018621704. Заявлено 23.10.2018.; Опубл. 31.10.2018, Бюл. № 11.
6. Хотько Н. И. Биомониторинг окружающей среды в районах размещения опасных промышленных объектов. Теория и практика. – Саратов, ГосНИИЭНП, 2015 – 184 с.
7. Шишкин А. И., Строганова М. С., Иванова И. А., Иванова В. В. Комплексная гидрохимическая и гидробиологическая оценка качества водных объектов бассейна северной части Финского залива: Труды Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, приуроченной к 145-летию Севастопольской биологической станции: в 3 томах. – Севастополь, 2016. – С. 481-484.

## СТРАТЕГИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОСВЕЩЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ г. САРАТОВА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ РАЗДЕЛЬНОГО СБОРА ОТХОДОВ И РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ РАСШИРЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ПРОИЗВОДИТЕЛЯ

В. В. Солдатова<sup>1</sup>, А. А. Фомина<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский университет ИТМО

197101, Россия, Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, дом 49

<sup>2</sup>Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

410054, Россия, Саратов, улица Политехническая, дом 77

***Аннотация.** В работе была проведена оценка сложившейся в Саратове ситуации по сбору, накоплению и утилизации твердых коммунальных отходов и разработана стратегия совершенствования этой системы путем экологического образования и просвещения населения. Разработан и проведен опрос жителей города по готовности и вовлеченности в раздельный сбор и сортировку отходов. Разработан уникальный для региона образовательный мастер-класс, нацеленный на развитие экологического мышления и формирование навыков раздельного сбора отходов.*

***Ключевые слова:** раздельный сбор отходов, экологическое образование, расширенная ответственность производителя, региональный оператор.*

Вопросы, связанные с обращением с отходами, косвенно влияют на многие сферы социальной и экономической жизни страны. От их решения зависят и уровень комфорта городской среды, и качество жизни граждан. На данный момент близка к критической ситуация с официальными полигонами. При существующих темпах роста объемов твердых коммунальных отходов (ТКО) (1–2 % в год) в 32 регионах их мощности будут исчерпаны до 2024 года, а в 17 из них – до 2022 года. При этом возможностей создать новые полигоны у большинства регионов нет. Требуют пересмотра и региональные программы обращения с отходами, в том числе в Саратовской области. В связи с этим целью работы стала разработка стратегии по реализации системы раздельного сбора отходов путем экологического образования в г. Саратове.

Проблема обращения с отходами уже давно имеет глобальный характер, и в настоящее время управление ими включено в качестве задачи в Цель устойчивого развития ООН № 12 «Обеспечение устойчивых моделей потребления и производства». Иерархия обращения с отходами заключается в следующих этапах: сокращать образование отходов, увеличивать объемы переработки и повторного использования, внедрять экологичные способы захоронения отходов при отсутствии возможных альтернатив [1].

Большую часть отходов потребления составляет тара и упаковка от товаров, что обуславливает необходимость регулирования ее производства и утилизации. Именно эту проблему призвана решить концепция расширенной ответственности производителя (РОП). Это механизм экономического регулирования, согласно которому производитель и импортёр товаров обязаны утилизировать произведенную или ввезенную ими на территорию страны продукцию в конце её жизненного цикла после утраты потребительских свойств. Расчет ставок экологического сбора должен базироваться на следующем принципе: ставка должна быть тем больше, чем менее "экологичным", трудноперерабатываемым является соответствующий товар, упаковка [2, 3].

Для этого необходимо выделить такие товары из прочих коммунальных отходов. Сортировка отходов является важнейшим технологическим процессом обогащения отходов, который предшествует любому методу их переработки и обезвреживания. В общем случае назначение сортировки ТКО заключается в выделении ценных компонентов ТКО для их

вторичного использования, а также с целью оптимизации состава отходов для последующих этапов переработки.

Принципиально возможны два направления обогащения ТКО – селективный сбор в местах образования и сортировка на заводах (механизированная и ручная). При этом возможны три варианта организации селективного сбора ТКО в местах их образования: чисто селективный (покомпонентный) сбор отходов в различные контейнеры и, так называемый, коллективно-селективный сбор ряда компонентов в один контейнер. Одним из важнейших мероприятий в области обращения с отходами, в том числе ТКО, является третий вариант – раздельный сбор вторичного сырья, посредством организации стационарных и передвижных пунктов приема [4, 5].

Для реализации раздельного сбора отходов необходимо просвещать население, однако законодательно закреплена лишь необходимость общего экологического образования и возможность его реализации, в то время как ничего не сказано именно про образование в сфере обращения с отходами, которое становится не просто желательным, а необходимым навыком любого гражданина в современных реалиях [6].

В процессе изучения сложившейся ситуации в стране и регионе возникла необходимость выяснения мнения жителей Саратова, их осведомленности о сложившейся ситуации, отношения к раздельному сбору отходов, так как аналогичные исследования не проводились. Существующие всероссийские опросы показывают, что все больший процент населения готов разделять коммунальные отходы в домохозяйствах, в то время как недоверие к региональным операторам и недостаточная информированность о правилах раздельного сбора также имеют место [7].

По результатам опроса, проводившегося дистанционно среди 102 респондентов посредством Google форм, был сформирован ряд выводов. Молодежь в лице студентов, так же, как и более старшее поколение, сильно обеспокоена проблемами образования и накопления отходов. Их сильно тревожит сложившаяся модель перепотребления и нерационального использования природных ресурсов. Практически все опрошенные считают, что действия индивидов в решении проблемы раздельного сбора отходов важны в той или иной мере. Более того, многие из опрошенных уже вносят посильный вклад в решение этой проблемы, выделяя и сдавая отдельно некоторые виды отходов, даже учитывая, что инфраструктура для этого не всегда находится поблизости и приходится добираться на транспорте. Для вовлечения большего количества жителей, особенно в возрасте до 50 лет, в систему раздельного сбора отходов необходимо развивать социальные сети региональных операторов и волонтерских инициатив, транслировать рекламу по телевидению и устанавливать рекламные стенды. Помимо этого, стоит популяризовать экологичный образ жизни посредством мобильных приложений и точечной работы с каждым домохозяйством через жилищные управляющие компании. Дополнительными инструментами, помогающими начать, а впоследствии эффективно реализовывать РСО, отмечены доступность инфраструктуры, прозрачность логистики, наглядные руководства, актуализация проблемы в глазах населения. Наряду с этим, волонтерские проекты по приему вторсырья могут стимулировать граждан бонусами компаний-партнеров.

На основании проделанной работы был сформирован ряд рекомендаций по реализации системы экологического просвещения в сфере обращения с отходами, которые были направлены администрации города, региональному оператору и министерству природных ресурсов и экологии Саратовской области, чтобы успешно внедрить в дальнейшем раздельный сбор отходов в соответствии с государственной политикой в этом вопросе.

Дополнительно для решения проблемы дефицита достоверной экологической информации предлагается уникальная методическая разработка адаптивного мастер-класса, формирующего навык сортировки отходов, наравне с экологическим мышлением. Данный мастер-класс уже был успешно апробирован на практике среди студентов и школьников и получил большой отклик.

## Библиографический список

1. Мусорная реформа [Электронный ресурс] // Бюллетень Счётной Палаты РФ, 2020. – № 9 (274). – URL: [https://ach.gov.ru/upload/iblock/462/46234\\_b3e3624fcccbb8bace5c892f2f4.pdf](https://ach.gov.ru/upload/iblock/462/46234_b3e3624fcccbb8bace5c892f2f4.pdf) (дата обращения: 20.04.2021).
2. Концепция Правительства РФ от 28.12.2020 № 12888п-П11 "Концепция совершенствования института расширенной ответственности производителей и импортеров товаров и упаковки" URL: <https://www.alt.ru/tamdoc/20a12888/> (дата обращения: 20.10.2021).
3. Счетная палата РФ признала Саратовскую область худшей по «мусорной реформе» [Электронный ресурс] // Интернет-газета "Четвертая Власть". – URL: <https://www.4vsar.ru/news/137536.html> (дата обращения: 19.03.2021).
4. Корендясева, Е. В. Экологические аспекты управления городом: учебное пособие для направления подготовки 38.03.04 «Государственное и муниципальное управление», профиль «Управление городским хозяйством» / Е. В. Корендясева; Моск. гор. ун-т упр. Правительства Москвы. – Москва: МГУУ Правительства Москвы, 2017. – 140 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://mguu.ru/wp-content/uploads/2018/10/Korendyaseva-E.V.-Ekologicheskie-aspekty-upravleniya-gorodom-2017.pdf> (дата обращения: 25.03.2021).
5. Экология города: учебное пособие. / ред. В. В. Денисова. – Ростов н /Д.: МарТ, 2011. – 831 с.
6. Савватеева, А.Б. Спиридонова, Е.Г. Лебедева // Современные проблемы науки и образования. – 2019. – № 5. – URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=29188> (дата обращения: 14.04.2021).
7. Итоги опроса о новой системе раздельного сбора отходов в Москве [Электронный ресурс]. – URL: <https://politinst.hse.ru/local/news/341828866.html> (дата обращения: 13.05.2021).

УДК 504.064.2

ГРНТИ 87.15.15

## ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ МУП «ВОДОКАНАЛ» г. ГАТЧИНА НАИЛУЧШИМ ДОСТУПНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

Ю. А. Лаврова  
СПбГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

*Аннотация.* В данной работе рассмотрены очистные сооружения г. Гатчина, рассчитаны критерии и определено соответствие очистных сооружений НДТ.

**Ключевые слова:** НДТ, оценка соответствия, МУП «Водоканал».

В данной работе рассматривается определение НДТ и область их применения. Также оценивается соответствие Водоканала данным НДТ, справочнику ИТС 10-2019.

НДТ – это наилучшая доступная технология, которая обеспечивает максимальное снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Область применения настоящего справочника НДТ определена «Правилами отнесения централизованных систем водоотведения (канализации) к централизованным системам водоотведения поселений или городских округов».

ИТС 10-2019 содержит описание технологических процессов и оборудования, применяемых при очистке сточных вод централизованных систем водоотведения поселений и городских округов, организационных и технических способов, методов, в том числе позволяющих снизить негативное воздействие на окружающую среду, повысить энергоэффективность, ресурсосбережение.

Современная инженерная наука и практика различают следующие задачи, решаемые подотраслью очистки городских сточных вод, обеспеченные специально разработанными технологиями и методами расчета:

- удаление грубодисперсных примесей, песка, плавающих веществ;
- удаление органических загрязнений (без выделения индивидуальных веществ);
- удаление соединений азота и фосфора;
- обеззараживание очищенных вод;
- обработка осадков сточных вод с целью получения побочной продукции или практически неопасного или малоопасного отхода, предназначенного для размещения в окружающей среде.

Обычно эксплуатация всего водопроводно-канализационного хозяйства (ВКХ) осуществляется единой организацией, которая традиционно называется водоканалом [1].

МУП «Водоканал» г. Гатчина при осуществлении основной деятельности образует хозяйственно-бытовые и производственные сточные воды.

Производственные сточные воды образуются в следующих технологических процессах:

- Промывка сетей канализации гидродинамическими машинами.
- Опорожнение сети для устранения утечек, ремонтных работ на сетях.
- Промывка сетей после устранения аварий на сетях.

Перед отведением через Выпуск № 1 в водный объект р. Ижора сточные воды проходят биологическую очистку на канализационных очистных сооружениях (КОС).

Состав КОС:

- Главная насосная канализационная станция;
- приемная камера;
- решетки-дробилки;
- песколовки;
- первичные отстойники;
- аэротенки;
- вторичные отстойники;
- контактные резервуары;
- воздуходувная станция;
- цех механического обезвоживания осадка;
- илоуплотнители;
- иловые площадки;
- вспомогательные здания и сооружения.

Сточные воды от г. Гатчины подаются напорными трубопроводами главной канализационной насосной станцией в приемную камеру очистных сооружений.

Приемная камера служит для гашения напора и частичного перемешивания поступающих сточных вод. Из приемной камеры сточные воды самотеком поступают на решетки-дробилки, где происходит задержание и измельчение грубых примесей.

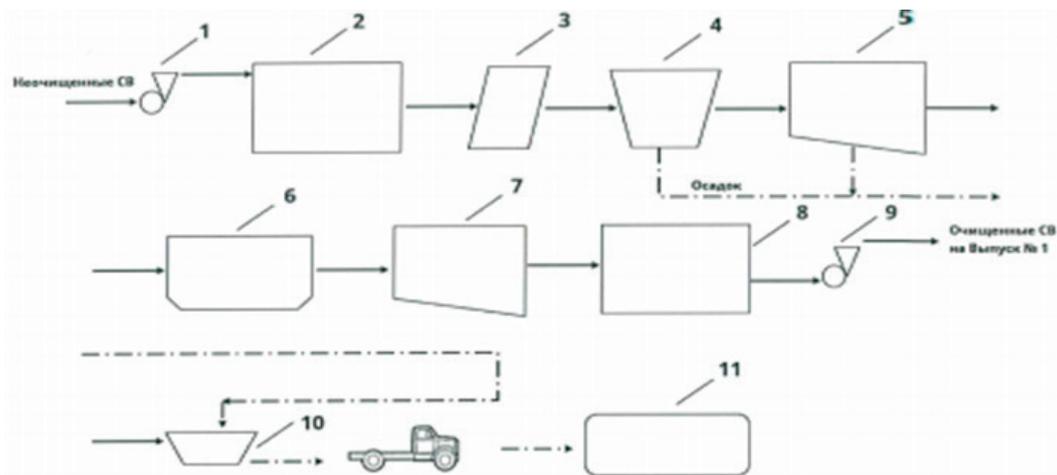


Рисунок. Схема очистки сточных вод МУП «Водоканал» г. Гатчина:

- 1 – главная насосная канализационная станция; 2 – приемная камера; 3 – решетки-дробилки; 4 – песколовки; 5 – первичные отстойники; 6 – аэротенки; 7 – вторичные отстойники; 8 – контактные резервуары; 9 – воздуходувная станция; 10 – илоуплотнители; 11 – иловые площадки

После решеток-дробилок сточные воды попадают на песколовки.

Выпавший по ходу движения воды песок оседает на дно песколовок и скребками мостовой формы смещается в приемки в начале песколовок. Песковая пульпа из приемков откачивается насосами в классификатор песка, где происходит его отстаивание, и обезвоженный песок наклонным шнеком подается в передвижной контейнер емкостью 1000 л. Отстоянная вода сливается в приемок.

Собираемые в приемке дренажные стоки от прессы и классификатора откачиваются погружным насосом в распределительный канал перед песколовками. Для подачи воздуха на аэрирование каналов песколовок в здании решеток установлены две воздуходувки (одна рабочая, одна резервная).

Пройдя песколовки, сточные воды поступают в сборный канал и затем по существующему лотку размерами 2,4 м x 2,0 м отводятся в существующую распределительную камеру первичных отстойников. Удаление осадка из первичных отстойников производится плунжерными насосами, установленными в насосной станции сырого осадка.

Для перекачки сырого осадка на первом этаже установлены три шнековых эксцентриковых насоса.

Осветленные сточные воды после первичных отстойников поступают в аэротенки. В аэротенках сточные воды очищаются от азота – происходит процесс нитрификации.

Из аэротенков иловая смесь поступает во вторичные отстойники. Они служат для выделения из очищенной сточной воды активного ила.

После полной биологической очистки сточные воды через водослив-аэратор сбрасываются в р. Ижору через выпуск № 1.

В таблице 1 приведено сравнение «Водоканала» г. Гатчина с ИТС 10-2019.

Таблица 1 – Сравнение «Водоканала» г. Гатчина с ИТС 10-2019

«Водоканал» г. Гатчина	ИТС 10-2019
Используются решетки дробилки	Выделение плавающих грубых примесей – решетки
Используются песколовки	Удаление оседающих грубых примесей (песка) – песколовки

«Водоканал» г. Гатчина	ИТС 10-2019
Обработка пескового осадка присутствует	Обработка пескового осадка – песковые площадки, песковые бункеры, аппараты для отмывки и сепарации песка
Присутствует приямок	Аккумуляирование сточной воды.
Используется первичный отстойник	Осаждение взвешенных веществ (осветление, первичное отстаивание). Удаление жировых плавающих загрязнений
Используются аэротенки	Обработка в биореакторах биологической очистки
Воздуходувная станция присутствует	Подача сжатого воздуха. Обязательный подпроцесс для аэротенков
Используется вторичный отстойник и насосы	Отделение очищенной воды от биомассы, вынесенной из биореактора.
Доочистка отсутствует, сразу сброс в реку Ижора	Доочистка фильтрами с загрузкой или мембранными дисковыми фильтрами
Илоуплотнитель присутствует	Концентрирование избыточного активного ила (осадков) – илоуплотнитель
Обезвоживание песка осуществляется	Обезвоживание осадка
Используются иловые площадки	Дополнительная длительная выдержка в естественных условиях осадков
Компостирование отсутствует	Компостирование обезвоженных или подсушенных осадков
Термическая сушка осадков отсутствует	Термическая сушка осадков

После сравнения можно сделать вывод, что «Водоканал» г. Гатчина почти соответствует основным показателям ИТС 10-2019. Для наилучшей работы следует установить доочистку, добавить компостирование и термическую сушку осадков.

#### **Библиографический список**

1. Российская Федерация. Приказ. Об утверждении информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям "Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов" № 2981: (утверждена приказом Министерства промышленности и торговли России от 12 декабря 2019 года). – Текст: электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/564068577> (дата обращения 25.11.2021).

## ВЫБОР РЕАГЕНТОВ ДЛЯ ФЛОКУЛЯЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ЩЁЛОКОСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

М. А. Девизорова  
СПбГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

**Аннотация.** В статье приведены результаты пробного флокулирования с использованием флокулянтов С-497 НМВ и С-444. Представлены полученные зависимости оптической плотности от дозы реагентов, а также определена доза, при которой эффективность очистки (в рамках поставленного эксперимента) максимальна.

**Ключевые слова:** флокуляция, сточные воды целлюлозно-бумажного производства, чёрный щёлок.

Флокулянты – это растворимые в воде высокомолекулярные соединения, которые при введении в систему способствуют укрупнению частиц. Механизм их действия заключается в образовании с частицами трёхмерных структур, способных к ускоренному образованию флокул, обладающих лучшими седиментационными свойствами [1].

Флокуляция, согласно ИТС-8, является как самостоятельным физико-химическим методом очистки сточных вод, так и методом интенсификации извлечения из воды веществ, не удаляемых безреагентными механическими методами [2].

Однако существует определённая проблема – на сегодняшний день нет расчётных формул для определения оптимальной дозы флокулянта, в связи с чем она устанавливается при помощи пробного флокулирования для каждого конкретного случая [3].

Целью данной работы является выбор флокулянта, а также подбор дозы, при которой достигается максимальная эффективность очистки, для сточных вод, содержащих чёрный щёлок.

В рамках исследования была приготовлена модельная сточная вода с содержанием чёрного щёлока 10 г/л, а также растворы двух флокулянтов на основе полиакриламида – С-497 НМВ и С-444 – концентрацией 0,1 %.

Для пробного флокулирования в цилиндры отбиралось по 100 мл модельной воды, создавались различные значения рН (от исходного до 3), после чего фотометрически определялась эффективность очистки воды.

Результаты, полученные при применении флокулянта С-497 НМВ, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Изменение оптической плотности при введении С-497 НМВ

№	рН	$D_{исх}$	$D,$ (1 мл)	$D,$ (2 мл)	$D,$ (3 мл)	$D,$ (10 мл)
1	9,15	0,889	0,861	0,837	0,808	0,717
2	8,13	0,766	0,710	0,705	0,693	0,629
3	6,04	0,591	0,570	0,557	0,526	0,472
4	5,10	0,570	0,549	0,548	0,536	0,425
5	4,15	0,539	0,533	0,533	0,507	0,399
6	3,11	0,518	0,520	0,524	0,599	0,655

При введении коагулянта образовывались «нити» коагулянта, однако агрегации частиц не наблюдалось – раствор оставался прозрачным. При измерении на спектрофотометре наблюдалось снижение оптической плотности во всех пробах, кроме последней. Полученные зависимости представлены на рис. 1.

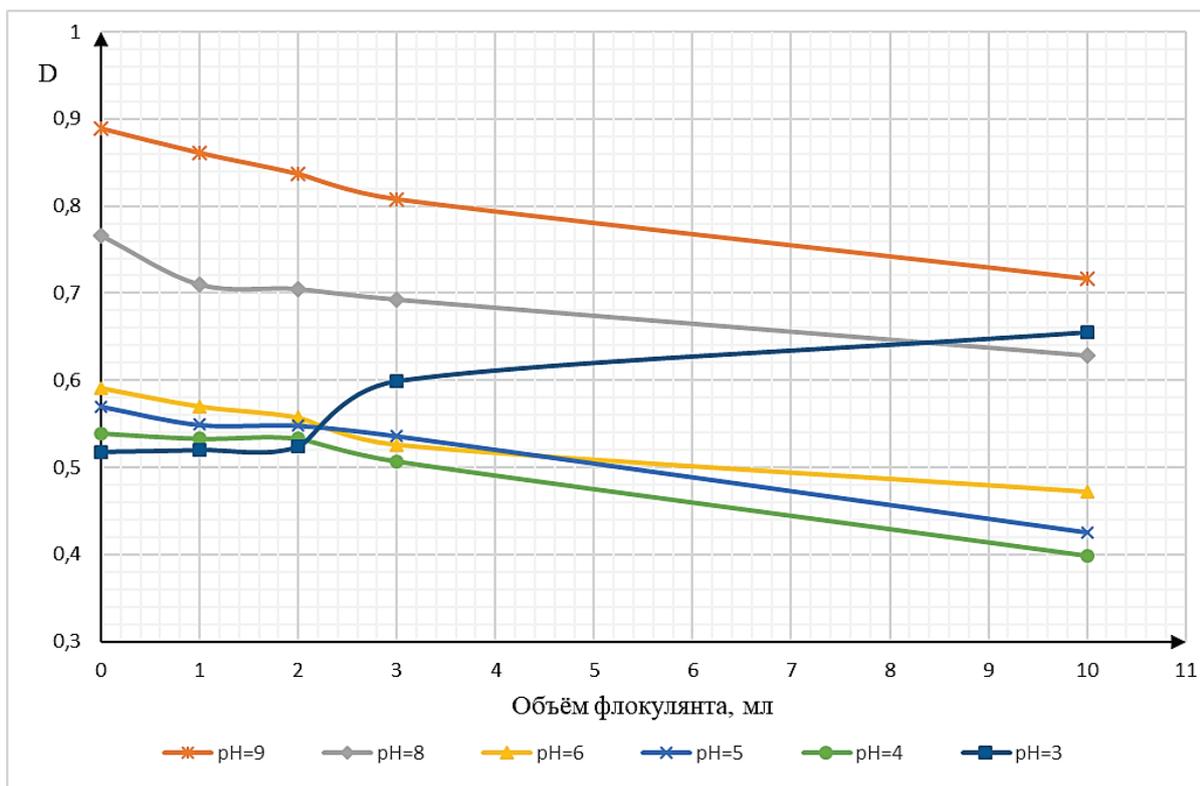


Рис. 1. Изменение оптической плотности при введении С-497 НМВ

Результаты, полученные при применении флокулянта С-444, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Изменение оптической плотности при введении флокулянта С-497 НМВ

№	pH	$D_{исх}$	D, (1 мл)	D, (2 мл)	D, (3 мл)	D, (10 мл)	D, (10 мл, после фильтрации)
1	9,15	0,894	0,893	0,896	0,902	1,385	0,772
2	8,11	0,769	0,824	0,820	0,820	1,357	0,395
3	6,18	0,586	0,624	0,681	0,750	1,334	0,362
4	5,13	0,569	0,595	0,610	0,639	1,139	0,192
5	4,05	0,538	0,557	0,578	0,599	0,927	0,115
6	3,17	0,524	0,563	0,598	0,617	0,898	0,155

При введении коагулянта также образовывались «нити» коагулянта, агрегации частиц не наблюдалось, но оптическая плотность постепенно повышалась (рис. 2).

При введении дозы коагулянта в 10 мл раствор во всех цилиндрах резко помутнел, оптическая плотность сильно возросла. Образовались заметные глазу агрегаты, которые, однако, плохо седиментировали – частицы оставались во взвешенном состоянии в течение 30 минут.

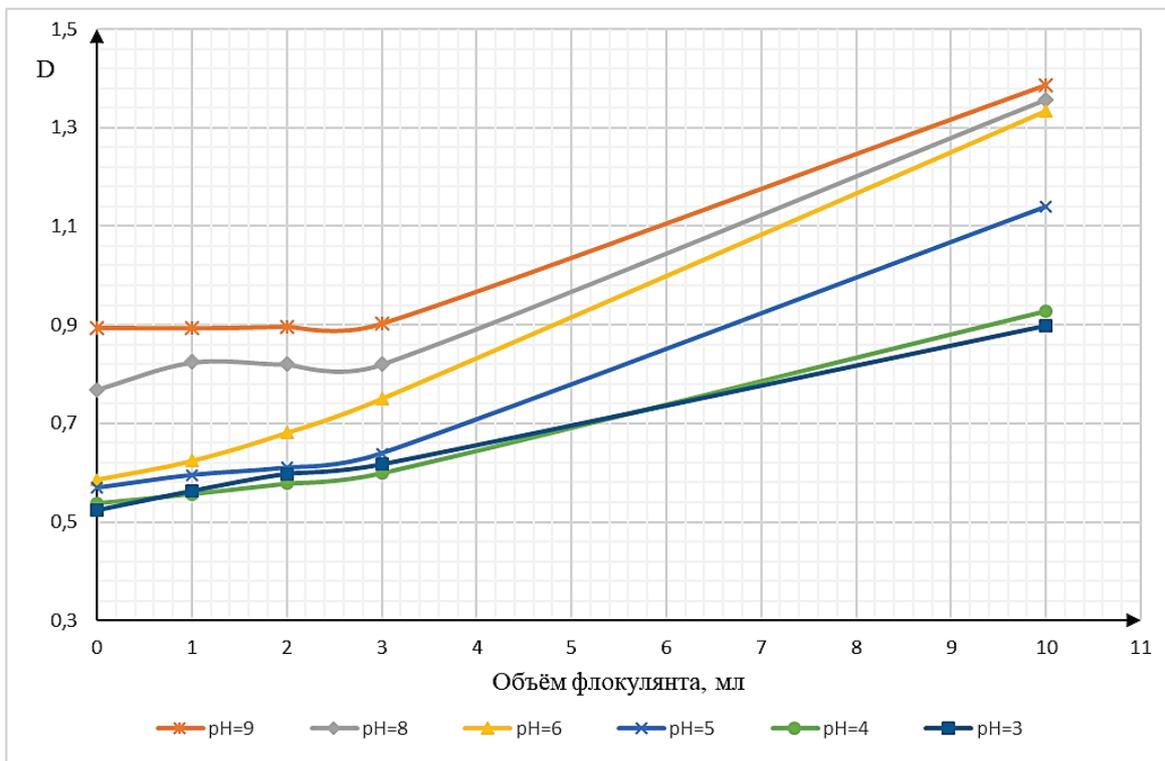


Рис. 2. Изменение оптической плотности при введении С-444

После фильтрации проб снова была измерена оптическая плотность. Сравнение оптической плотности начальной и оптической плотности после введения 10 мл флокулянта и фильтрования представлены на рисунке 3.

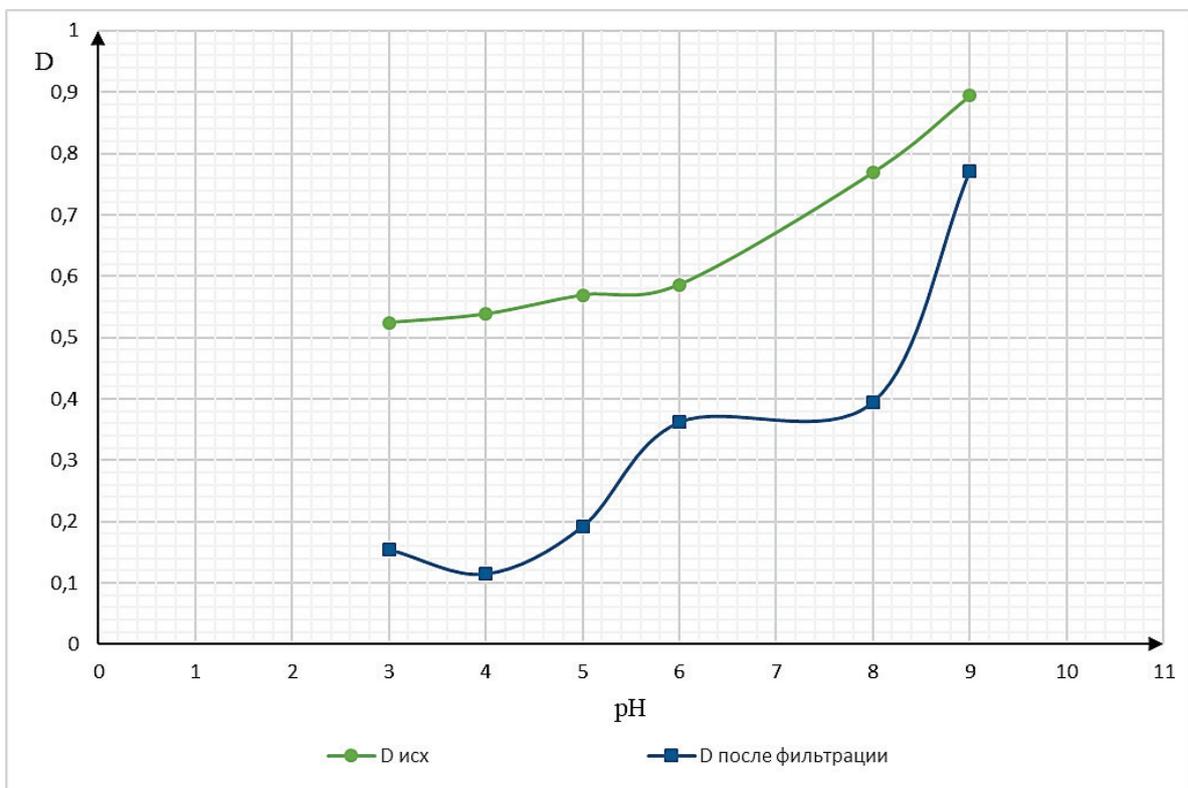


Рис. 3. Сравнение оптической плотности до и после фильтрации

Как видно из графика (рис. 3), наибольший эффект наблюдается при  $pH=4$  – оптическая плотность снизилась на 78,6 %. Однако эффект наблюдался только при высокой дозе реагента – 10 мл 0,1 % флокулянта С-444 на 100 мл очищаемой воды. Несмотря на относительно невысокую стоимость флокулянта С-444 (от 210 руб/кг) [4], применение такой дозы экономически нецелесообразно. В связи с этим необходимо продолжить исследования, но при меньших концентрациях реагента.

### Библиографический список

1. Воронов Ю. В., Яковлев С. В. Водоотведение и очистка сточных вод: Учебник для вузов. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2016 – 706 с.
2. ИТС 8 – 2015 Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях. – М.: Бюро НДТ, 2015 – 116 с.
3. Ветошкин А. Г. Процессы и аппараты защиты окружающей среды: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2007. – 711 с.
4. Флокулянт SUPERFLOC С-444 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.айкемикал.рф/goods/74396343-flokulyant\\_superfloc\\_superflok\\_c\\_444](https://www.айкемикал.рф/goods/74396343-flokulyant_superfloc_superflok_c_444) – 15.10.21.

УДК 631.171  
ГРНТИ 44.09.37

## РАСТИТЕЛЬНО-МИКРОБНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ КАК ИСТОЧНИК ПОЛУЧЕНИЯ «ЗЕЛеной» ЭНЕРГИИ

П. В. Желначёва  
СПбГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

***Аннотация.** Поиск возможности использования новых альтернативных источников энергии в настоящее время является актуальным. В статье рассмотрены механизмы работы растительно-микробного топливного элемента (РМТЭ), сделан вывод о перспективных направлениях и их использовании.*

***Ключевые слова:** альтернативная энергия, растительно-микробный топливный элемент, окружающая среда, микроорганизмы.*

Истощение невозобновляемых энергетических ресурсов привело к использованию альтернативных возобновляемых источников, таких как солнечная энергия, которая в основном используется для выработки электроэнергии с использованием обычных фотоэлектрических элементов. Загрязнение окружающей среды и истощение ресурсов заставляет человека искать новые, экологически безвредные и возобновляемые источники энергии. Учитывая, что большая часть нашей нынешней энергии вырабатывается из ископаемого топлива, это создает серьезные проблемы, когда речь идет о предоставлении достаточного количества устойчивой электроэнергии при одновременном смягчении последствий изменения климата [1]. В последние годы были разработаны другие альтернативные источники – биоэлектрохимические системы, такие как растительно-микробные топливные элементы (РМТЭ), для выработки электроэнергии посредством биологических взаимодействий растений и микроорганизмов в присутствии солнечного света. По сравнению с фотоэлектрическими элементами, РМТЭ также могут непрерывно генерировать электроэнергию, будучи реализованными на сельскохозяйственных угодьях без каких-либо препятствий для процессов выращивания или на полях, непригодных для производства продуктов питания.

Цель работы – изучение способа получения электроэнергии при помощи РМТЭ, анализ возможных направлений использования РМТЭ на практике.

Микробно-топливные элементы используют способность определенных естественных микроорганизмов, которые обладают способностью «дышать» металлами, обмениваясь электронами для создания электричества. Этот процесс можно поддерживать с помощью веществ, называемых субстратами, которые включают органические материалы, например, содержащиеся в сточных водах [2, 3].

РМТЭ – это недавно появившаяся альтернативная технология, которая генерирует солнечную энергию в виде электричества из растений. Она преобразует сложные органические соединения в более простые с использованием консорциума живых растений и микроорганизмов, которые обитают на корнях растений и в почве [4]. В этой системе получение электроэнергии достигается за счет сочетания выработки электроэнергии бактериями путем окисления органических соединений и осаждения органических соединений растениями в ризосферу. Конфигурация растительно-микробного топливного элемента рисового поля показана на рисунке.

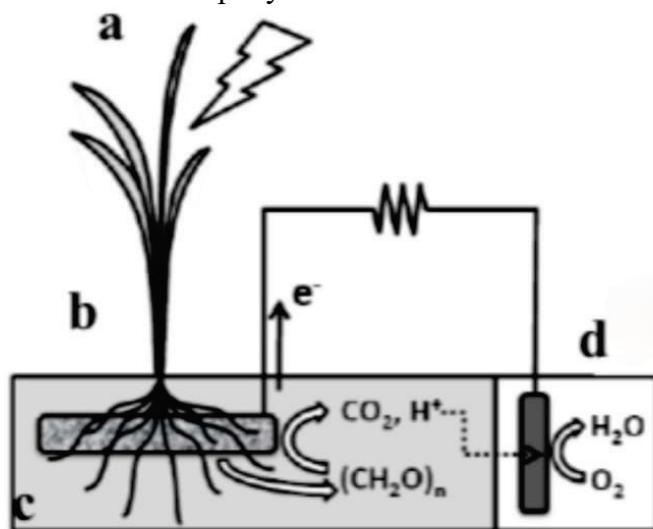


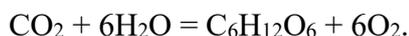
Рисунок. Растительно-микробный топливный элемент рисового поля

Зеленое растение осуществляет процесс фотосинтеза, который производит органические соединения, такие как глюкоза и сахароза, для роста и развития. Некоторая часть органических соединений затем выделяется в почву через корни. Микроорганизмы, обитающие в корневой зоне, естественным образом преобразуют органические соединения для производства энергии. Издержками этого процесса являются электроны, которые выбрасываются в окружающую среду. Перенос электронов служит для поддержания стабильности биохимических процессов и получения энергии за счет разницы в количестве электронов внутри и снаружи клетки (диффузия). Свободные электроны захватываются электродом, который затем вызывает постоянный электрический ток [5].

В наших опытах по созданию и использованию РМТЭ эта система включала, помимо катода и анода с размещенными на нем микроорганизмами, растения салата, которые вырабатывали ризодепозиты – субстрат для электроактивных бактерий. Наиболее распространенная конфигурация устройства РМТЭ состоит из трех частей: анодной камеры, ионоселективной мембраны и катодной камеры.

Описание реакции, которая происходит в РМТЭ в модельном опыте в регулируемых условиях фитотрона:

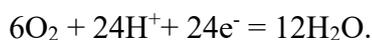
1) Фотосинтез:



- 2) Перенос органических соединений в анодной камере.
- 3) Окисление органических соединений микроорганизмами в анодной камере:



- 4) Редукция в катодной камере:



Возможность использования РМТЭ была ранее показана различными исследователями на ряде культурных и технических растений с получением следующего выхода энергии малой мощности: при выращивании риса – 140 мВт/м<sup>2</sup>, салата – 54 мВт/м<sup>2</sup>, манника – 80 мВт/м<sup>2</sup>, тростника – 42 мВт/м<sup>2</sup>, рогоза – 93 мВт/м<sup>2</sup> и др.

Область разработки растительно-микробных топливных элементов является активно развивающейся и перспективной с точки зрения ресурсо-энергосбережения и охраны окружающей среды. РМТЭ может служить преобразователем органических соединений непосредственно в электроэнергию и одновременно снижать концентрацию загрязняющих веществ в сточных водах [6]. В настоящее время РМТЭ могут генерировать электричество для питания небольших устройств, таких как калькуляторы, маленькие вентиляторы и светодиоды. РМТЭ является возобновляемым источником энергии, который может одновременно производить биоэлектричество и биомассу растений экологически чистым, устойчивым и эффективным образом.

Производительность биоэлектрических систем, включающих РМТЭ, зависит от целого ряда показателей: видовых и сортовых особенностей растений, их состояния на протяжении развития, состава и активности микробиоценоза, параметров корнеобитаемой среды, факторов окружающей среды, конструкции биореактора, типа и расположения электродных систем.

Предстоящая задача усовершенствования РМТЭ заключается в том, как повысить производительность, эффективность и экономичность процесса электрогенеза.

### Библиографический список

1. Кусачева С. А. и др. Исследование направлений повышения производительности микробных топливных элементов //Наука и инновации – современные концепции. – 2021. – С. 125-131.
2. Кулешова Т. Э. и др. Растительно-микробный топливный элемент на примере салата при культивировании методом панопоники //Аграрный научный журнал. – 2021. – №. 1. – С. 24-28.
3. Кулешова Т. Э. и др. Электрогенез растительно-микробного топливного элемента при параллельном и последовательном соединении ячеек //Журнал технической физики. – 2021. – Т. 91, №. 3. – С. 510-518.
4. Chen Z. Energy from plants and microorganisms: progress in plant–microbial fuel cells // ChemSusChem. – 2012. – Т. 5. – С. 1006-1011.
5. Chiranjeevi P., Chandra R., Mohan S. V. Ecologically engineered submerged and emergent macrophyte based system: An integrated eco-electrogenic design for harnessing power with simultaneous wastewater treatment //Ecological engineering. 2013. Т. 51. С. 181-190.
6. Schampelaire L. D. et al. Microbial fuel cells generating electricity from rhizodeposits of rice plants //Environmental Science & Technology. 2008. Т. 42. №. 8. С. 3053-3058.

## ВЛИЯНИЕ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ЗАВОДОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

А. И. Антончик  
СПбГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

***Аннотация.** Рассмотрена проблема загрязнения окружающей среды нефтеперерабатывающими и нефтехимическими заводами. Даны основные характеристики загрязнения для каждой сферы жизнедеятельности.*

***Ключевые слова:** нефтеперерабатывающая промышленность, загрязнение почвы, здоровье человека, выбросы от НПЗ и НХЗ, кислотные дожди.*

Проблема загрязнения окружающей среды стоит перед человечеством уже много лет. Каждый год заводы выбрасывают огромное количество отходов в водные объекты, в атмосферу, нанося непоправимый вред природе.

Построение эффективной системы управления экологической безопасностью является одной из важнейших основ обеспечения устойчивого развития общества. В ряде регионов России нарастает острота экологических проблем. Одновременно изменившаяся в последние два десятилетия структура экономики, износ основных фондов, возросшая аварийность производства и другие факторы обусловили существенный рост негативного антропогенного воздействия на состояние окружающей среды и природных ресурсов.

Нефтегазовый сектор экономики России в значительной степени обеспечивает экономическую, оборонную и национальную безопасность страны, но предприятия нефтегазового комплекса относятся к объектам высокой степени опасности и вредности, вызванной взрыво-, пожаро- и газоопасностью нефти, нефтепродуктов и природного газа, в связи с применением высоких давлений, температур, скоростей, новых, в том числе незамкнутых, технологий добычи и переработки нефти. Поэтому обеспечение на объектах нефтегазовой отрасли промышленности производственной и экологической безопасности, охраны труда и экологических нормативов, а также реализации программ энергосбережения и повышения энергоэффективности, использования ресурсосберегающих, природоохранных, мало- и безотходных технологий является центральным вопросом успешного функционирования этих объектов [1].

К потенциальным источникам загрязнения компонентов окружающей среды в зонах влияния НПЗ и нефтехимических заводов (НХЗ) относятся выбросы загрязняющих веществ, производственные сточные воды, пруды-накопители сточных вод, шламоотстойники, места хранения отходов, а также многолетние скопления нефти и нефтепродуктов, образовавшиеся в результате эксплуатационных и аварийных утечек и проливов в почву.

Выбросы токсичных веществ способствуют загрязнению атмосферного воздуха и территорий, окружающих заводы, на всех этапах технологического процесса переработки нефти. Источники выбросов НПЗ и НХЗ можно разделить на организованные (трубы, факельные установки, предохранительные клапаны и т.д.) и неорганизованные (испарения из резервуаров, газовыделения через неплотность оборудования, открытые поверхности сооружений по очистке сточных вод и т.д.).

В связи с тем, что нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность является достаточно водоемкой, образуются большие объемы сточных вод. В составе стоков НПЗ содержатся нефтепродукты, масла, ароматические углеводороды, карбамид, аммонийный азот, сульфаты, поверхностно-активные вещества и т.д. Для сточных вод НХЗ, помимо нефтепродуктов, характерны такие соединения как алкилфенолы, бензол и его

производные, спирты, алкилфталаты, карбоновые кислоты, в том числе этилгексановая, фталевый ангидрид, бензойная кислота и др. Недостаточная степень очистки сточных вод способствует загрязнению почвенных и водных ресурсов. Попадая в окружающую среду, токсиканты претерпевают ряд сложных трансформаций, вовлекаются в круговорот [1].

Многолетняя деятельность отрасли привела к возникновению множества прудов-накопителей, в которых складировано несколько миллионов тонн нефтесодержащих отходов. Большая часть хранилищ нефтешламов и других отходов производства построена в середине прошлого века без какой-либо гидроизоляции и не отвечает современным санитарно-эпидемиологическим требованиям. Нередко опасные промышленные отходы незаконно вывозятся на свалки или же нелегально закапываются вблизи населенных пунктов.

В результате периодического разлива и утечки образуются техногенные залежи, представляющие собой скопление нефтепродуктов в недрах Земли. Чаще всего техногенные залежи бывают водоплавающими и, располагаясь на глубине 10-25 метров, являются источниками загрязнения грунтов и грунтовых вод разнообразными углеводородами нефтяного ряда.

К объектам, которые вносят в регионах основной вклад в суммарные выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников и (или) являются основными загрязнителями водных ресурсов и почвенного покрова, относятся Московский нефтеперерабатывающий завод, ОАО «Славнефть-Ярославнефтеоргсинтез», ЗАО «Рязанская нефтеперерабатывающая компания, ООО «ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка», ОАО «Новокуйбышевский нефтеперерабатывающий завод», ОАО «Сызранский нефтеперерабатывающий завод», «Саратовский нефтеперерабатывающий завод», ОАО «Нижекамскнефтехим», ПАО АНК «Башнефть», ОАО «Газпромнефтехим Салават», ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез», ООО «Тобольск-Нефтехим», ОАО «Газпромнефть-Омский нефтеперерабатывающий завод». При этом многие предприятия отрасли расположены в городах, где находятся и другие крупные источники негативного воздействия на окружающую среду [2].

### **Загрязнение гидросферы**

Количество сбросных вод в расчете на 1 т перерабатываемой нефти может достигать 70-100 м<sup>3</sup>. Однако большая их часть (90-95%) пребывает в обороте, так как проходит соответствующую очистку. Поэтому количество собственно сточных вод на предприятиях составляет обычно 1,6-3 м<sup>3</sup> на 1 т нефти.

Сточные воды НПЗ отводят по двум системам канализации. В первую систему включают маломинерализованные стоки и дождевые воды. После очистки эти сточные воды возвращаются для повторного использования. Избыток воды (во время ливней) направляют в аварийные накопители и после очистки сбрасывают в водоем [3].

Стоки нефтеперерабатывающих предприятий отличаются более сложным составом, чем сама нефть и продукты ее переработки, и включают разнообразные токсические соединения, в том числе пропан, бутан, этилен, фенол, бензол и другие углеводороды. Эти стоки, попадая в природные воды, оказывают отрицательное влияние на гидробионтов и водных растений.

Увеличение содержания углеводородов в воде ведет к снижению содержания кислорода, что затрудняет дыхание водных организмов, нарушает процессы окисления. Внедрение химических веществ, содержащих полициклические ароматические углеводороды, изменяет вкус съедобных организмов, кроме того, это опасно, так как подобные вещества являются канцерогенными.

Эффект долгосрочных воздействий непосредственно не обнаруживается и обычно носит кумулятивный характер. Этот эффект может быть вызван периодическим введением веществ с большим временем «жизни» или непрерывным введением устойчивых либо неустойчивых веществ; они зависят от реакционной способности этих веществ.

Рыбы накапливают значительные количества токсичных веществ, которые, продвигаясь по пищевым цепям, могут дойти до человека.

Таким образом, одним из важнейших аспектов защиты экологической чистоты гидросферы предприятиями нефтеперерабатывающей промышленности является вопрос совершенствования структуры водопотребления и водосброса [3].

### **Загрязнение атмосферы**

Основными вредными веществами, выбрасываемыми в атмосферу на нефтеперерабатывающих предприятиях, являются углеводороды, сернистый газ, сероводород, окись углерода, аммиак, фенол, окислы азота и т.д. К числу наиболее крупных источников загрязнения атмосферы относятся:

- резервуары, в которых хранятся нефть, нефтепродукты, различные токсичные легкокипящие жидкости;
- очистные сооружения; некоторые технологические установки (АВТ, каталитический крекинг, производство битумов и др.);
- факельные системы.

Мощные предприятия нефтепереработки имеют стабильно высокое содержание загрязняющих веществ вблизи источника, очень медленно снижающееся по мере удаления от него. Наиболее опасная обстановка возникает в аварийных ситуациях [4].

В результате деятельности нефтеперерабатывающих предприятий в атмосферу осуществляется выброс в больших количествах углеводородов, угарного газа, углекислого газа, различных сернистых соединений, оксидов азота, твердых веществ.

Эмиссия в атмосферу газов:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ , оксидов азота приводит к появлению «парникового эффекта». Таким образом, нефтеперерабатывающие предприятия входят в число виновников глобального потепления климата.

Выбросы оксидов азота, углеводородов способствуют образованию тропосферного озона в результате фотохимических реакций. Тропосферный озон является одним из парниковых газов. Кроме того, образующийся фотохимический смог является очень токсичным.

Под действием выбросов происходит разрушение стратосферного озона. Стратосферный озон поглощает жесткое ультрафиолетовое излучение, которое вредно для всего живого. Увеличивающаяся озоновая дыра ведет к онкологическим заболеваниям, развитию катаракты, подавляет фотосинтез растений.

Еще одна проблема, связанная с атмосферными выбросами, – кислотные дожди. Нефтеперерабатывающие предприятия, несомненно, осуществляют свой вклад в усложнение этой проблемы. Это связано с тем, что источниками кислотных дождей служат газы, содержащие серу и азот; наиболее важные из них:  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ .

Таким образом, воздействие нефтеперерабатывающих предприятий на атмосферу является одной из причин глобальных экологических проблем [4].

### **Загрязнение почвенного покрова**

В результате адсорбции атмосферных выбросов на экологически неблагоприятных территориях происходит и загрязнение почвенного покрова. Часто почва служит резервуаром, в котором токсиканты могут накапливаться в большом количестве. Зона активного загрязнения почв объектами нефтехимической и нефтеперерабатывающей отрасли составляет 1-3 км от предприятий при общем распространении поллютантов на расстояние не менее 20 км.

Почвенный покров вокруг НПЗ концентрирует в первую очередь нефтепродукты. По данным Н. М. Цуниной, в почвах городских территорий содержание нефтепродуктов достигает 200 мг/кг при рекомендуемых Министерством природных ресурсов временных нормативах 15 мг/кг.

Загрязнение почв нефтепродуктами и другими химическими соединениями от выбросов НПЗ приводит к существенному изменению структурной организации основных компонентов почв, засолению и снижению продуктивности почвенных ресурсов, проникновению токсикантов в растения. Нефтепродукты и фенол обнаруживаются не только в почвах дачных участков, но и в выращенной на этих почвах садоводческой продукции [5].

### **Оценка показателей заболеваемости и риска для здоровья населения**

К настоящему времени накоплены многочисленные данные, свидетельствующие о том, что население, проживающее в районе размещения крупных нефтеперерабатывающих и нефтехимических комплексов, может подвергаться их неблагоприятному влиянию. Так, например, выбросы от НПЗ и НХЗ способствуют ухудшению санитарно-бытовых условий, что проявляется в виде неприятных запахов, затруднения проветривания жилья, плохого самочувствия, головных болей, утомляемости. У детей, проживающих вблизи нефтехимических производств, такие симптомы как приступы удушья, кашель, свистящее дыхание встречаются чаще, чем у детей контрольных групп [6].

В выбросах и сточных водах НПЗ и НХЗ присутствуют вещества, которые обладают общетоксическим, эмбриотоксическим, иммунодепрессивным и канцерогенным действием. В частности, полициклические углеводороды, являясь чрезвычайно устойчивыми к разложению в окружающей среде, через пищевые цепи экосистем накапливаются в растениях, рыбе, донных отложениях, почве. Попадая в организм человека, данные соединения аккумулируются в жировых тканях, способствуя возникновению генетических мутаций и уродств у новорожденных. На загрязненных нефтяной промышленностью территориях выше показатели заболеваемости населения острыми респираторными инфекциями, хроническими неспецифическими заболеваниями органов дыхания, аллергозами, ишемической болезнью сердца, гипертонической болезнью, болезнями нервной системы и органов чувств, эндокринной системы, расстройствами обмена веществ, иммунитета. Кроме того, отмечается увеличение частоты самопроизвольных аборт и врожденных аномалий развития. Экологическое неблагополучие среды обитания человека является одним из факторов роста злокачественных новообразований. По данным Международного агентства по изучению рака возникновение опухолей у населения на 85 % связано с факторами среды обитания.

Отмечается, что функционирование предприятий нефтеперерабатывающего и нефтехимического комплекса часто сопровождается ухудшением экологогигиенического состояния селитебных территорий. Воздействие токсичных веществ НПЗ и НХЗ приводит к повышенным рискам здоровью населения, в особенности детского и пожилого возраста. У детей, живущих вблизи нефтехимического комплекса, наблюдается повышенная частота заболеваемости аллергическим ринитом, бронхитом и бронхиальной астмой; у беременных женщин чаще регистрируются преждевременные роды. Было показано, что выбросы предприятий нефтеперерабатывающей отрасли содержат токсичные, в том числе канцерогенные вещества, обуславливая повышенную онкозаболеваемость. Загрязнение почвенного покрова полициклическими ароматическими углеводородами также формирует повышенный канцерогенный риск [7].

### **Библиографический список**

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году». – М.: Минприроды России; НИА-Природа, 2017. – 760 с.
2. Влияние объектов нефтедобычи и нефтепереработки на качество природных вод / А. А. Фаухутдинов, В. И. Сафарова, В. Ф. Ткачев, А. Т. Магасумова, Г. Ф. Шайдулина, А. М. Сафаров, А. А. Колчина, Л. К. Шихова, Г. И. Теплова // Башкирский химический журнал. – 2008. – Т. 15, № 1. – С. 87–93
3. Оценка антропогенного воздействия на р. Белую / Р. М. Хатмуллина, А. М. Сафаров, В. И. Сафарова, А. Р. Мухаматдинова // Вода: химия и экология. – 2017. – № 3. – С. 89–93.
4. Березин, И. И. Качество атмосферного воздуха в моногородах с преобладанием нефтеперерабатывающей промышленности / И. И. Березин, В. В. Сучков // Здоровье населения и среда обитания. – 2014. – № 10 (259). – С. 9–11.
5. Технологии восстановления почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами: справочник. – М.: РЭФИА, НИА-Природа, 2003. – 258 с.

6. Анализ риска для здоровья от загрязнения воздуха 15 нефтеперерабатывающими предприятиями. Часть I. Выбросы и риски / С. Л. Авалиани, Б. М. Балтер, Д. Б. Балтер, Б. А. Ревич, М. В. Стальная, М. В. Фаминская // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2015. – № 2. – С. 38–46.

7. Анализ риска для здоровья от загрязнения воздуха нефтеперерабатывающими предприятиями. II. Типы источников и пространственные факторы / С. Л. Авалиани, Б. М. Балтер, Д. Б. Балтер, Б. А. Ревич, М. В. Стальная, М. В. Фаминская // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2015. – № 3. – С. 17–22.

УДК 502.3  
ГРНТИ 70.25.91

## МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ОСАДКОВ ОТ ОЧИСТКИ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД

Р. А. Буров

СПбГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

***Аннотация.** В работе рассмотрены сооружения обработки осадков городских сточных вод. Проведен анализ преимуществ и недостатков разных сооружений. Выбор обработки осадков должен выполняться на основе комплексного подхода, учитывающего экономическую целесообразность и санитарно-гигиеническую состоятельность применяемых решений.*

***Ключевые слова:** осадки городских сточных вод, активный ил, компостирование, сжигание осадка, центрифуги.*

Процессы урбанизации и индустриализации во всём мире привели к резкому увеличению объёмов сточных вод и осадков, образующихся в результате их очистки. Ежегодно в Российской Федерации на муниципальных сооружениях по очистке сточных вод образуется более 100 млн. м<sup>3</sup> осадков со средней величиной влажности равной 96 %.

Осадки сточных вод представляют собой биологически опасные отходы, содержащие широкий спектр патогенных микроорганизмов, паразитов (яиц гельминтов, цист простейших, вирусов и др.). Такие осадки обладают рядом негативных свойств, затрудняющих обращение с ними. Среди таких свойств можно выделить значительный объём, неприятный запах, содержание патогенной микрофлоры и пр. Все эти особенности сильно ограничивают возможности последующей утилизации осадка. Для расширения спектра доступных возможностей утилизации осадка применяются различные методы, которые рассматриваются в данной работе [1].

Первым этапом обработки любого осадка является уплотнение. Эта операция необходима, поскольку неуплотнённый осадок занимает значительный объём, что сильно затрудняет, а также значительно удорожает дальнейшие процессы обработки. Процессы уплотнения позволяют снизить влажность осадка с изначальных 98 % до 96-97 %. Снижение влажности осадка на 1 % влечёт за собой уменьшение его объёма в 2 раза, а, следовательно, и уменьшение строительного объёма сооружений.

В настоящее время существует два способа уплотнения осадков: гравитационный и флотационный.

Способ гравитационного уплотнения получил широкое применение ввиду простоты конструкции и эксплуатации установок. Конструктивно илоуплотнители выполняют в виде радиальных, вертикальных отстойников.

Радиальный илоуплотнитель рекомендуется применять при большом расходе сточных вод (100000 м<sup>3</sup>). При сравнимых значениях времени уплотнения (около 14 часов) и влажности

осадка на выходе (около 96 %) вертикальный и радиальный илоуплотнители обладают такими преимуществами, как простота эксплуатации и обслуживания, а также низкие эксплуатационные затраты. Недостатками метода является относительно большая продолжительность процесса, а также значительный вынос взвешенных веществ из илоуплотнителей, что повышает нагрузку на очистные сооружения. Помимо этого, при залёживании осадок начинает загнивать.

Флотационный метод уплотнения осуществляется в установках напорной флотации. Данный метод имеет ограниченное применение в силу его дороговизны. Тем не менее, метод обладает весомыми преимуществами, обуславливающими его применение в некоторых случаях. Преимуществами метода являются компактность сооружений, малая продолжительность процесса (1 час), эффективное уплотнение без добавления флокулянта, а также обеспечение стабильной влажности осадка на выходе из уплотнителя около 94 %. Недостатками метода являются высокие эксплуатационные затраты, а также невозможность накопления большого количества ила в илоуплотнителе.

За процессом уплотнения следует процесс стабилизации, т.е. разложения органического вещества осадка с целью предотвращения его загнивания. Выделяют два метода стабилизации: анаэробный и аэробный. Анаэробная стабилизация проводится в метантенках. Процесс может проводиться в мезофильных (35 °С) и термофильных (65 °С) условиях. Мезофильные условия требуют меньших тепловых затрат на обогрев осадка, но стабилизированный осадок всё ещё требует обеззараживания. Стабилизация в термофильных условиях в свою очередь обеспечивает полное обеззараживание осадка. Плюсом анаэробной стабилизации является выделение метансодержащего газа в процессе, который позже может быть использован в качестве топлива. Основными недостатками являются относительно большая продолжительность процесса, а также плохая обезвоживаемость стабилизированного осадка [2].

Правительства ряда стран предоставляют налоговые льготы для производителей биогаза, образующегося при анаэробном сбраживании органических остатков.

Несмотря на то, что в настоящее время наблюдается всплеск интереса исследователей к технологии анаэробного сбраживания осадка сточных вод, она требует усовершенствования, так как в настоящее время этот процесс достаточно медленный, в связи с чем малоэффективный при утилизации больших запасов иловых осадков, скопившихся на очистных сооружениях крупных мегаполисов. Экономическую целесообразность, рентабельность и эффективность на сегодняшний день продемонстрировали лишь небольшие биогазовые установки, производительностью не более 100 м<sup>3</sup>/сут, в то время как более мощная и производительная система требует вложения значительных средств в технологический процесс и сопровождение.

Метод анаэробной стабилизации широко применяется на очистных сооружениях в Дании, Японии, Австрии и других странах.

Аэробная стабилизация проводится в железобетонных сооружениях, конструктивно схожих с аэротенками. Во время этого процесса органическая часть осадка стабилизируется за счёт окисления кислородом воздуха, постоянно нагнетаемого в смесь.

Объем избыточного активного ила, образующегося на станциях, как правило, в 1,5–2,5 раза превышает объем сырого осадка. Высокая влажность и большое содержание белков в иле обуславливают низкий выход газа при его анаэробном сбраживании. С экономической точки зрения значительно выгоднее сбраживать в метантенках один сырой осадок, поэтому в последнее время все чаще прибегают к аэробной стабилизации активного ила.

СНиП П-32-74 рекомендуют применять аэробную стабилизацию избыточного активного ила или смеси его с сырым осадком из первичных отстойников.

Технико-экономические сравнения анаэробного сбраживания и аэробной стабилизации осадков показывают, что последняя экономичнее для станции очистки сточных вод, производительностью до 50 тыс. м<sup>3</sup>/сут. При производительности 50-100 тыс. м<sup>3</sup>/сут оба

метода равноценны, а при производительности более 100 тыс. м<sup>3</sup>/сут экономичнее анаэробное сбраживание осадков.

Преимуществами метода являются: меньшая продолжительность процесса по сравнению с анаэробным сбраживанием, конструктивная простота и безопасность, а также лучшие показатели обезвоживаемости по сравнению с анаэробно стабилизированным осадком. Главными недостатками являются: высокий расход электроэнергии на аэрацию, необходимость обеззараживания стабилизированного осадка и снижение эффективности в зимнее время года.

Большое внимание уделяется процессам обезвоживания осадка. Считается, что именно снижение содержания влаги является ключевым элементом при его утилизации. Обезвоживание может осуществляться экстенсивными и интенсивными методами. К первым относятся процессы естественного уплотнения и сушки, ко вторым – аппаратные методы обезвоживания: на центрифугах, камерных и ленточных фильтр-прессах.

Обезвоживание в естественных условиях (сушка на иловых площадках) имеет ряд существенных недостатков, таких как большая продолжительность процесса, низкая эффективность и требование больших площадей. Преимуществом является относительная простота процесса. Согласно СП 32.13330.2012. “Канализация. Наружные сети и сооружения” при проектировании очистных сооружений с нагрузкой свыше 15 тыс. ЭЧЖ надлежит предусматривать обезвоживание осадков механическими методами, иловые площадки допускаются только в качестве резервных сооружений.

Преимущества и недостатки основных видов оборудования для обезвоживания осадков сточных вод приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Преимущества и недостатки оборудования для обезвоживания осадков [3]

Оборудование	Преимущества	Недостатки
Камерные и рамные фильтр-прессы	Низкие влажность обезвоженного осадка и топливно-энергетические расходы на термосушку и сжигание	Низкая удельная производительность; повышенный расход реагентов; необходимость замены фильтровального полотна по мере износа
Ленточные фильтр-прессы	Отсутствие быстроизнашивающихся деталей и узлов; сокращение расхода электроэнергии.	Повышенные габариты по сравнению с центрифугами; распространение запаха; необходимость периодической замены фильтровальной ткани
Центрифуги	Компактность установок; возможность работы как по безреагентным схемам, так и по схемам, предусматривающим добавление кондиционирующих реагентов	Необходимость извлечения из осадков крупных включений и песка, периодической наплавки или замены шнеков

Таким образом, у всех способов обезвоживания есть свои достоинства и недостатки, поэтому многие исследователи отмечают как факт, что универсального способа или схемы обезвоживания не существует, этот процесс необходимо осуществлять с учётом конкретных климатических условий и в соответствии с физико-химическими свойствами конкретного осадка.

Выбор подходящего метода кондиционирования осадка должен осуществляться с учётом его водоудерживающей способности и экологических рисков применения кондиционирующих реагентов.

В странах ЕС используются самые разные технологии обработки осадка. Анаэробное сбраживание и аэробная стабилизация являются наиболее популярными методами стабилизации осадка, применяемыми более чем в 20 странах ЕС. Отмечается, что в большинстве стран предпочитается механическое обезвоживание осадка, а термическая сушка в основном применяется в Германии, Италии, Франции и Великобритании. В этих странах вторичное использование ила (включая прямое сельскохозяйственное применение и компостирование) является преобладающим способом его окончательной утилизации. Однако в странах, присоединившихся к ЕС после 2004 г., наиболее распространённым методом утилизации осадка по-прежнему является его захоронение. В ближайшей перспективе именно повторное использование осадка путём внесения в землю и его частичное сжигание будут основными методами в ЕС.

Таким образом, проблема обработки осадков на сегодняшний день окончательно не решена ни в одной из стран мира. Актуальность проблемы поддерживается процессами развития мегаполисов, а также появлением новых научных данных о взаимодействии компонентов осадков с окружающей средой. Решение задачи утилизации осадков сточных вод является компромиссом между состоянием окружающей среды и обеспечением жизнедеятельности городов. Для разрешения этой задачи необходимо применение комплексного подхода, учитывающего экономическую целесообразность и санитарно-гигиеническую состоятельность применяемых решений.

#### **Библиографический список**

1. Хисамеева, Л. Р., Селюгин, А. С., Абитов, Р. Н., Бусарев, А. В., Урмитова, Н. С. Обработка осадков городских сточных вод: учебное пособие / Л. Р. Хисамеева, А. С. Селюгин, Р. Н. Абитов, А. В. Бусарев, Н. С. Урмитова. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2016. – 105 с.
2. Валиев В., Иванов Д., Шагидуллин Р. Анализ мирового опыта утилизации осадка городских сточных вод // Российский журнал прикладной экологии. – 2020. – № 4. – С. 43-47.
3. Калимуллина Д., Багаутдинов И. Применение методов механического обезвоживания осадков сточных вод // Международный научный журнал “Инновационная наука”. – 2016. – № 5.

УДК 628.31  
ГРНТИ 70.27.13

#### **РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ НАГРУЗКИ НА ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫЕ ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ СУЛЬФИТНОГО ЦБК**

А. Д. Иванова  
СПбГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

***Аннотация.** В статье рассматриваются основные потоки сточных вод целлюлозно-бумажной промышленности, их загрязняющие вещества и методы очистки.*

***Ключевые слова:** целлюлозно-бумажное производство, очистка сточных вод, щелочесодержащие сточные воды, дурнопахнущие сточные воды, коросодержащие сточные воды, волокносодержащие сточные воды.*

Целью работы является рассмотрение способов снижения нагрузки на ЦОС сульфитного ЦБК и выбор оптимального решения.

В задачи работы входит: обзор методов очистки сточных вод для каждого потока и анализ их достоинств и недостатков.

Состав сточных вод целлюлозно-бумажных производств зависит от метода получения целлюлозы и от вида выпускаемой продукции.

Загрязнители в сточных водах сульфит-целлюлозного процесса на 90 % состоят из органических веществ и на 10 % – из неорганических. В сульфитных стоках наблюдается высокое содержание лигнинсульфоновых кислот, моно- и полисахаридов (а также продуктов распада сахаров), дополнительно в них определяются частицы смол, белков, уксусная кислота. Из органолептических и физико-химических показателей можно выделить наличие запаха и повышенную жесткость этих стоков [1].

На предприятиях ЦБП имеются многочисленные источники образования загрязненных сточных вод:

- При подготовке растворов химических реагентов.
- В процессе варки древесной щепы в варочном растворе.
- При промывке целлюлозы.
- В процессе отбеливания целлюлозы.
- Во время технологических операций разливания, прессования и высушивания целлюлозы.
- В ходе выпаривания щелочных растворов.

По характеру содержащихся загрязняющих веществ производственные сточные воды ЦБП разделяют на следующие группы [2]:

- щелокосодержащие;
- волоконсодержащие;
- коросодержащие;
- дурнопахнущие.

В таблице 1 представлены источники образования сточных вод и основные загрязняющие вещества.

Таблица 1 – Характеристика сточных вод

Сточные воды	Источники образования	Загрязняющие вещества
Щелокосодержащие сточные воды	Варочные, промывные и очистные цеха	Лигнин и его производные, такие как лигносульфонаты, органические кислоты, волокно, спирты, соли натрия, карбонат магния, сульфат магния, фурфурол
Коросодержащие сточные воды	Окорка и обмывка древесины	Зола, смолы, вещества, обладающие дубильными свойствами, пектин, пигмент
Дурнопахнущие сточные воды	Варочные и выпарные цеха	сероводород, метилмеркаптаны, диметилсульфид, диметилдисульфид
Волоконсодержащие сточные воды	Сушильные и сортировочные цехах	взвешенные вещества, каолин, а также целлюлозные и древесные волокна.

Для очистки щелокосодержащих сточных вод применяется биологическая очистка (аэротенки, аэрируемые пруды, биореакторы) и физико-химическая очистка (коагуляции

сернокислым алюминием или известковым молоком с применением флокулянтов, сорбция, обратный осмос, ультрафильтрация, адсорбция, нанофильтрация) [3].

Обзор наиболее распространенных систем биологической очистки представлен в таблице 2 [4].

Таблица 2 – Системы биологической очистки

Система	Преимущества	Недостатки	Эффективность снижения нагрузки по БПК	Эффективность снижения нагрузки по ХПК
Одноступенчатая очистка с использованием активного ила	Традиционный процесс; большой опыт применения	Высокое энергопотребление; большое количество избыточного ила; проблемы с разбуханием или с плавающим илом.	85 % – 96 %	60 % – 85 %
Двухступенчатая очистка с использованием активного ила (со ступенью высокой нагрузки ила)	Улучшенные свойства активного ила	Высокое энергопотребление; большое количество избыточного ила	85 % – 98 %	75 % – 90 %
Одноступенчатые аэробные погружные биофильтры	Безопасный процесс; фиксированная биомасса	Чувствителен к повышенным концентрациям взвешенных веществ	60 % – 65 %	50 % – 55 %
Двухступенчатые аэробные погружные биофильтры	Безопасный процесс; фиксированная биомасса	Чувствителен к повышенным концентрациям взвешенных веществ	60 % – 70 %	50 % – 60 %
Биофильтры малой производительности	Простая конструкция; низкое энергопотребление; охлаждение воды	Риск засорения; запах	60 % – 65 %	50 % – 55 %
Биофильтры высокой производительности	Простая конструкция; низкое энергопотребление; охлаждение воды	Риск засорения; запах	60 % – 70 %	50 % – 60 %
Биореактор с подвижным слоем биомассы (MBBR)	Фиксированная биомасса; нет циркулирующего ила; меньший объем реактора	Большое количество избыточного ила	85 % – 95 %	80 % – 90 %

Обзор физико-химических способов очистки представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Физико-химические способы очистки

Метод	Достоинства	Недостатки	Эффективность
Обратный осмос	<ul style="list-style-type: none"> <li>– отфильтровывает почти все частицы, включая ионы и тяжелые металлы;</li> <li>– использование химикатов сведено к минимуму.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– дороговизна;</li> <li>– затраты на электроэнергию.</li> </ul>	До 99 %
Ультра-фльтрация	<ul style="list-style-type: none"> <li>– для очистки не используются химические вещества;</li> <li>– используется для удаления как частиц, так и микроорганизмов;</li> <li>– автоматизация процесса;</li> <li>– компактность;</li> <li>– небольшие эксплуатационные затраты.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– высокая стоимость замены мембранных элементов;</li> <li>– высока стоимость оборудования водоподготовки;</li> <li>– высока чувствительность мембранных систем к наличию в воде антропогенных загрязнений.</li> </ul>	До 95 %
Сорбция	<ul style="list-style-type: none"> <li>– высокая эффективность;</li> <li>– простота монтажа и демонтажа;</li> <li>– отсутствие необходимости использовать химический реагент;</li> <li>– компактность.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ограниченное время работы;</li> <li>– необходимость механической очистки и обеззараживания.</li> </ul>	80–95 %
Коагуляция	<ul style="list-style-type: none"> <li>– скорость;</li> <li>– удаление мелких частиц.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– образование осадка;</li> <li>– аддитивный процесс;</li> <li>– комплексное дозирование.</li> </ul>	До 95 %
Адсорбция	<ul style="list-style-type: none"> <li>– простота и гибкость процесса;</li> <li>– нечувствительность к токсичным соединениям;</li> <li>– низкое энергопотребление;</li> <li>– минимальное дозирование химикатов.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– высокая цена адсорбента;</li> <li>– требует наличие дополнительных установок.</li> </ul>	90 %
Нанофльтрация	<ul style="list-style-type: none"> <li>– небольшое потребление энергии;</li> <li>– селективность;</li> <li>– способность задерживать частицы, размер которых составляет нанометры.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– требуется тщательная подготовка воды;</li> <li>– высокие эксплуатационные затраты</li> </ul>	95 %
Химическое осаждение	<ul style="list-style-type: none"> <li>– простота конструкции;</li> <li>– требуется минимальное количество оборудования.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– образуется большое количество осадка;</li> <li>– высокий расход химикатов</li> </ul>	80–90 %

Биологическую и физико-химическую очистку лучше всего применять в сочетании друг с другом. С помощью такой комбинации можно достигнуть эффективности в удалении БПК<sub>5</sub> на 95 %, в удалении ХПК – на 80 % [5].

Коросодержащие сточные воды, как правило, подвергаются локальной очистке.

Локальная очистка коросодержащего потока направлена на то, чтобы отделить кору и волокно от воды и использовать эту твердую фазу в качестве топливного агента, осветленную

воду частично вернуть для повторного использования в данном производстве. Локальная очистка коросодержащего потока является, как правило, механической для которой используют фильтры, решетки, отстойники и песколовки.

Существующие методы очистки от дурнопахнущих веществ делятся на следующие основные группы: термические, биологические, фотокаталитические, химические [6].

Достоинства и недостатки методов очистки от дурнопахнущих веществ представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Методы очистки воды от дурнопахнущих веществ

Название	Достоинства	Недостатки	Эффективность
Термическое окисление	– эффективность; – высокая степень очистки стоков.	– большой расход топлива; – дороговизна, т.к. требуется нагрев до высоких температур.	95–98 %
Биологический метод	– простота конструкции аппаратуры; – относительно невысокая эксплуатационная стоимость.	– биофильтры не могут работать при низких температурах; – длительное время адаптации к новым загрязнителям или изменению концентрации удаляемых примесей.	90 %
Фотокаталитический метод	– не требует введения химических реагентов; – не приводит к вторичному загрязнению; – компактность.	– дороговизна.	99 %

Наиболее эффективно использовать фотокаталитический метод очистки, так как у него высокая эффективность и нет необходимости в затратах на дополнительные реагенты [7].

Для очистки волокнодержающих сточных вод можно использовать седиментацию и флотацию.

Сравнение этих методов представлено в таблице 5.

Таблица 5 – Сравнение флотации и седиментации

Название	Достоинства	Недостатки	Эффективность
Флотация	– непрерывность процесса; – невысокие капитальные и эксплуатационные затраты; – простое оборудование; – высокий уровень очистки; – селективность выделения примесей; – скорость – шлам имеет невысокое содержание влаги.	– не является самостоятельным, требует дополнительных технологий очистки; – удаляется только часть загрязнений; – иногда требуются дополнительные затраты на расход реагентов; – существует необходимость строго контролировать количество и размеры воздушных пузырьков.	90–93%
Седиментация	– простота оборудования; – невысокие капитальные и эксплуатационные затраты.	– низкая эффективность.	60–65 %

Наиболее целесообразно использовать флотационный метод, так как он обладает более высоким уровнем очистки.

Сточные воды, образующиеся в процессе производства целлюлозы оказывают негативное воздействие на окружающую среду, особенно на водные объекты. Поэтому перед сбросом их необходимо очищать.

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод о том, что для шелокодержащего стока лучше использовать комбинацию биологической очистки, представленной биореактором с подвижным слоем биомассы (MBBR) и физико-химической очистки с помощью обратного осмоса, что позволит снизить нагрузку по БПК на 95 %, а по ХПК на 90 %, для дурнопахнущего стока – фотокаталитическую очистку воды на катализаторах под действием ультрафиолетового излучения, а для волоконсодержащего стока – флотацию в напорных флотаторах, что даст возможность повысить эффективность очистки до 88 %.

### Библиографический список

1. Терентьева, Э. П. Комплексная химическая переработка древесины: учебное пособие / Э. П. Терентьева, Н. К. Удовенко, Е. А. Павлова / ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2016. – 74 с.
2. Дягилева, А. Б., Промышленная экология: учебное пособие / А. Б. Дягилева, А. В. Лоренцсон, Ю. М. Чернобережский / СПбГТУРП. – СПб., 2012. Часть 2. – 109 с.
3. Раковская, Е. Г. Анализ методов очистки сточных вод лесопромышленного комплекса / Е. Г. Раковская, А. П. Сулима, О. А. Кудряшова // Вестник МАНЭБ. – 2016. – № 1 (21). – С. 50-53. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35246334> (дата обращения: 25.11.2022).
4. ИТС 1-2015 «Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона». Обновляется в течение суток. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200128661> (дата обращения: 13.11.2022).
5. Stanka Zrncevic, Wastewater from pulp and paper industry and its treatment // OBRADA INDUSTRIJSKE OTPADNE VODE IZ PROIZVODNJE CELULOZE I PAPIRA.- 2019.- № 1 (294). С. 317-333. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/338913970> (дата обращения: 25.11.2022).
6. Тихонова, А. А. Устранение запахов дурно пахнущих загрязнителей в системах водоочистки / А. А. Тихонова, Ю. А. Чернова, И. В. Владимцева, А. Ю. Рогожкин, В. С. Ткачев// Инженерный вестник дона. – 2018. - № 4 (51). – С. 228. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37845373> (дата обращения: 26.11.2022).
7. Стукалина, Ю. Н. Анализ методов удаления запахов на сооружениях очистки сточных вод / Ю. Н. Стукалина, Л. В. Боронина, И. В. Лукичева: Материалы XIII Международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов. – 2019. – № 1. – С. 134-136. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42523051> (дата обращения: 25.11.2022).

## УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЕ ПРОЦЕССЫ ОКИСЛЕНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД В ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А. Д. Иванова  
СПбГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

***Аннотация.** В статье рассматриваются основные потоки сточных вод целлюлозно-бумажной промышленности, их загрязняющие вещества и методы очистки.*

***Ключевые слова:** целлюлозно-бумажное производство, очистка сточных вод, целокосодержащие сточные воды, дурнопахнущие сточные воды, коросодержащие сточные воды, волокносодержащие сточные воды.*

Традиционные технологии, включающие биологическую, термическую и физико-химическую обработку, обычно используются для удаления загрязняющих веществ из воды. Некоторые другие методы очистки, такие как флокуляция, осаждение, адсорбция и обратный осмос, требуют последующей обработки для удаления отделенных загрязняющих веществ. Эти ограничения стандартных методов послужили стимулом для разработки более эффективных систем. Поскольку некоторые загрязняющие вещества в промышленных сточных водах не поддаются биологическому разложению, обычные процессы очистки являются недостаточно эффективными. Чтобы соответствовать все более жестким требованиям сбросов, заводы вынуждены внедрять технологически продвинутые системы очистки для уменьшения количества тугоплавких органических соединений и цветности процессов очистки сточных вод.

Сточные воды целлюлозно-бумажной промышленности сильно окрашены из-за присутствия лигнина. Биологические методы очистки, такие как процесс активного ила, остаются наиболее подходящей обработкой для разлагаемого органического вещества, но способность этих методов удалять тугоплавкие соединения незначительна. Конечные значения ХПК, полученные с использованием биологической обработки, указывают на то, что достигнутая степень деградации недостаточна для соблюдения нормативных требований. Поэтому необходимо определить альтернативные методы, которые могут разлагать эти соединения.

Усовершенствованные процессы окисления (АОР) могут привести к полной минерализации, превращая нерастворимые соединения в неорганические вещества ( $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}_2$ ), или частичной минерализации, превращающая их в более биоразлагаемые вещества.

Среди этих методов очистки ультрафиолетовое излучение в сочетании с перекисью водорода (УФ/ $\text{H}_2\text{O}_2$ ), реакция Фентона ( $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}$ ), фото-Фентон (УФ/ $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}$ ) и озон в различных комбинациях ( $\text{O}_3/\text{УФ}$ ;  $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ ) считаются эффективными для окисления сточных вод целлюлозно-бумажной промышленности.

### **Комбинации $\text{Fe}^{3+}/\text{H}_2\text{O}_2$ и $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{УФ}$**

Ранние исследования процессов окисления с помощью  $\text{H}_2\text{O}_2$  были проведены с использованием солей металлов (в основном железа) в качестве гомогенных катализаторов в реакциях, известных как реакции типа Фентона. Эти системы были успешно применены для окисления различных соединений, включая фенол и его производные [1].

Среди передовых процессов окисления было доказано, что реакция Фентона проста в обращении и более эффективна с точки зрения скорости удаления. Основные органические загрязнители, "целевые" для реагента Фентона являются растворимые вещества, ароматические нуклеофильные соединения и полифенолы, такие как лигнин.

Эффективность процесса зависит от скорости образования и концентрации окислителей, образующихся в ходе реакции Фентона.

Несколько исследований показали, что высокая эффективность потребления и преобразования может быть достигнута при использовании стратегии дозирования окислителя, которая сводит к минимуму содержание перекиси, разложение на неокисляющиеся виды. Было подтверждено снижение значений рН из-за образования кислых промежуточных продуктов. Увеличение начальной концентрации  $\text{H}_2\text{O}_2$  сначала усиливает процесс окисления, что приводит к увеличению удаления общего органического углерода до тех пор, пока оно не достигнет максимума, а затем более высокие концентрации перекиси водорода ингибируют разложение органических соединений в сточных водах. Поэтому очень важно оптимизировать применяемую дозу  $\text{H}_2\text{O}_2$ , чтобы максимизировать реакцию окисления.

Лигноцеллюлозные материалы могут содержать восстановители для  $\text{Fe}^{3+}$  в их структуре, такие как экстрактивные вещества (фенольные соединения или терпены) или полимеры клеточной стенки (лигнин), которые способствуют образованию гидроксильных радикалов.

Главное преимущество процесса Фентона заключается в том, что реагенты безопасны в обращении и безвредны для окружающей среды. Он не требует очень сложных устройств или систем под давлением для процесса окисления, что делает его технологически жизнеспособным для непосредственного применения в любом масштабе промышленности. Он также может быть использован в качестве предварительной обработки (биологическая стадия) с целью повышения способности к биологическому разложению труднорастворимых соединений, снижения токсичности сточных вод и для удаления хлорорганических соединений и полифенолов, содержащихся в сточных водах некоторых процессов отбеливания [2].

Комбинации УФ/ $\text{O}_3$  и УФ/ $\text{H}_2\text{O}_2$  качественно схожи, но проявляют незначительные количественные различия в использовании. Поскольку озон является газом, следует принимать во внимание растворимость и влияние давления на нее.

Технология УФ/ $\text{H}_2\text{O}_2$  требует относительно более высокой дозы  $\text{H}_2\text{O}_2$  и/или более длительного воздействия ультрафиолетовых лучей, чем, например, процесс УФ/ $\text{O}_3$ . Кроме того, было обнаружено, что скорость фотолиза перекиси водорода зависит от рН и увеличивается в щелочных условиях из-за образования анионов  $\text{OH}^-$ , которые показывают молярную поглощающую способность  $240 \text{ см}^{-1}$  при  $253,7 \text{ нм}$ , что выше, чем у перекиси водорода.

Эти комбинированные обработки были протестированы в различных условиях на сточных водах процесса отбеливания, характеризующихся высоким содержанием хелатообразующих агентов. Однако сам по себе озон не был эффективным, поскольку при использовании обработки УФ/ $\text{O}_3$  количество ХПК и хелатообразующих агентов сократилось на 95 % и 98 % соответственно.

При использовании метода УФ/ $\text{H}_2\text{O}_2$  важно отметить, что суммирующий эффект между УФ-излучением и перекисью водорода выгоден только для загрязняющих веществ, которые требуют относительно агрессивных условий окисления (высокие энергии активации). Существует концентрация пероксида, выше которой присутствие пероксида водорода вредно для реакции окисления, поэтому необходимо выбрать оптимальную концентрацию пероксида. Наличие соединений, которые сильно поглощают падающий ультрафиолетовый свет, является еще одним фактором, который необходимо учитывать. Если эти соединения присутствуют в потоке сточных вод, требуется более высокая доза перекиси водорода для достижения суммирующего эффекта [2].

Процесс  $\text{O}_3$  / УФ эффективен для окисления и разрушения токсичных и водостойких органических соединений. Он состоит в основном из водной системы, насыщенной озоном, которая облучается ультрафиолетовым светом с длиной волны  $253,7 \text{ нм}$ . Коэффициент поглощения озона при  $253,7 \text{ нм}$  составляет  $3300 \text{ м}^{-1}\text{см}^{-1}$ , что намного выше, чем у перекиси водорода, а скорость его разложения примерно в 1000 раз больше, чем у того же реагента.

Комбинация О<sub>3</sub>/УФ повышает эффективность отдельных процессов. Суммирующие эффекты комбинированной обработки увеличиваются за счет повышения рН до базового уровня. Это объясняется каталитическим действием иона НО на инициирование озонирования.

Эти комбинированные методы очистки, которые включают фотодеградацию, важны для удаления ароматических углеводородов и хлорированных фенольных соединений, присутствующих в некоторых отбеливающих водах целлюлозы. В процессах отбеливания с использованием хлора образуются биоаккумулирующие и канцерогенные вещества (такие как хлорфенолы), которые трудно удалить с помощью биологической обработки или окислительной обработки, применяемой индивидуально.

АОР считаются высококонкурентной технологией для очистки воды, поскольку они удаляют все органические загрязнители, которые не поддаются очистке обычными методами. Тем не менее, химическое окисление для полной минерализации обычно является дорогостоящим, поэтому его сочетание с биологической очисткой снижает эксплуатационные расходы. [3]. Даже когда минерализация всех соединений почти завершена, АОР необходимо сочетать с процессом биodeградации для удаления всех органических соединений данной сточной воды. Повышенная эффективность достигается при использовании последовательности: АОР – биологическая обработка (табл. 1).

Таблица 1 – Удаление ХПК

		УФ/Н <sub>2</sub> О <sub>2</sub>	Н <sub>2</sub> О <sub>2</sub>	О <sub>3</sub>	Н <sub>2</sub> О <sub>2</sub> / О <sub>3</sub>	Fe <sup>2+</sup> / Н <sub>2</sub> О <sub>2</sub> /УФ	УФ/О <sub>3</sub>
ХПК, %	АОР+био	70	65	40	70	90	68
	АОР	–	36	21	33	50	34
	Био. очистка	64	64	20	–	–	–

Таким образом, наиболее эффективно использовать комбинацию Fe<sup>2+</sup>/ Н<sub>2</sub>О<sub>2</sub>/УФ, так как она показывает наилучший результат для удаления органических соединений.

#### Библиографический список

1. B. Bianco, I. De Michelis, F. Vegliò, 2011, Fenton treatment of complex industrial wastewater: Optimization of process conditions by surface response method, Journal of Hazardous Materials, Vol. 186, 1733–1738.
2. D. C. Botía, M. S. Rodríguez, V. M. Sarria, 2012, Evaluation of UV/TiO<sub>2</sub> and UV/ZnO photocatalytic systems coupled to a biological process for the treatment of bleaching pulp mill effluent, Chemosphere, Vol. 89 (6), 732–736.
3. BREF «Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board». – URL: <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference> (дата обращения: 19.11.2021).

<b>Смирнова Ю. А., рук. Васильева Е. А.</b> Расширенная ответственность производителя тары для ГСМ как инструмент климатического регулирования .....	3
<b>Бирюкова А. С., рук. Шанова О. А.</b> Производство растительных масел как источник НВОС.....	7
<b>Литвинова С. В., рук. Антонов И. В.</b> Экологическая учебная тропа «Родной край» .....	11
<b>Ковалева Д. О.</b> Изменение климата .....	16
<b>Кучерова Н. А., Карлов Д. А.</b> Экологические проблемы, связанные с литий-ионными аккумуляторами.....	20
<b>Матвеева Ю. Г.</b> Оценка последствий и пути решения разлива кислородных прудов-накопителей на территории ОПНМЗ им. Д. И. Менделеева .....	23
<b>Ким Д. А., рук. Яковлев В. А.</b> Обоснование выбора метода и основного оборудования для установки очистки дымовых газов энергетического котла .....	26
<b>Конорева М. В., рук. Морева Ю. Л.</b> Эколого-экономический расчёт ущерба на маломерных судах .....	29
<b>Бирюкова А. С., рук. Шанова О. А.</b> Технологии очистки выбросов от органических веществ от цеха экстракции.....	32
<b>Лебединская В. С., рук. Антонов И. В.</b> Анализ результатов экотоксикологической оценки водных объектов с применением геоинформационных систем .....	36
<b>Денисова Е. О.</b> Биоразлагаемые материалы на основе полимеров .....	41
<b>Янчукович С. Г., Королёва Е. В.</b> Экология, комфорт и ответственное потребление природных ресурсов в условиях современности.....	43
<b>Образцова А. А., рук. Кушнеров А. И.</b> Оценка влияния источников негативного воздействия на бассейн Суздальских озёр (Санкт-Петербург) по концентрации ионов аммония и нитритов .....	46
<b>Пузырёва Д. И., рук. Строганова М. С.</b> Сравнительная оценка качества воды водных объектов Санкт-Петербурга и Ленинградской области за весенний и летний периоды 2021 года.....	52
<b>Солдатова В. В., Фомина А. А.</b> Стратегия экологического просвещения населения г. Саратова для решения проблемы раздельного сбора отходов и реализации системы расширенной ответственности производителя .....	57
<b>Лаврова Ю. А., рук. Епифанов А. В.</b> Оценка соответствия МУП «Водоканал» г. Гатчина наилучшим доступным технологиям.....	59

<b><i>Девизорова М. А., рук. Морева Ю. Л.</i></b> Выбор реагентов для флокуляционной очистки щёлочесодержащих сточных вод .....	63
<b><i>Желначёва П. В., рук. Волкова Е. Н.</i></b> Растительно-микробные топливные элементы как источник получения «зеленой» энергии.....	66
<b><i>Антончик А. И., рук. Морева Ю. Л.</i></b> Влияние нефтеперерабатывающих заводов на окружающую среду и здоровье человека .....	69
<b><i>Буров Р. А., рук. Морева Ю. Л.</i></b> Методы обработки осадков от очистки городских сточных вод .....	73
<b><i>Иванова А. Д., рук. Морева Ю. Л.</i></b> Разработка мероприятий по снижению нагрузки на централизованные очистные сооружения сульфитного ЦБК.....	76
<b><i>Иванова А. Д., рук. Морева Ю. Л.</i></b> Усовершенствованные процессы окисления для очистки сточных вод в целлюлозно- бумажной промышленности .....	82

**МАТЕРИАЛЫ**  
**IV университетской научно-практической**  
**конференции студентов и молодых ученых**  
**«Мой вклад в науку – 2021»**

2021

Редактор и корректор Д. А. Романова  
Технический редактор Д. А. Романова

Научное электронное издание сетевого распространения

Системные требования:  
электронное устройство с программным обеспечением  
для воспроизведения файлов формата PDF

Режим доступа: [http://publish.sutd.ru/tp\\_get\\_file.php?id=202016](http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=202016), по паролю.  
- Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию 05.10.2023 г. Изд. № 5238/21

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД  
198095, СПб., ул. Ивана Черных, 4.