



**НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО  
В РЕШЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ  
(ЭКОЛОГИЯ-2022)**

**SCIENCE, EDUCATION, PRODUCTION  
IN SOLVING ENVIRONMENTAL PROBLEMS  
(ECOLOGY-2022)**

*XVIII Международная научно-техническая конференция*

*XVIII International scientific-and-technical conference*

Том 1

Volume 1

Уфа 2022

Ufa 2022

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Уфимский государственный авиационный технический университет»  
Местное отделение Российского союза молодых ученых в г. Уфе  
Республики Башкортостан  
Общественный совет при Государственном комитете  
Республики Башкортостан по чрезвычайным ситуациям

# НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО В РЕШЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ (ЭКОЛОГИЯ-2022)

*XVIII Международная научно-техническая конференция*

Том 1

Научное электронное издание сетевого доступа

© УГАТУ  
ISBN 978-5-4221-1626-3  
ISBN 978-5-4221-1627-0 (Т. 1)

Уфа 2022

The Ministry of Science and High Education of Russian Federation  
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
Ufa State Aviation Technical University  
Local branch of Russian Union of Young Scientists in Ufa  
Republic of Bashkortostan  
Public Council under the National Committee for Emergencies  
of the Republic of Bashkortostan

# SCIENCE, EDUCATION, PRODUCTION IN SOLVING ENVIRONMENTAL PROBLEMS (ECOLOGY-2022)

*XVIII International scientific-and-technical conference*

Volume 1

Scientific electronic publication of network access

© USATU  
**ISBN 978-5-4221-1626-3**  
**ISBN 978-5-4221-1627-0 (Vol. 1)**

Ufa 2022

УДК 574

Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2022) : материалы XVIII Международной научно-технической конференции : в 2 томах [Электронный ресурс] / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа : УГАТУ, 2022.

Том 1. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – URL: [https://www.ugatu.su/media/uploads/MainSite/Ob%20universitete/Izdateli/El\\_izd/2022-181.pdf](https://www.ugatu.su/media/uploads/MainSite/Ob%20universitete/Izdateli/El_izd/2022-181.pdf)

Содержатся статьи, включенные в программу XVIII Международной научно-технической конференции «Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2022)».

### **Организационный комитет конференции:**

#### **Председатель оргкомитета:**

Новиков С. В. – ректор ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ), канд. экон. наук, доцент (г. Уфа, Россия).

#### **Зам. председателя оргкомитета:**

Елизарьев А. Н. – проректор по учебной работе УГАТУ, канд. геогр. наук, доцент, член Общественной палаты Республики Башкортостан, председатель Общественного совета при Госкомитете РБ по чрезвычайным ситуациям (г. Уфа, Россия).

#### **Члены оргкомитета:**

Еникеев Р. Д. – первый проректор по науке УГАТУ, д-р техн. наук, профессор (г. Уфа, Россия);

Николайкин Н. И. – д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры «Безопасность полетов и жизнедеятельности» Московского государственного технического университета гражданской авиации (г. Москва, Россия);

Фащевская Т. Б. – канд. геогр. наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории региональной гидрологии Института водных проблем РАН (г. Москва, Россия);

Лонгобарди А. – Ph.D, профессор, Департамент строительной инженерии, Университет Салерно (г. Салерно, Италия);

Мазлова Е. А. – д-р техн. наук, профессор кафедры промышленной экологии РГУ им. Губкина, академик РАЕН, эксперт ЮНИДО по экологическим проблемам нефтегазового комплекса (г. Москва, Россия);

Каттани К. – Ph.D, профессор, Департамент экономики, инженерии, общества и бизнеса, Университет Тосканы (г. Витербо, Италия).

#### **Ученый секретарь оргкомитета:**

Насырова Э. С. – канд. техн. наук, доцент кафедры безопасности производства и промышленной экологии УГАТУ (г. Уфа, Россия).

#### **Технический секретарь оргкомитета:**

Хасанов И. А. – инженер кафедры безопасности производства и промышленной экологии УГАТУ (г. Уфа, Россия).

При подготовке электронного издания использовались следующие программные средства:

- Adobe Acrobat – текстовый редактор;
- Microsoft Word – текстовый редактор.

*Материалы публикуются в авторской редакции.*

Компьютерная верстка *Л. А. Вяземская*  
Программирование и компьютерный дизайн *О. М. Толкачёва*

*Все права защищены. Книга или любая ее часть не может быть скопирована, воспроизведена в электронной или механической форме, в виде фотокопии, записи в память ЭВМ, репродукции или каким-либо иным способом, а также использована в любой информационной системе без получения разрешения от издателя. Копирование, воспроизведение и иное использование книги или ее части без согласия издателя является незаконным и влечет уголовную, административную и гражданскую ответственность.*

Подписано к использованию: 26.08.2022

Объем: 6,68 Мб.

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет»

450008, Уфа, ул. К. Маркса, 12.

Тел.: +7-908-35-05-007

e-mail: rik@ugatu.su

## СЕКЦИЯ 1. ВОДА И УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ

*Лукашевич О. Д., Истинова С. В.*

Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск,  
Российская Федерация

### ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И РЕКРЕАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ГОРОДСКИХ ВОДОЕМОВ (НА ПРИМЕРЕ Г. ТОМСКА)

*Аннотация.* В работе выполнен ретроспективный анализ геоэкологической информации и публикаций в СМИ о водных объектах в г. Томске. Дана характеристика состояния, рекультивации, антропогенного загрязнения озер. Рассмотрены перспективы использования набережных в качестве общественных мест.

*Ключевые слова:* городские озера, загрязнение воды, рекреационное водопользование.

*Lukashevich O. D., Istinova S. V.*

Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering, Tomsk, Russian  
Federation

### ECOLOGICAL STATE AND RECREATIONAL POTENTIAL OF URBAN WATER BODIES (ON TOMSK EXAMPLE)

*Abstract.* The paper presents a retrospective analysis of geoecological information and publications in the media about water bodies in Tomsk city. The characteristics of the state, reclamation, anthropogenic pollution of lakes are given. The prospects for the use of embankments as public places are considered.

*Key words:* urban lakes, water pollution, recreational water use.

Роль городских водных экосистем в общей геоэкологической обстановке территории трудно переоценить. «Зеленые» и «голубые» коридоры, зоны обеспечивают благоприятный температурный и влажностный режим, способствуют очистке приземных слоев воздуха, поглощают углекислый газ, косвенно участвуют в подавлении распространении шума и вибрации, создают эстетическую привлекательность общественных мест. Потепление климата, которое проявляет себя в Сибири сильнее, чем в других регионах, и, как следствие, общее усыхание малых рек и озер, а также нарушение подземной гидросферы на урбанизированных территориях – все это оказывает значительное отрицательное воздействие на водные экосистемы. В связи с возрастающей озабоченностью горожан состоянием окружающей среды, разворотом муниципалитетов в сторону облагораживания рекреационных территорий, решением на федеральном уровне актуальных для населения экологических проблем в нацпроектов «Экология», «Комфортная городская среда», «Отходы» есть надежда на улучшение десятилетиями усугублявшейся негативной ситуации.

Вместе с тем, наметившиеся в 2000-х годах позитивные тенденции в реабилитации и благоустройстве искусственных и природных водных объектов не достигают ожидаемого эффекта, несмотря на затраченные ресурсы. В данной работе на примере областного центра – города Томска рассмотрены вопросы рекреационного водопользования лимнологических систем (рис.1).

В работах представлены результаты детальных исследований природных вод территории г.Томска. Авторами систематизирована информация по гидро–мониторингу организаций ОАО «Томскгеомониторинг», ОГУП «Облкомприрода», ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Томской области», выполнен ретроспективный анализ научных данных, опубликованных учеными Томского государственного университета и Томского политехнического института (позднее – университета) начиная с 1960-х годов. На основе этих сведений и результатов проведенных собственных исследований геологического строения территории, гидрогеологических условий, изучения химического состава природных вод (снеговых, подземных, поверхностных), изучения микробиологического состава и оценки рекреационного потенциала аквальных и прибрежных комплексов была выполнена комплексная геоэкологическая оценка состояния рек, родников, озер в г. Томске. Сделан вывод, что как речная, так и озерная воды в городе относятся к категориям «умеренно загрязненные» и «весьма грязные» воды. На химический и микробиологический состав воды в озерах в качестве ведущего фактора выступает качество берегового стока [пас]. Этим объясняется тот факт, что химический состав и состав микробиоценозов различаются на разных участках одного и того же водоема.

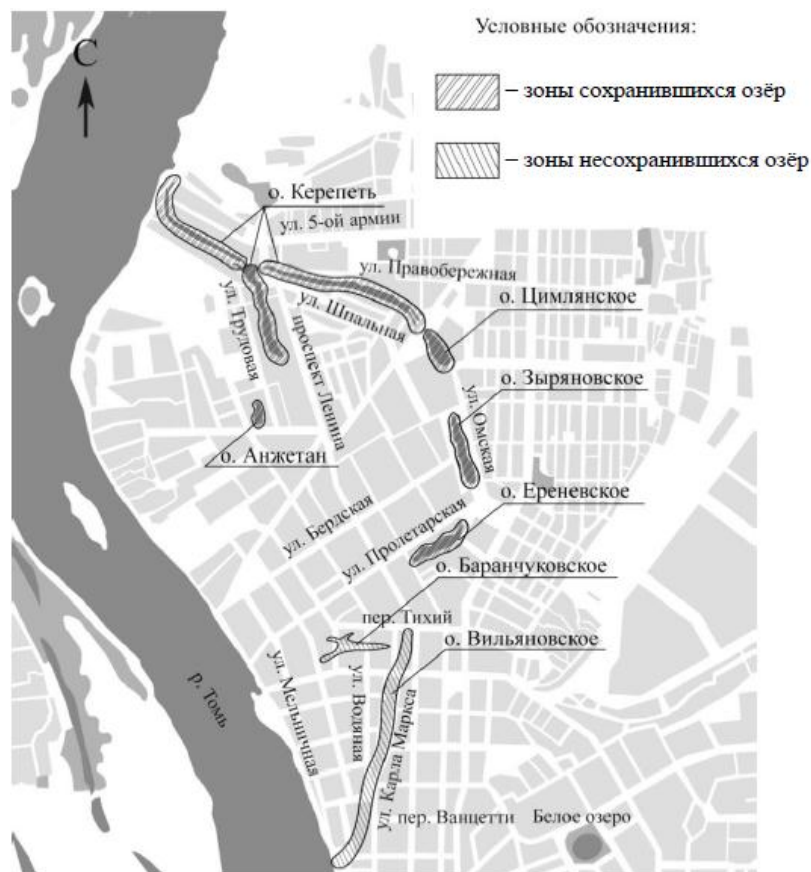


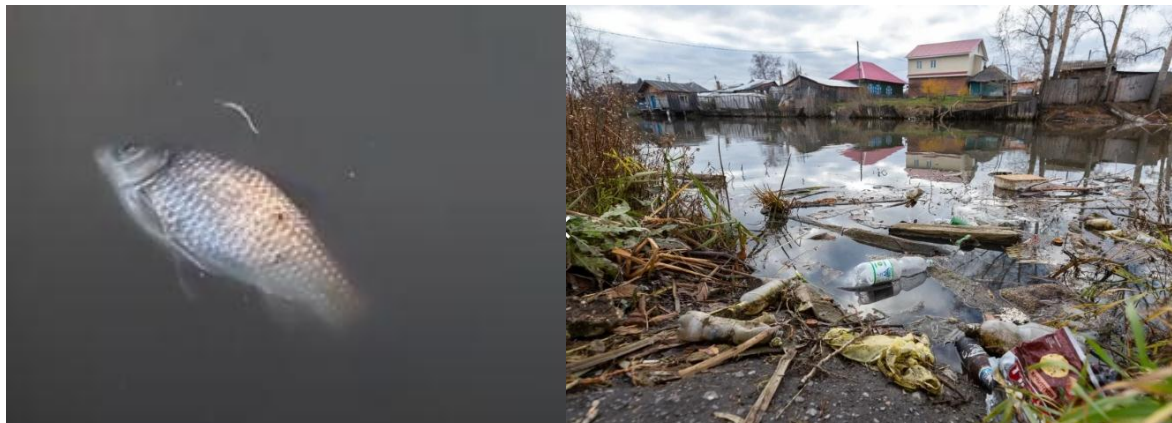
Рис. 1. Карта–схема современного расположения озёр в северной и центральной части г. Томска (по данным А.М. Якимовой [6])

Озера г. Томска значительно отличаются друг от друга по химическим и микробиологическим показателям состава и свойств. Это, в первую очередь, связано с составами загрязнителей, поступающих в водоем со сточными, ливневыми, снеготалыми водами. Значительное загрязнение воды, отсутствие благоустройства, слабая эстетическая непривлекательность делают рекреационное использование томских озёр, на сегодняшний день, проблематичным. И это несмотря на высокую оценку их потенциала в качестве оздоровительных и общественных мест для жителей, проживающих вблизи береговой зоны.

Явно недостаточные (скорее отсутствующие) природоохранные мероприятия и халатность лиц, принимающих серьезные управленческие решения, демонстрирует судьба озера Керепеть (см. рис.1). Озеро расположено в мкр «Черемошники» и исторически было местом отдыха и рыбалки жителей. Крайняя степень захламления берегов и накопившийся большой слой донных отложений потребовали включения озера в федеральную программу по экологической реабилитации водных объектов в 2010г. На средства, выделенные Федерацией в качестве субвенции Томской области (24 млн руб.), озеро было очищено по специально разработанным технологиям, в него была запущена молодь рыб. Озеро снова стало «обитаемым» – с точки зрения



разнообразия гидробионтов и отдыхающих на берегах томичей. Однако, начиная с 2018г., там происходят экологические катастрофы локального уровня (рис.2).



*Рис. 2.* Мертвая рыба в оз. Керепеть и общий вид озера, свидетельствующий о халатном отношении к нему жителей прилегающих территорий

На фоне замусоривания береговой линии отдыхающими и, как следствие, загрязнения воды, произошел аварийный сброс канализационных вод, который привел к гибели рыбы. Ущерб тогда составил 27 млн руб. «Всего этого можно было избежать, если бы аварийный сброс согласовали в реку Малая Киргизка. Да, это тоже водный объект, все попало бы в Томь, а это естественно проточный водоем, а не замкнутый, как Керепеть. В Малую Киргизку не вкладывалось столько денег, как в озеро на расчистку, рыборазведение. Рекреационная зона на Керепети создавалась много лет, сейчас вся работа пошла насмарку. В итоге вопрос: кто согласовывал аварийный сброс в Керепеть?» — прокомментировал Сергей Трапезников (глава Департамента охраны окружающей среды и природных ресурсов в то время) – писал портал vtomske.ru.

Тяжелые последствия этой аварии ощущаются до сих пор. В апреле 2022г. при таянии льда вместе с мусором на поверхности озера снова всплыла мертвая рыба. Специалисты объясняют это недостатком кислорода, которых тратится на гнилостные процессы в большом слое накопившихся донных отложений.



*Рис. 3. Общий вид оз. Керепеть весной и мертвая рыба среди древесных, пластиковых, резиновых отходов (29.04.2022г.)*

Как найти выход из сложившейся ситуации? Налицо противоречия между властью (областная и городская администрация делают попытки решения проблемы), бизнесом (у предприятий, ответственных за работу канализации, не хватает средств на модернизацию коллекторов, насосной станции, а это около 150 млн руб.), обществом (самими горожанами загрязняются места своего отдыха).

Повсеместно природные воды городских территорий загрязняются, а рекреационных зон с чистой водой становится все меньше.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабич, А.Н. Экологические проблемы городских водоёмов и пути их решения / А.Н. Бабич, Е.В. Шаповалова // Материалы национальной научно-практической конференции. – Омск, 2016. – С. 16–21.
2. Калюжная Ю.Ю. Природно-рекреационный потенциал физико-географических районов Томской области / Ю.Ю. Калюжная – Томск : Издательский Дом Томского государственного университета, 2020. – 184 с.
3. Каширо, М.А. Влияние экологического состояния водных объектов на рекреационный потенциал городской территории (на примере г. Томска) / М.А. Каширо // Вестник Томского гос. университета, 2010. – №333– с. 177-180.
4. Наливайко Н.Г. Микрофлора открытых водоемов (озер) как показатель экологического состояния водосборов на примере г.Томска / Н.Г. Наливайко, Е.Ю. Пасечник // Экология и промышленность России, – 2009. – № 6. – С. 50-53
5. Пасечник Е.Ю. Эколого-геохимическое состояние природных сред территории города Томска / Е.Ю. Пасечник // Вестник Томского государственного университета, 2008. –Т. № 306 – С. 149-154
6. Якимова А.М. Влияние городской застройки на изменение структуры естественных водоёмов / А.М. Якимова, И.В. Куликова // Вестник ТГАСУ, 2017 – № 5. – с. 78-87

*Ляпота Т. Л.*

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)  
имени М. И. Платова, г. Новочеркасск, Российская Федерация

## **О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ ПО БОРЬБЕ С ПАВОДКАМИ В БАССЕЙНЕ РЕКИ КУБАНЬ**

*Аннотация.* В работе проведен анализ последствий катастрофических паводков и состояния противопаводковой системы защиты в бассейне р. Кубань, даны предложения по использованию гибких плотин на основе мягких оболочек для заделывания проранов и возведения защитных дамб.

*Ключевые слова:* паводок, противопаводковая защита, мягкие оболочки, гибкие плотины.

*Lyapota T. L.*

FSBEI NE Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk,  
Russian Federation

## **ABOUT THE IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY FOR FLOOD CONTROL IN THE KUBAN RIVER BASIN**

*Abstract.* The paper analyzes the consequences of catastrophic floods and the state of the flood protection system in the basin of the river. Kuban, proposals are given for the use of flexible dams based on soft shells for sealing holes and erecting protective dams.

*Key words:* flood, flood protection, soft shells, flexible dams.

Одними из наиболее опасных и грозных природных явлений на планете являются наводнения и паводки. Они превосходят другие негативные природные явления как по наносимому ущербу, так и по площади охвата территорий при наибольшей частоте повторяемости явления. В результате стихии в среднем за год количество пострадавших составляет до 95 миллионов человек, а убытки исчисляются десятками миллиардов долларов США. Наводнения стали причиной гибели более одного миллиона человек на протяжении двадцатого столетия.

Количество крупных наводнений в России составляет от 40 до 70 ежегодно. Не меньшую опасность представляет данное природное явление и в Южном федеральном округе, и в частности, в бассейне реки Кубань. Наиболее памятными являются два события. В июне-июле 2002 года из-за ливневых дождей катастрофическое наводнение наблюдалось в девяти субъектах Южного федерального округа, в результате чего были затоплены 377 населенных пункта, жертвами стихии стали 114 человек, 335 тысяч – пострадали, были эвакуированы 106 тысяч жителей ЮФО, нанесенный ущерб оценивается в 16 миллиардов рублей. В период 6-7 июня 2012 года в Краснодарском крае погиб 171 человек, пострадали такие населенные пункты, как города Геленджик, Новороссийск, Крымск (пришелся основной удар стихии), поселки Дивноморское, Нижнебаканская, Неберджаевская,

Кабардинка. Ущерб оценивается в 20 миллиардов рублей. На всей территории Российской Федерации 9 июля 2012 г. был объявлен днем траура [1].

Поэтому в целях предупреждения и ликвидации перечисленных последствий в ЮФО по поручению Правительства РФ (от 13.02.2003 г., № ХВ-П9-01723) органами исполнительной власти всех уровней был разработан комплексный план действий, направленный на восстановление защитных сооружений, а также обеспечение нормального функционирования водохозяйственных систем в районах ЮФО [2]. Таким образом, остро стоит проблема защиты промышленных, гражданских, инфраструктурных объектов, а также сельскохозяйственных угодий.

Водосборная площадь реки Кубань составляет почти пятьдесят восемь тысяч квадратных километров. Три четверти данной площади территориально расположены в Краснодарском крае и Республике Адыгея при достаточно высокой плотности населения. Изменчивость годового стока реки значительна, и при 50% обеспеченности в среднемноговодный год сток составляет  $13,4 \text{ км}^3$ , а в среднемаловодный при 95% обеспеченности –  $9,6 \text{ км}^3$ . При этом имеет место сезонная и многолетняя неравномерность стока реки. Это связано, в том числе, с ее смешанным типом питания, соотношением объемов источников питания. В следствие этого, отдельные участки поймы затапливаются почти ежегодно (как правило, не более 20 суток), а с периодичностью немногим более десяти лет происходят большие наводнения.

Река Кубань и ее приток – река Протока имеют противопаводковую систему защиты с общей протяженностью дамб обвалования порядка 648 км, что позволяет предотвращать затопление около 600 тысяч га, из которых 400 тысяч га – это сельскохозяйственные угодья, 87 населенных пунктов. Кроме того, на данных территориях присутствуют в значительных количествах объекты и предприятия нефтеперерабатывающей, сельскохозяйственной, машиностроительной, химической отраслей, сотни нефтяных и газовых скважин, склады с продукцией и компонентами для перечисленных отраслей хозяйства. Однако, в результате наводнений периодически происходят прорывы дамб обвалования. Например, зимний паводок 2002 года вызвал четырнадцать прорывов дамб (были затоплены территории шести районов края), а летний паводок 2002 года привел к двадцати девяти прорывам дамб и затоплению территорий уже десяти районов края. Прораны в грунтовых дамбах обвалования имели среднюю ширину в 10-30 м, расход воды через которые доходил до  $20 \text{ м}^3/\text{с}$ . Для устранения одного прорыва, в зависимости от создавшихся условий, требуется до семи суток. Большинство дамб противопаводковой защиты выполняют свои функции десятки лет и образованы из глинистых, суглинистых и супесчаных грунтов, а в своей верхней части повреждены ходами грызунов и корнями растительности. Грунты в основании дамб также имеют неоднородную структуру. Таким образом, система противопаводковой защиты в ее нынешнем состоянии, не может безаварийно функционировать в условиях прохождения паводка и требует реконструкции [3].

В целях эффективного решения задачи следует использовать современные методы и технологии, позволяющие быстро, эффективно и с минимальными затратами заделывать прораны и возводить защитные дамбы. В качестве таковых возможно применение ограждающих конструкций в виде гибких наливных оболочек, выполненных из высокопрочных композитных материалов. Разработка подобных материалов и конструкций из них велась уже в начале двадцатого века. Первое экспериментальное строительство тканевой плотины было реализовано Сергеевым Б.И. в 1966 году. Возведение плотин из тканевых материалов с непроницаемым покрытием в нашей стране относится к 1972 году (рис. 1).

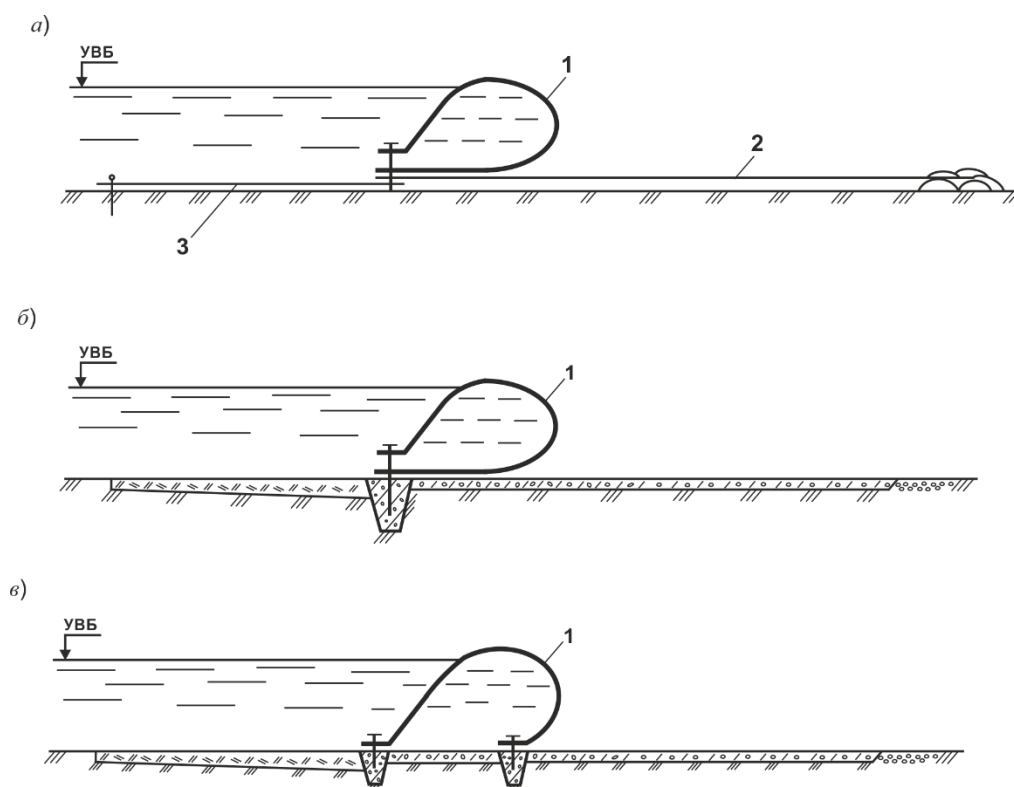


Рис. 1. Отдельные базовые варианты конструкций тканевых плотин замкнутого типа:

1 – несущее полотнище; 2 – тканевая рисберма; 3 – тканевый понур

Современная теория мягких оболочек была разработана и изложена в трудах профессора Алексева С.А. [4].

Материал для гибких плотин имел капроновую основу в сочетании с резиной и добавками. Такой материал водонепроницаем, устойчив к ультрафиолетовому излучению, механическим повреждениям на истирание и растрескивание при массе одного квадратного метра полотна в несколько десятков грамм и более. Кратковременная прочность материала на разрыв -  $T_0=74$  кН/м, а прочность материала по пределу текучести -  $T_y =100$  кН/м, что

достаточно для восприятия действующих на сооружение нагрузок и удовлетворяет требуемым условиям эксплуатации конструкции.

На рис. 2 представлена схема, иллюстрирующая процесс наполнения и управления работой гибкой плотины.

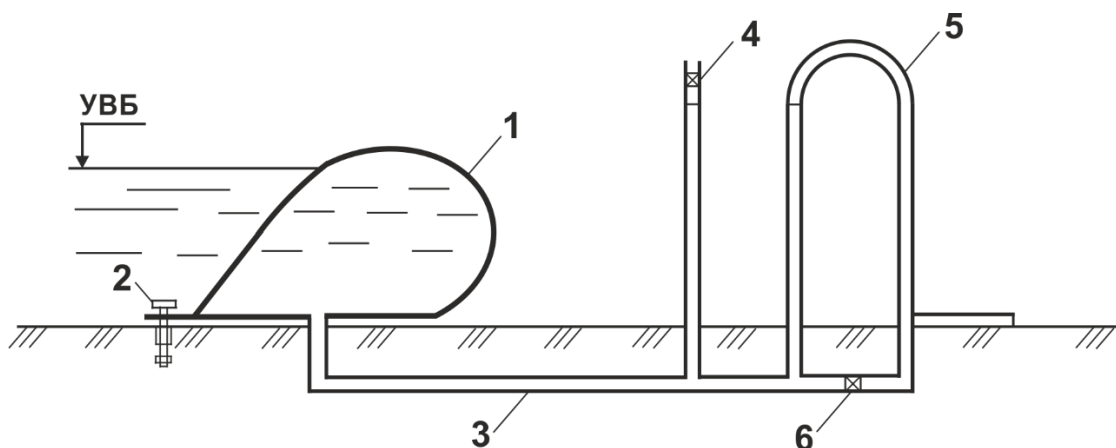


Рис. 2. Схема поясняющая процесс наполнения и управления работой гибкой плотины:

- 1 – несущее полотнище; 2 – крепление; 3 – труба водовыпуска;  
4 – клапан; 5 – сифон; 6 – задвижка

В последствии разработкой теории мягких оболочек и конкретных конструктивных решений на их основе занимался профессор Волосухин В.А., а также целый ряд других ученых, которых можно причислить к его научной школе [5].

Предлагаемые, выше упомянутыми учеными, конструкции на основе мягких оболочек могут и уже используются в системе противопаводковой защиты в качестве ограждающих дамб и при ликвидации проранов. Подобные конструкции весьма эффективны, так как имеют малый вес, устанавливаются в проектное положение в течение нескольких часов, могут использоваться многократно в течение достаточно длительного времени, имеют модульное заводское изготовление, обладают необходимой устойчивостью на сдвиг и опрокидывание при действии на них заданных нагрузок, а также не оказывают отрицательного влияния на окружающий природный и техногенный ландшафты. Конструкции на основе мягких оболочек в виде гибких дамб нашли свое применение для предотвращения паводков в бассейнах таких рек как Кубань, Терек, Кума. Правда, нужно отметить, что количество применяемых комплектов в настоящее невелико и в перспективе потенциал их применения оценивается десятками тысяч.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Десять самых масштабных наводнений в России в 1993-2013 годах. [Электронный ресурс] // РИА Новости: информ.-справочный портал, URL: <https://ria.ru/20130926/966016499.html>?
2. [www.government.ru](http://www.government.ru)
3. Малышев Б.Н. Противопаводковые мелиорации в бассейне нижней Кубани: монография. Краснодар: «Просвещение Юг», 2006. 258 с.
4. Мягкие нерастяжимые оболочки (осесимметричная задача) / С.А. Алексеев // Научно-техническая конференция по расчету гибких пластин и оболочек. М., 1962. С. 73-97.
5. Волосухин В.А., Кузнецов В.А. Основы теории и методы расчета тканевых сооружений мелиоративных систем. Новочеркасск: НГМА, 2001. 266 с.

*Ляпота Т. Л.*

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова, г. Новочеркасск, Российская Федерация

### **О ВОЗМОЖНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ СРОКОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

*Аннотация.* В работе проанализированы причины снижения мирового сельскохозяйственного производства, приводятся причины недостаточно эффективной работы гидротехнических сооружений оросительных систем и возможные меры по их устранению.

*Ключевые слова:* гидротехническое сооружение, мелиорируемые земли, оросительная система, дюкер.

*Lyapota T. L.*

FSBEI NE Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russian Federation

### **ON THE POSSIBILITY OF INCREASING THE FUNCTIONING LIFE OF HYDROTECHNICAL STRUCTURES**

*Abstract.* The paper analyzes the reasons for the decline in world agricultural production, gives the reasons for the insufficiently efficient operation of hydraulic structures of irrigation systems and possible measures to eliminate them.

*Key words:* hydraulic structure, reclaimed land, irrigation system, siphon.

На протяжении всей истории своего существования человечество всегда сталкивалось с трудностями в обеспечении себя продовольствием. Несмотря на существенный прогресс технологий во всех сферах человеческой деятельности, указанная проблема отнюдь не перешла в разряд второстепенных и периодически, снова и снова возникает перед населением планеты. По сообщениям средств массовой информации, многие страны в той или иной степени в течение последнего года столкнулись с проблемами аграрного производства. Например, в Китае причинами создавшегося положения стали

засухи и наводнения в достаточно широких масштабах, формируются запасы продовольствия на уровне государства, которое закупается по всему земному шару, из-за наводнений в Европе наблюдается неудовлетворительная (ниже среднего показателя) урожайность основных сельскохозяйственных культур за последние десятилетия, для США и Канады причинами стали масштабные засухи, наблюдавшиеся последний раз 126 лет тому назад. В связи с этим, ряд предприятий аграрного сектора Германии, Австрии и других стран находятся на грани рентабельности. Засухи и наводнения также не обошли стороной и территорию Российской Федерации, что конечно же сказалось на уровне сельскохозяйственного производства в стране. В качестве других причин, повлиявших на создавшуюся ситуацию, можно назвать подорожание минеральных удобрений (вызвано энергетическим кризисом), снижение объемов их производства (внесение удобрений кратно повышает урожайность), мировая пандемия COVID-19, приведшая к остановкам в работе сельхозпредприятий и не только, прерыванию поставок по сложившимся логистическим маршрутам и др. [1]. При этом можно заметить, что упомянутые страны обладают развитыми технологиями сельскохозяйственного производства.

Сложившаяся ситуация на рынке продовольствия признана ООН как сильнейший продовольственный кризис за последние 75 лет, который при этом еще не достиг своего максимума [2]. Следует также иметь в виду возрастающий рост потребления продуктов питания в связи с увеличивающимся населением планеты.

Исходя из изложенного, можно сделать вывод о том, что странам необходимо добиваться высокого и стабильного уровня производства сельскохозяйственной продукции, его постоянного роста с целью обеспечить население необходимыми продуктами.

Из истории человечества, в том числе древней, хорошо известно, что развитое земледелие было у стран, имевших не менее развитую инфраструктуру систем орошения для доставки и распределения воды на поля. В настоящее время орошаемые площади составляют до 280 миллионов гектаров, на которых выращивается свыше сорока процентов мирового урожая. Доля орошаемых земель в мире доходит до двадцати процентов от всей пашни. В Азии этот показатель составляет более 60 %, в странах СНГ и Северной Америки – примерно по 10 %, в Европе – примерно 7% от всех пахотных земель в мире.

Природно-климатические условия на территории Российской Федерации, с точки зрения ведения сельского хозяйства, могут быть охарактеризованы как достаточно сложные: подавляющее большинство пахотных земель (около 80%) располагается в климатических зонах либо с недостаточным, либо неустойчивым увлажнением, а более 10% пахотных земель подвергаются избыточному увлажнению. На мелиорируемых землях, доля которых в отдельные периоды достигала примерно 9% от общей площади пашни, выращивалось шестнадцать процентов продукции растениеводства, тридцать



шесть процентов кормовой продукции, вся продукция рисоводства, значительные доли овощной и зерновой продукции.

Мелиоративный фонд РФ включает 4,68 миллионов гектаров площади орошаемых земель (реально использовались около 3,89 миллионов гектаров) [3]. Южный и Северо-Кавказский федеральный округа являются теми районами, в составе которых доли орошаемых земель доходят до 25% и 24% соответственно от площади орошаемых земель РФ. Большинство площадей упомянутых земель территориально относятся к Ростовской области (228 тысяч гектар), Ставропольскому краю (281 тысяча гектар), Краснодарскому краю (386 тысяч гектар), Республике Дагестан (371 тысяча гектар). Таким образом, значительный процент орошаемого земельного фонда располагается на юге РФ. Около половины данного земельного фонда орошается дождеванием и имеет открытую оросительную сеть, более пятидесяти процентов протяженности которой, в свою очередь, имеет покрытия, предотвращающие фильтрацию. К сожалению, техническое состояние указанного покрытия в целом ряде случаев таково, что это не позволяет обеспечить требуемый нормативный коэффициент полезного действия функционирующих оросительных систем, а потери воды забираемой для целей орошения могут достигать даже восьмидесяти процентов от объема, поступающего в водозабор из источника [4]. Подобное состояние оросительных систем не может отрицательно не сказаться как на состоянии мелиорируемых земель, так и на экологической обстановке близлежащих территорий в целом. Состояние примерно 1,3 миллиона гектаров мелиорируемых земель можно охарактеризовать как хорошее и удовлетворительное.

Еще одним из недостатков, оказывающем существенное влияние на КПД оросительных систем, является пропускная способность каналов с железобетонной облицовкой. В следствие периодического заиливания канала его пропускная способность может дополнительно уменьшаться еще на 20-40%. Участки, на которых происходит занесение водотока (по протяженности могут доходить до нескольких километров), в дальнейшем зарастают сорняками и камышом.

Управление водными ресурсами в реках и на оросительных системах происходит с помощью речных и сетевых (внутрисистемных) гидротехнических сооружений. Данные сооружения осуществляют забор воды из естественных водоисточников или каналов более старшего порядка, выполняют функцию пропуска воды на местности со сложным рельефом или преодоления различного рода препятствий иного характера, позволяют безопасно отводить излишки транспортируемой воды в водоемы естественного или искусственного происхождения.

Так, в составе оросительных систем Южного и Северо-Кавказского федерального округов насчитывается порядка 450 тысяч сетевых гидротехнических сооружений (ГТС), рассчитанных, как правило, на расход до 10 м<sup>3</sup>/с. Многие из данных сооружений функционируют уже несколько десятилетий (до сорока-пятидесяти лет), что говорит об исчерпании ими своего

срока службы (более 65% сооружений), однако некоторые находятся в удовлетворительном состоянии и могут еще эксплуатироваться достаточное количество времени, особенно при проведении их реконструкции.

Выход из строя сетевых ГТС как правило обусловлен следующими причинами: сооружения эксплуатировались при расходах воды, которые превышали допустимые значения, не соблюдалось должное качество и технология во время строительных работ, имели место отступления от проектной документации в период строительства, были нарушены требования в отношении эксплуатационного режима для конкретного сооружения, воздействие неблагоприятных природных факторов в виде дождя, снега, ветра, перепадов температуры в летний и зимний периоды и др.

Ниже рассмотрим характеристики и краткое описание технического состояния дюкера, который осуществляет транспортировку воды в составе Право-Егорлыкского канала через пойму реки Ташла. Дюкер имеет общую протяженность 2531 метр и состоит из металлической (1338 м) и железобетонной (1099 м) частей с диаметром водопроводящей части 2,9 м. Данное гидротехническое сооружение рассчитано на пропуск расчетного расхода 19,5 м<sup>3</sup>/с с напором до 6,77 метра. Проведенные работы, направленные на выявление реального технического состояния сооружения и возможности его дальнейшей эксплуатации, показали достаточно существенное уменьшение толщины стенки металлической части до 6,5 мм (проектная величина 10 мм), отклонение свай опор от вертикального проектного положения, наличие дефектов в виде разрушения бетона и коррозии арматуры железобетонных опор по причинам несоблюдения технологии при их возведении и агрессивного воздействия природных факторов.

Для того, чтобы продлить срок службы данного сооружения следует каждый год контролировать состояние его водопроводящей части (особенно металлической), а также следить за состоянием и осадкой опор, разрушение или деформации которых сверх нормативных значений приведут к выходу из строя как самого сооружения, и серьезным последствиям для земель этого района. В целях защиты от коррозии внутренней поверхности водопроводящей металлической части дюкера может быть применен материал типа ПРИМ ПЛАТИНА, рассчитанный на постоянный контакт как с пресной, так и морской водой, практически во всех климатических условиях, имеющий широкую сферу применения – от нефтегазового комплекса и химической промышленности до гидротехнического строительства. Для защиты и ремонта железобетонных конструкций опор и водопроводящей железобетонной части дюкера можно использовать тиксотропные покрытия типа Емасо, позволяющие восстанавливать значительные площади поверхностей при большой толщине слоя (от 3 до 80 мм в зависимости от положения поверхности) и обладающий свойством компенсации усадки для защиты от образования трещин, защищает железобетонные поверхности от атмосферных воздействий и химической коррозии.

Исходя из анализа сложившегося положения и имеющихся материалов, можно сказать, что одним из решений поставленных задач является рациональная и эффективная эксплуатация действующих сооружений на основе системы соответствующих инженерных мероприятий. Кроме того, преодоление возникающих трудностей принципиально невозможно без создания новых более совершенных конструкций и сооружений с использованием современных технологий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кочетов А. Рост цен на продукты питания уже невозможно игнорировать. Мир катится в пучину сильнейшего продуктового кризиса...[Электронный ресурс] // Мировое обозрение: информ.-справочный портал, URL: <http://tehnovar.ru/301298-Rost-cen-na-produkty-pitaniya-ughe-nevozmogho-ignorirovaty-Mir-katitsya-v-puchinu-silyneyshego-produktovogo-krizisa%E2%80%A6.html>
2. Миру угрожает продовольственный кризис. Экономист ООН объяснила RTVI почему. [Электронный ресурс] // RTVI: информ.-справочный портал, URL: <https://rtvi.com/opinions/rastushchiy-appetit-bogatogo-naseleniya-i-izmenenie-klimata-ekonomist-oon-otvetila-na-voprosy-rtvi-o/>
3. Ольгаренко Г.В., Турапин С.С. Аналитические исследования перспектив развития техники орошения в России: Информационно-аналитическое издание. М.: Коломна: ИП Лавренов А.В., 2020. 128 с.
4. Тищенко А.И. Сетевые гидротехнические сооружения: монография. Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2008. 246 с.
5. Ляпота Т.Л. Исследование Ташлинского дюкера на Право-Егорлыкском канале // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2015. № 3-2(17). С. 81-91.

*Малкова М. А., Ялалетдинова А. В., Кантор Е. А.*

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация

### **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ХЛОРОФОРМА В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАРКОВСКИХ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ**

*Аннотация.* С помощью конечных цепей Маркова спрогнозирована вероятность попадания концентрации хлороформа в состояниях  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  на период, равный 1 месяцу при вариации глубины ретроспективных данных от 20 лет до 1 года. Выявлено, что при вариации глубины ретроспективных данных от 8-и до 4-х лет, наблюдается резкое ухудшение ситуации: вероятность попадания значений концентрации ХФ в первую область (состояние  $S_1$ ) уменьшается с 0,77 до 0,57, а в третью (состояние  $S_3$ ) – растет с 0,05 до 0,14.

*Ключевые слова:* питьевая вода, тригалогенметаны, хлороформ, цепи Маркова, вероятность события.

## PREDICTION OF CHLOROFORM CONCENTRATION IN DRINKING WATER USING MARKOV RANDOM PROCESSES

*Abstract.* With the help of finite Markov chains, the probability of hitting the concentration of chloroform in states  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  for a period equal to 1 month is predicted with a variation in the depth of retrospective data from 20 years to 1 year. It was found that with a variation in the depth of retrospective data from 8 to 4 years, a sharp deterioration in the situation is observed: the probability of CP concentration values falling into the first region (state  $S_1$ ) decreases from 0.77 to 0.57, and in the third (state  $S_3$ ) - increases from 0.05 to 0.14.

*Key words:* drinking water, trihalomethanes, chloroform, Markov chains, event probability.

Хлороформ (ХФ) является распространенным продуктом результата дезинфекции воды. В питьевой воде хлороформ присутствует в более высоких концентрациях, чем остальные тригалогенметаны (ТГМ) (бромдихлорметан, дибромхлорметан и бромформ) [1-5]. По этой причине он рассматривается как индикатор содержания продуктов хлорирования в воде. Прогнозирование содержания хлороформа в питьевой воде как индикатора содержания в ней продуктов хлорирования осложняется тем, что временной ряд содержания ТГМ и, в частности, ХФ на более, чем 70% описывается случайной компонентой (тренд-циклическая компонента составляет 0,1%, сезонная – 37,2%, случайная – 62,7%) [2]. То есть, изменение содержания хлороформа в питьевой воде следует рассматривать как случайный процесс. В то же время закономерности изменения концентрации хлороформа в годовом периоде проявляются в виде тенденций, свойственных всему процессу водоподготовки.

На качество воды оказывает влияние большое количество факторов, которые с течением времени меняются случайным образом. При этом очевидно, что вероятность любого уровня качества воды в будущем зависит от того, какими свойствами обладает вода сейчас и не зависит от того, какие именно процессы привели к ее текущему состоянию. Это позволяет рассматривать динамику изменения качества воды с позиций теории марковских случайных процессов. Большой интерес представляет краткосрочное и среднесрочное прогнозирование ХФ. В этом контексте определенный интерес представляют конечные цепи Маркова, как специфический метод прогнозирования значений диагностируемых величин [6].

Для реализации этапов, определяющих использование цепей Маркова, нами выделено три диапазона концентраций хлороформа в питьевой воде, Первый диапазон включает область концентраций ХФ от 0 до 6 мкг/дм<sup>3</sup> и представляет собой зону наименьших потенциальных рисков в отношении причинения вреда здоровью населения (состояние  $S_1$ ). Второй диапазон – от 6 до 10 мкг/дм<sup>3</sup> (состояние  $S_2$ ). Это диапазон наиболее часто встречаемых концентраций ХФ в питьевой воде. Третий диапазон – более 10 мкг/дм<sup>3</sup> –

характеризуется повышенным потенциальным риском (состояние  $S_3$ ). На основе имеющихся данных были определены вероятности переходов.

С помощью конечных цепей Маркова в соответствии с описанной выше последовательностью расчетов нами спрогнозирована вероятность попадания концентрации ХФ в состояниях  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  на период, равный 1 месяцу при вариации глубины ретроспективных данных от 20 лет до 1 года (рис. 1).

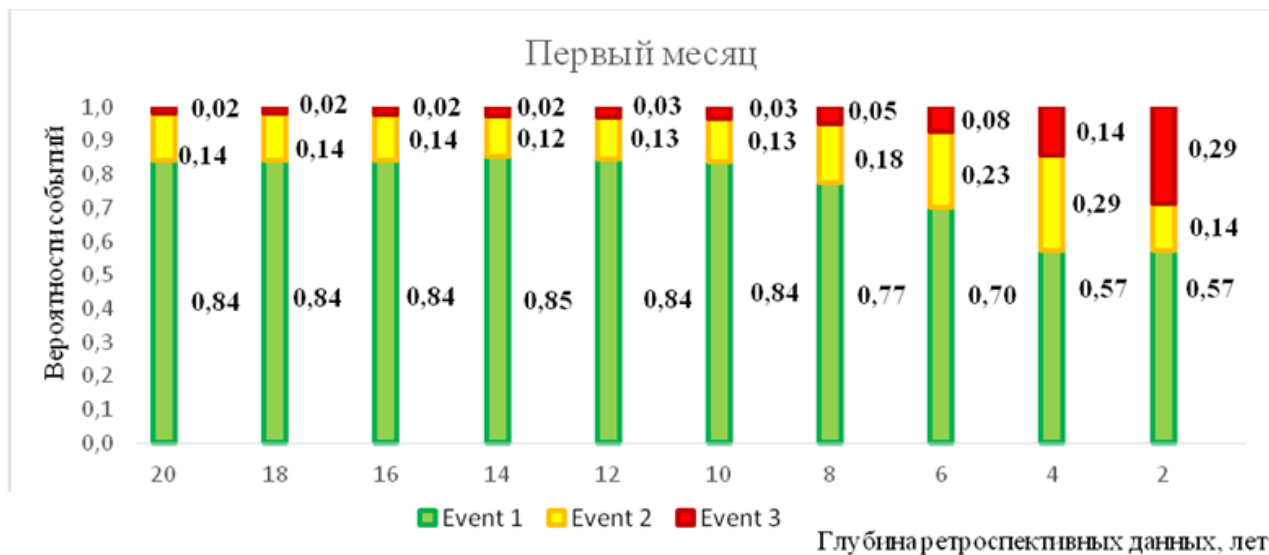


Рис. 1. Прогнозные вероятности концентрации хлороформа в питьевой воде на 1 месяц

Анализ полученных данных показывает, что при глубине ретроспективных данных в интервале от 20 до 10 лет вероятности отнесения качества воды к состояниям  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  остаются практически неизменными. При вариации глубины ретроспективных данных от 8-и до 4-х лет, наблюдается резкое ухудшение ситуации: вероятность попадания значений концентрации ХФ в первую область (состояние  $S_1$ ) уменьшается с 0,77 до 0,57, а в третью (состояние  $S_3$ ) – растет с 0,05 до 0,14. Увеличение концентрации ХФ в питьевой воде, возможно, связано с проведением декольматации донных отложений в русле реки. В результате декольматации возрастает водоток из водоисточника в скважины водозабора, что приводит к некоторому ухудшению качества воды, подвергаемой хлорированию.

Таким образом, большое практическое значение для управления процессом водоподготовки и оценки риска здоровью населения при потреблении питьевой воды текущего качества имеет не точное спрогнозированное значение концентрации хлороформа, чего добиться невозможно вследствие высокой доли случайной компоненты временного ряда, а знание наиболее вероятной области, в которую попадет фактическая концентрация.

\*Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования России в сфере научной деятельности, номер для

публикаций FEUR - 2020 - 0004 «Решение актуальных задач и исследование процессов в нефтехимических производствах, сопровождающихся течениями многофазных сред».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малкова М.А., Кантор Е.А., Вожаева М.Ю. Прогнозирование концентрации тригалогенметанов в питьевой воде // Успехи современного естествознания. 2018. № 4. С. 133-138.
2. Малкова М.А., Хузиахметова А.А., Жигалова А.В., Егорова Н.Н., Вожаева М.Ю., Кантор Е.А. Сопоставление качества питьевой воды по содержанию тригалогенметанов с заболеваемостью населения // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 3. С. 145.
3. Malkova M.A., Vozhdaeva M.Y., Kantor E. A. Method for predicting trihalomethanes content in drinking water (by the example of surface type water intake) // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Civil, Architectural and Environmental Sciences and Technologies, CAEST 2019. 2020. С. 012092.
4. Малкова М.А., Кантор Е.А., Вожаева М.Ю., Белолипец И.А. Некоторые статистические характеристики содержания тригалогенметанов в питьевой воде инфильтрационного водозабора // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2019. № 3. С. 141-148.
5. Malkova M.A., Vozhdaeva M.Y., Kantor E.A., Melnitskii I.A. Comparison of drinking water quality in terms of relative concentrations and carcinogenic risks of trihalomethanes // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2019. С. 52052.
6. Chinyuchin Yu.M., Solov'ev A.S. Application of Markov processes for analysis and control of aircraft maintainability. Civil Aviation High Technologies. 2020;23(1):71-83. (In Russ.)

*Чериканова Е. А., Никулина С. Н., Фатеева Н. Ю.*

Калужский филиал Московского государственного технического университета имени Н. Э. Баумана (Национальный исследовательский университет)» (КФ МГТУ им. Н. Э. Баумана), г. Калуга, Российская Федерация

### **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

*Аннотация.* В работе проведен анализ современного состояния подземных вод на территории Российской Федерации, рассмотрены проблемы водопользования и предложены некоторые возможные пути их решения.

*Ключевые слова:* Подземные воды, ресурсы подземных вод, загрязнение подземных вод, подземные воды РФ.

*Cherikanova E. A., Nikulina S. N., Fateeva N. U.*

Kaluga branch of the Bauman Moscow state technical University (national research University), Kaluga, Russian Federation

## **THE CURRENT STATE OF GROUNDWATER IN THE TERRITORY OF THE RUSSIAN FEDERATION**

*Abstract.* In work the analysis of the current state of groundwater in the territory of the Russian Federation, considers the problems of water use and suggests some possible ways to solve them.

*Key words:* Groundwater, groundwater resources, groundwater pollution, groundwater of the Russian Federation.

Подземные воды, заключенные в верхней части земной коры, приобретают все большее значение в условиях обострения водно-экологической ситуации как в связи с увеличением антропогенного воздействия на водные объекты (рост водозабора, увеличение источников загрязнения и другие), так и вследствие происходящих климатических изменений. Являясь наиболее защищенными от внешних воздействий, подземные воды представляют собой важнейший источник питьевого и производственно-технического (технологического) обеспечения населения и объектов промышленности, сельского хозяйства и коммунальных служб. Месторождения подземных вод России содержат свыше 10 % мировых разведанных запасов.

Подземные воды подвержены загрязнению в гораздо меньшей степени по сравнению с поверхностными водами, тем не менее, выработка эффективных мероприятий по охране подземных вод является сложной задачей, в связи с трудностями, возникающими при оценке их состояния. Для сохранения ресурсов подземных вод требуется проведение целого комплекса мероприятий по их защите от истощения и загрязнения.

Урбанизация территорий является одной из наиболее характерных особенностей второй половины XX и начала XXI столетия. Её негативные последствия проявляются в ухудшении состояния всей окружающей города природной среды и особенно ощутимо сказываются на гидроэкологическом состоянии водных объектов, а это отражается на качестве жизни и здоровье жителей городов. Территории, занятые городскими поселениями, воздействуют на водные объекты, последствия которых проявляются в изменениях количественных и качественных характеристиках водной среды в наибольшей степени, чем другие факторы антропогенной деятельности.

Прогнозируемые ресурсы подземных вод РФ, предназначенные для питьевого водоснабжения и технического использования оценены в 914 млн. м<sup>3</sup>/сут. Около 70 % прогнозируемых ресурсов подземных вод сосредоточено в азиатской части РФ и приходится на три федеральных округа (Сибирский – 28,5 %, Дальневосточный – 21,2 % и Уральский – 19,9 %). Наименьшими запасами подземных вод обладают Южный (2 %) и Северо-Кавказский (2 %) федеральные округа [2].

Балансовые запасы питьевых и технических подземных вод территории РФ составляют порядка 90 млн. м<sup>3</sup>/сут., в том числе по категориям (согласно Приказа Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 30 июля 2007 года № 195 «Об утверждении Классификации запасов и прогнозных ресурсов питьевых, технических и минеральных подземных вод»): А – 27 млн. м<sup>3</sup>/сут. ; В – 29 млн. м<sup>3</sup>/сут.; С1 – 22 млн. м<sup>3</sup>/сут.; С2 – 12 млн. м<sup>3</sup>/сут.. Процентное соотношение балансовых запасов питьевых и технических подземных вод РФ по категориям представлено на рис. 1.

Забалансовые запасы представлены в количестве 2 млн. м<sup>3</sup>/сут., из них в Центральном ФО – 27 %, Приволжском ФО – 19 %, Сибирском ФО – 15 %, Южном ФО – 8 %, Уральском ФО – 9 %, Северо-Кавказском ФО – 8 %, Дальневосточном ФО – 8 %, Северо-Западном ФО – 6 % (рис. 2).

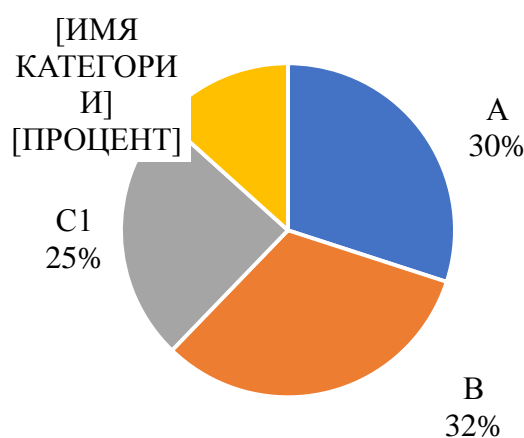


Рис. 1. Процентное распределение по категориям балансовых запасов питьевых и технических подземных вод

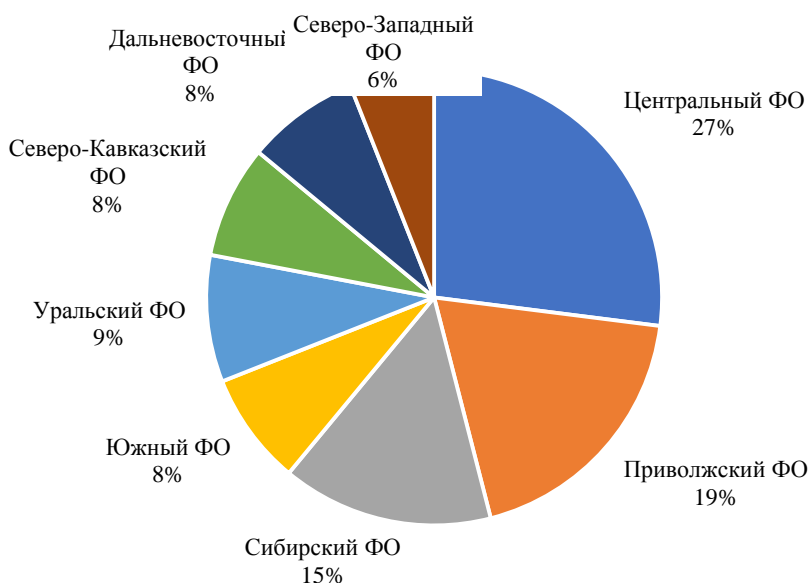


Рис. 2. Распределение забалансовых запасов подземных вод по Федеральным округам



Подавляющая часть запасов (95 %) – это воды для питьевого водоснабжения населения. На сегодняшний день, в той или иной степени эксплуатируются всего около 3450 месторождений, что свидетельствует о слабом освоении (65 %) разведанных запасов. Около 5 % приходится на запасы, предназначенные для технологического обеспечения объектов промышленности и орошения земель.

Наиболее крупные запасы для орошения земель утверждены в Волгоградской области (800 тыс. м<sup>3</sup>/сут.), Республиках Северная Осетия-Алания (490 тыс. м<sup>3</sup>/сут.) и Кабардино-Балкарская (360 тыс. м<sup>3</sup>/сут.), Алтайском крае (400 тыс. м<sup>3</sup>/сут.), Ставропольском крае (260 тыс. м<sup>3</sup>/сут.); для производственно-технического водоснабжения – в Республике Бурятия (420 тыс. м<sup>3</sup>/сут.), Оренбургской (250 тыс. м<sup>3</sup>/сут.) и Курской (120 тыс. м<sup>3</sup>/сут.) областях, Краснодарском крае (170 тыс. м<sup>3</sup>/сут.).

Суммарные запасы месторождений (участков) минеральных подземных вод, используемых для лечебных целей, выявлены в Северо-Кавказском (19 %), Северо-Западном (18 %), Сибирском (16 %), Южном и Дальневосточном (11 %), Центральном (10 %), Приволжском (8 %) и Уральском (7 %) федеральных округах.

Суммарные балансовые запасы минеральных подземных вод на территории РФ составляют 325,3 тыс. м<sup>3</sup>/сут., в том числе по категориям (согласно Приказа Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 30 июля 2007 года N 195 «Об утверждении Классификации запасов и прогнозных ресурсов питьевых, технических и минеральных подземных вод»): А – 105,1 тыс. м<sup>3</sup>/сут.; В – 106,0 тыс. м<sup>3</sup>/сут.; С1 – 52,1 тыс. м<sup>3</sup>/сут.; С2 – 62,1 тыс. м<sup>3</sup>/сут., и забалансовые запасы в количестве 0,8 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Процентное соотношение суммарных балансовых запасов подземных вод РФ по категориям представлено на рис. 3.

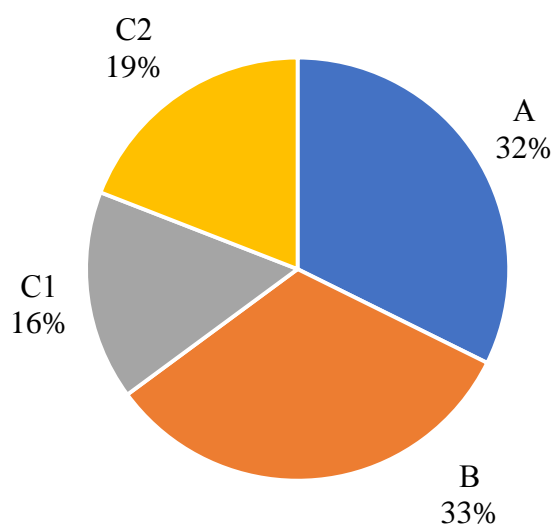


Рис. 3. Процентное распределение по категориям суммарных балансовых запасов подземных вод

На долю Центрального, Приволжского и Сибирского федеральных округов приходится как около 60 % как суммарных эксплуатационных запасов, так и запасов, подготовленных для промышленного освоения. Из субъектов Российской Федерации наибольшие запасы питьевых и технических вод отмечаются в Московской области, Краснодарском крае, Самарской и Нижегородской областях, Республике Башкортостан и Алтайском крае. Во всех этих субъектах РФ эксплуатационные запасы по сумме всех категорий превышают 2,5 млн. м<sup>3</sup>/сут., а запасы, подготовленные для промышленного освоения, составляют 0,6 – 1,2 млн. м<sup>3</sup>/сут. При этом подавляющая часть запасов на всех указанных территориях, кроме Алтайского края, предназначена для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения.

Менее всего разведаны запасы на территориях Астраханской области, Республик Карелия, Калмыкия, Ингушетия, где они не превышают 100 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

Наибольшими эксплуатационными запасами минеральных вод характеризуются Северо-Западный, Северо-Кавказский и Южный федеральные округа, на долю которых приходится около 50 % как суммарных эксплуатационных запасов, так и запасов, подготовленных для промышленного освоения. Из субъектов РФ наибольшие запасы минеральных вод отмечаются в Новгородской и Архангельской областях, Краснодарском и Ставропольском краях. В этих субъектах РФ эксплуатационные запасы по сумме всех категорий превышают 15 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Менее всего разведаны запасы на территориях Республик Карелия и Ингушетия, Мурманской и Астраханской областей, где они не превышают 2 тыс. м<sup>3</sup>/сут [3, 4].

К настоящему времени в Российской Федерации разведано всего 66 термальных месторождений подземных вод, запасы воды и пара которых оцениваются в 307 и 40,7 тыс. м<sup>3</sup>/сут. соответственно, ни из них только 50 % используется для производства тепла, эквивалентного сжиганию около 300 тыс. тонн условного топлива [5].

К сожалению, эти данные нельзя назвать абсолютно точными в связи с отсутствием полной ресурсной базы учета подземных вод. Существующая система учета крайне несовершенна и имеет ряд проблем, к которым можно отнести частое несоответствие названий и статусов месторождений или участков с присвоенными при государственной экспертизе запасов; месторождения часто представлены разными типами подземных вод (как по качеству, так и по назначению), практически требующими отдельного учета и анализа; отсутствует единообразие в выделении участков в пределах месторождений; сведения о месторождениях, участках и их запасах иногда попадают в бюллетени с большим опозданием и другие.

В стране существует ряд субъектов, испытывающих проблемы с обеспечением кондиционными подземными водами, что обусловлено гидрогеологическими особенностями их территорий и генетическими условиями формирования водоносных горизонтов.

Последствия антропогенных изменений проявляются в зоне активного водообмена значительно быстрее, чем результаты естественных изменений, характеризующихся более растянутым периодом отклика. Изменение гидродинамической обстановки, которое может быть вызвано разными техногенными причинами, способствует загрязнению эксплуатируемых горизонтов подземных вод. Такие неблагоприятные явления получили развитие в Тульско-Новомосковской агломерации, промышленной зоне Санкт-Петербурга и Екатеринбурга и на других территориях. Интенсивная откачка подземных вод не только увеличивает их уязвимость к загрязнению, но и способствует интенсификации экзогеодинамических процессов. В среднем при понижении на каждый метр уровня подземных вод земная поверхность оседает на 0,1 – 1,0 см [6].

Деградация качества воды целого ряда подземных водоисточников России напрямую связана с грубыми нарушениями режима зон санитарной охраны, авариями на накопителях токсичных отходов, закачкой неочищенных сточных вод в подземные горизонты, с утечками из объектов нефтяной промышленности, связанных с нефтью и нефтепродуктами, подток некондиционных вод из смежных неэксплуатируемых водоносных горизонтов или поверхностных водотоков и водоемов, в том числе интрузия морских вод и т.п. В результате происходит образование в подземных водах новых или увеличение содержания имеющихся нормируемых компонентов, что часто достаточно опасно для здоровья населения.

На территории России выявлено порядка 6,5 тыс. участков загрязнения подземных вод, в том числе порядка 3,5 тыс. на водозаборах хозяйственно-питьевого назначения. Основными загрязнителями подземных вод являются соединения азота (нитраты, нитриты, аммиак или аммоний на 3 тыс. участков), нефтепродукты (на 2 тыс. участков), сульфаты и хлориды (определены на 1 тыс. участков), тяжелые металлы (медь, цинк, свинец, кадмий, кобальт, никель, ртуть или сурьма на 500 участках), фенолы (на 400 участках). Для 73 % участков интенсивность загрязнения подземных вод составляет 1 – 10 ПДК, на 19 % участков изменяется в пределах 10 – 100 ПДК, на 8 % участков превышает 100 ПДК. При этом чрезвычайно опасной степени загрязнения (1-й класс опасности) подвержены 4 % от общего количества загрязненных участков, высокоопасному (2-й класс) – 19 % участков, опасному (3-й класс) – 41 % участков и умеренно опасному (4-й класс) – 16 % участков. Загрязнение 38 % участков связано с деятельностью промышленных предприятий, по 14 % – с сельскохозяйственной деятельностью и с коммунальным хозяйством, 12 % – с поступлением смешанных стоков промышленных, коммунальных и сельскохозяйственных объектов, 6 % – с нарушениями режима эксплуатации водозаборов. Для 16 % участков источник загрязнения подземных вод не был установлен, что, вероятнее всего, свидетельствует о недостатках системы мониторинга. По имеющимся данным 58 % подземных водозаборов не соответствует нормативным требованиям по природным показателям.

Водные объекты и их бассейны являются не просто географическими элементами земной поверхности, но и природообразующими геоэкосистемами. Каждая из таких геоэкосистем своеобразна и уникальна, что влечет за собой своеобразие и уникальность водных ресурсов административной территории, включающей в себя части различных геоэкосистем, поэтому нормирование качества подземных природных вод должно решать не проблему управления водой, как природным ресурсом, а проблему управления техногенной деятельностью человека, изменяющей природное качество этого ресурса.

На сегодняшний день административный принцип управления ресурсами подземных вод является преобладающим в нашей стране, в то время как при изучении природных условий используется бассейновый подход. Очевидно, что управление формированием качества подземных вод должно происходить на базе территориально-бассейнового принципа, что декларируется «Водным кодексом РФ» [1], тем не менее, практическая реализация данного принципа не высока.

Основными целями управления качеством подземных вод должны являться недопущение роста загрязнения и поддержание состояния подземных вод на существующем уровне. Основная задача системы мониторинга – формирование опережающего прогноза негативных изменений качества эксплуатируемых подземных вод, тем не менее, на сегодняшний день геологическими службами в рамках мониторинга геологической среды дается в большинстве случаев характеристика текущего состояния подземных вод в пределах существующих объектов недропользования. Для эффективного управления водными ресурсами важно использовать не только данные оперативного мониторинга, но и иметь представление о динамических внутриводосборных связях.

На сегодняшний день необходимо совершенствование норм водопотребления на основе именно рационального и экономного использования воды. Действующие нормы водопотребления разработаны еще в 80-е годы прошлого века, когда все водное хозяйство строилось на представлении о неисчерпаемости водных ресурсов. Производство, в том числе переработка сельскохозяйственной продукции, в большинстве случаев не использует замкнутые водооборотные системы. Повышение цен за использование водных объектов в качестве приемника сточных вод должно стимулировать внедрение замкнутых циклов.

Разработка новых норм водопотребления для типовых и специальных технологий должна проводиться с учетом затрат на единицу выпускаемой продукции.

Население России, должно перейти на режим экономного использования воды, не допуская расточительности и бесхозяйственности. Рациональность использования водных ресурсов в районах с дефицитом подземных вод может контролироваться применением особых завышенных тарифов на потребление воды для не являющихся жизненно важными целей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ
2. Головина, Е. И. Экономический механизм рационального использования подземных вод / Е. И. Головина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16. – № 1-4. – С. 951-955.
3. Ковтонюк, Г. П. Динамика и тенденции изменения состояния сырьевой базы подземных вод России / Г. П. Ковтонюк, В. В. Вавулова, В. К. Кононенко // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2012. – № 4. – С. 65-72.
4. Подземные воды как источник питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения. Состояние и проблемы воспроизводства ресурсной базы подземных вод / В. С. Круподеров, В. М. Лукьянчиков, Р. И. Плотникова, Л. Г. Лукьянчикова // Недропользование XXI век. – 2012. – № 2(33). – С. 56-63.
5. Черкасов, С. В. Ресурсы термальных подземных вод: геологические факторы оценки и освоения / С. В. Черкасов, А. М. Фархутдинов // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2017. – № 6. – С. 21-26.
6. Мулюков, Э. И. Классификация видов воды в приповерхностном слое земной коры и агрессивность подземных вод / Э. И. Мулюков // Башкирский химический журнал. – 2012. – Т. 19. – № 3. – С. 54-58.
7. Эльпинер, Л. И. Медицинская гидрогеология - междисциплинарный раздел науки о подземных водах / Л. И. Эльпинер // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95. – № 9. – С. 800-805. – DOI 10.18821/0016-9900-2016-95-9-800-805.

*Чериканова Е. А., Никулина С. Н., Фатеева Н. Ю.*

Калужский филиал Московского государственного технического университета имени Н. Э. Баумана (Национальный исследовательский университет)» (КФ МГТУ им. Н. Э. Баумана), г. Калуга, Российская Федерация

### **ОБЗОР НЕКОТОРЫХ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД**

*Аннотация.* В работе представлен обзор существующих методов очистки подземных вод, дано их краткое описание и проанализирована эффективность.

*Ключевые слова:* Подземные воды, очистка подземных вод, кондиционирование подземных вод, обезжелезивание, деманганация, обесфторивание, очистка подземных вод от соединений бора, дегазация.

*Cherikanova E. A., Nikulina S. N., Fateeva N. U.*

Kaluga branch of the Bauman Moscow state technical University (national research University), Kaluga, Russian Federation

### **OVERVIEW OF SOME METHODS OF GROUNDWATER TREATMENT**

*Abstract.* In work the presents an overview of existing methods of groundwater treatment, gives a brief description of them and analyzes the effectiveness.

*Key words:* Groundwater, groundwater purification, groundwater conditioning, de-ironing, demanganation, de-fluoridation, groundwater purification from boron compounds, degassing.

С каждым годом концентрация людей в городской среде увеличивается. В связи с этим растет и количество городов-гигантов, стремительное развитие промышленности, энергетики и, как следствие, все возрастающее использование природных ресурсов. Определяющим фактором ухудшения качества природных водных является воздействие человека, которое принимает угрожающие масштабы. В большинстве случаев подземные воды представляют собой сложную многокомпонентную систему, формирующуюся под влиянием многочисленных природных и антропогенных факторов, при этом качество подземных вод в последние десятилетия неуклонно падает. Оценки изменения качества воды и гидроэкологического состояния водотоков городских территорий, выполненные в нашей стране и за рубежом, свидетельствуют о недостаточной изученности и даже противоречивости выводов о преобладающей роли промышленных, бытовых сбросов и ливневых стоков в загрязнении подземных водных объектов на городских и пригородных территориях. Степень антропогенного влияния на химический состав воды, стекающей с городских территорий, зависит от площади застроек и количества населения, вида хозяйственной деятельности и состояние жилищно-бытового обслуживания населения. Поскольку два последних фактора взаимосвязаны, то количество населения может служить основным показателем при оценке размеров урбанизированных территорий и их влияния на загрязнение воды в водных объектах.

В роли основных загрязнителей выступают соединения аммиака, нитритов, нитратов, органических соединений, которые вместе с природными загрязнителями железа, марганца, сероводорода, гуминовыми комплексами, низкой щелочностью и рН усложняют процессы водоочистки на существующих сегодня очистных сооружениях.

Источниками появления соединений железа в природных водах являются процессы выветривания, эрозии почв и растворения горных пород. Глобальный характер приобретает закисление поверхностных и подземных вод из-за выпадения кислых дождей. В кислых водных средах на базе ионов  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  и  $SO_4^{2-}$  образуется целый ряд соединений железа, характеризующихся различной растворимостью. Соединения железа могут находиться в природной воде в растворенном, коллоидном и взвешенном состоянии, а также в виде различных химических соединений. Двухвалентное железо почти всегда находится в воде в растворенном состоянии, трехвалентное – только в случае очень низкого значения рН. Существует еще одна форма присутствия железа в природной воде – органические соединения железа, которые, как правило, растворимы или имеют коллоидную структуру и очень трудно поддаются удалению.

Наличие большого количества марганца в подземных водах, как правило, результат наличия солей марганца в почве, но возможны и антропогенные причины, среди которых можно назвать сброс отходов предприятий химической или металлургической промышленности, внесение в почву некоторых видов удобрений и работающие поблизости производства по

выпуску керамики. В подземных водах марганец находится в виде хорошо растворимых солей в двухвалентном состоянии.

Реагентное обезжелезивание и деманганация подземных вод возможно при окислении перманганатом калия, а введение алюминиевого коагулянта – полиоксихлорида алюминия – позволяет интенсифицировать этот процесс. К применяемым в настоящее время безреагентным методам удаления железа и марганца относятся: упрощенная аэрация с последующим фильтрованием; аэрация с последующим отстаиванием и фильтрованием; электрокоагуляция; обработка в слое взвешенного осадка и фильтрование в подземных условиях с предварительной подачей в пласт воды, насыщенной кислородом. В результате аэрации  $Fe^{+2}$  и  $Mn^{+2}$  окисляются кислородом воздуха и образуют нерастворимые соединения железа и марганца, основу которых составляют  $Fe(OH)_3$  и  $Mn(OH)_4$ . Во всех данных технологиях важным моментом является насыщение воды кислородом воздуха, то есть разработка метода аэрации, который при атмосферном давлении позволяет поглотить кислород до концентраций, близких к равновесным [1, 2].

Также возможно удаление железа и марганца из подземных вод озонированием. Являясь химически сильным окислителем, озон позволяет не только разрушать различные примеси в природных водах, но и переводить их в формы, способные гидратироваться и выделяться из воды в виде нерастворимых соединений, в частности, так происходит с растворенными в подземных водах железом и марганцем.

Тем не менее, технология озонирования подземных вод как технологический прием их обработки имеет свою специфику. Как технологический прием удаления основных загрязнений, содержащихся в подземных водах, озонирование должно сочетаться (соответствовать) в технологических схемах с качественным составом обрабатываемой воды. Параметры озонирования должны соответствовать качественному составу примесей и их концентрации в обрабатываемых подземных водах. В определенных условиях при окислении озоном растворенное в воде железо ( $Fe^{+2}$ ) оказывает конкурирующее действие в отношении растворенного марганца ( $Mn^{+2}$ ), который при этом полностью не окисляется и, как следствие, полностью не извлекается из воды при последующем фильтровании. Чрезмерное увеличение (свыше 3 мг/л) дозы растворенного озона при обработке подземных вод, содержащих растворенное железо в концентрации до 3,5 мг/л и марганец в концентрации до 0,3 мг/л приводит к обратному эффекту – ухудшению качества обработанной воды по остаточному содержанию марганца [3].

В случае маломинерализованных, мягких, высококремнистых вод с большим содержанием органических веществ этот процесс затруднен. Процессу препятствует совокупность растворенных органических веществ гумусового происхождения и ионов поликремниевых кислот, окружающих  $Fe^{+2}$  и  $Mn^{+2}$ , а также характерный уровень кислотности  $pH < 6,5$  и низкие значения показателя окислительно-восстановительного потенциала, что теоретически

обосновано и подтверждено экспериментально. С точки зрения простоты технического решения представляют интерес способы, основанные на пропускании воды через слой минерала, из которого вымываются в контактную среду водорастворимые компоненты, разработаны технологические схемы станций водоподготовки для обогащения кальцием и магнием природных вод с малой минерализацией и очистки от железа, марганца, гумусовых веществ [4].

Определенный интерес представляет безотходная внутрислоевая технология удаления железа и марганца из некондиционных подземных вод в водоносном горизонте. Данная технология широко используется в странах Западной Европы. Плюсом этих технологических процессов очистки подземных вод является то, что не требуются реагенты, т.к. в них используется кислород воздуха, и, соответственно, отсутствует реагентное хозяйство, а также нет нужды в транспортировке реагентов и утилизации отходов. В результате не возникает сложных экологических проблем, связанных с эксплуатацией наземных установок водоподготовки, утилизацией промывных вод, объем которых в зависимости от концентрации железа может достигать 15 – 20 % от величины водоотбора, как следствие, отсутствуют отходы производства и, следовательно, не требуются средства на вывоз шлама-пульпы промывных вод на полигоны складирования твердых промышленных отходов.

Технология внутрислоевой очистки воды опирается на создание в водоносном пласте искусственных геохимических барьеров с измененными окислительно-восстановительными условиями, в пределах которых благодаря физико-химическим и биологическим процессам протекают реакции окисления двухвалентного железа и марганца с переводом их в труднорастворимые формы трехвалентного железа и четырехвалентного марганца. Удаление окислительных компонентов, как и в традиционных технологиях, осуществляется фильтрацией, где в качестве фильтрующей среды выступают породы водоносного пласта.

Геохимические барьеры формируются путем закачки кислородсодержащей воды в пласт через скважины. Насыщение закачиваемой воды кислородом достигается путем аэрации компрессорами или эжекторами. Размеры создаваемых зон должны быть достаточно большими, чтобы процессы осадконакопления не смогли повлиять на производительность водозаборных скважин в течение всего срока эксплуатации.

Также существует метод обезжелезивания подземных вод в сочетании с их обеззараживанием с использованием активированного угля, модифицированного с помощью оксида цинка ( $ZnO$ ) и оксидов железа ( $Fe_xO_y$ ). Присутствие оксидов железа на поверхности фильтрующего материала улучшает процесс обезжелезивания очищаемой воды. Для инактивации микроорганизмов при очистке воды лучше всего применять оксид цинка, который является распространенным и безопасным материалом, а также обладает высокой эффективностью: даже при относительно низком уровне концентрации цинка (0,593 мг/г) коэффициент подавления жизнедеятельности *E. Coli*. составляет 99,99 % [6].



В настоящее время актуальна проблема очистки подземных вод от отдельных лимитирующих компонентов загрязнений, в частности бора, которую не решают базовые схемы водоподготовки и варианты, предусматривающие очистку от железа и марганца.

Бор является биологически активным элементом и относится к весьма токсичным веществам. Так, длительное потребление питьевой воды с повышенным содержанием бора может вызвать повышение общего сахара в крови, усиление тормозных процессов в коре головного мозга, снижение кислотности желудочного сока, нарушение минерального обмена и другие проблемы. В ряде регионов России подземные воды содержат бор в концентрациях, превышающих предельно-допустимую в 6 – 10 раз.

Для очистки воды от соединений бора представляют интерес следующие методы: соосаждение и осаждение, сорбция, ионный обмен, мембранные методы, в том числе электродиализ и обратный осмос.

Удаление бора соосаждением с гидроксидами магния, алюминия, лантана, кремния, титана и железа (III) малоэффективно при их низкой сорбционной емкости по бору, сложности повторного использования гидроксидов металлов и трудоемкости осуществления процессов очистки.

Получение по золь-гель технологии более эффективного оксигидратного циркониевого сорбента вследствие амфотерности циркония требует создания оптимальных условий для протекания основной стадии синтеза сорбента, а именно его избирательности к соединениям бора, что весьма трудоемко, а полученный сорбент механически не прочен, достаточно дорог.

Электродиализом и обратным осмосом вместе с ионами солей задерживается до 40 % бора. С учетом гигиенического норматива по бору в питьевой воде 0,5 мг/л концентрация бора в исходной воде не должна превышать 0,8 мг/л, что в 3,5 раза ниже его фактического содержания, например, во многих подземных водах ЦФО.

Существует эффективный способ очистки воды от анионов солей бора, основанный на ионном обмене с применением высокоселективных анионообменных смол (S-108, «Purolite», Великобритания; Amberlite-IRA743, «Rohm and Haas», Нидерланды и другие), которые имеют высокую механическую прочность, химическую стойкость, динамическую обменную емкость по бору, не токсичны и эффективно регенерируются [7].

Присутствие фтора в подземных водах обусловлено повсеместным распространением растворимых фторсодержащих соединений в породах и почвах. Содержание фтора составляет около 0,3 г/кг земной коры, в горных породах он присутствует в виде фторидов в ряде минералов, среди которых наиболее часто встречающимися являются плавиковый шпат, криолит и фторапатит.

Существующие нормативы качества воды, устанавливающие требования качества хозяйственно-питьевой воды централизованных и нецентрализованных источников водоснабжения, определяют, что концентрация в воде ионов фтора должна быть 0,7-1,5 мг/дм. Употребление

населением воды с концентрацией фтора более 1,5 мг/л вызывает флюороз зубов, который проявляется в потемнении и разрушении эмали, а также флюороз костей.

Наиболее перспективным методом очистки воды от фтора является реагентный, поскольку другие методы (фильтрационные, мембранные, ионообменные и другие) экономически затратны и нецелесообразны.

Традиционная схема реагентного обесфторивания воды предполагает обработку сульфатом алюминия с подщелачиванием известью, при этом механизм извлечения фтора заключается в образовании алюмофторидных комплексов и сорбции их на поверхности гидроксида алюминия. Реагентная обработка воды с концентрацией фтора более 5 мг/л по традиционной схеме приводит к несоответствию качества воды санитарным нормам: сверхнормативному увеличению содержания, жесткости, остаточного алюминия.

Представляется эффективным метод дробного дозирования реагентов, который заключается в их кратной подаче: оптимальная доза одной порции должна составлять не менее 2 и не более 4 моль алюминия на 1 моль фтора, последующее дозирование алюмосодержащего реагента проводится в количестве, пропорциональном остаточному содержанию фтора [8].

Удаление из подземных вод растворенных газов в технологиях водоподготовки достигается различными способами, интенсивность и эффективность которых диктуется содержащимися формами и количеством растворенных в воде газов, а также требуемой степенью их удаления. Выбор способа дегазации и его конструктивное оформление напрямую зависят от качественного состава обрабатываемых подземных вод, количества (по массе) растворенных в них природных газов, производительности водоочистных станций, а также от принятой технологической схемы водоподготовки, направленной на получение воды определенного качества.

Основными растворенными газами в подземных водах, влияющими, а зачастую, и определяющими технологии подготовки воды для питьевых целей, являются  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ . Удаление из воды растворенных газов в процессе водоподготовки осуществляют на дегазаторах различных типов. В конструктивном отношении дегазаторы многообразны, в технологическом же плане наиболее часто применяют барботажные, пленочные, вакуумные и вихревые дегазаторы.

В барботажных дегазаторах через слой медленно движущейся дегазируемой воды продувается сжатый воздух и тем самым обеспечивается развитая поверхность взаимодействия воды и воздуха. Из-за сравнительно большого расхода электроэнергии на компрессию воздуха барботажные дегазаторы используются достаточно редко.

Пленочные дегазаторы представляют собой колонны, загруженные насадкой, по которой вода стекает тонкой пленкой.

Вакуумные дегазаторы – аппараты, в которых с помощью специальных устройств (например, вакуум-насосов, паро- или водоструйных эжекторов)

создается пониженное давление, при котором вода кипит при данной температуре, чем обеспечивается удаление из нее растворенных газов.

Вихревая дегазация является развитием пленочной технологии удаления растворенных газов. Основное отличие заключается в отсутствии насадки в дегазаторе, где эюм вода разбрызгивается в вихревом потоке вводимого воздуха для обеспечения большей площади соприкосновения.

Эффективность методов дегазации оценивается степенью диспергирования обрабатываемой воды и подаваемого для дегазации воздуха, соотношением количества обрабатываемой воды и воздуха, а также скоростью их взаимного движения в аппарате, продолжительностью взаимодействия, температура обрабатываемой воды.

Вновь строящиеся и реконструируемые станции должны учитывать сложность физико-химического состава подземных вод, что обуславливает необходимость большого многообразия специальных методов и технологий их обработки, которые в современных условиях должны базироваться не только на анализе данных по качеству очищаемой воды, но и по фазово-дисперсному состоянию примесей в них и присутствию комплексообразователей; необходимо использовать синергетический эффект при очистке многокомпонентных подземных вод и совмещать методы очистки от природных компонентов и антропогенных загрязнений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оптимизация процесса обезжелезивания артезианских вод / А. Е. Иванов, О. А. Волкова, М. И. Ключенкова, М. Г. Беренгартен // Вода: химия и экология. – 2011. – № 4(34). – С. 25-31.
2. Браяловский, Г. Б. Деманганация подземных вод на обновляющемся каталитическом слое / Г. Б. Браяловский, Е. В. Мигалатий, А. Ф. Никифоров // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2015. – № 2. – С. 85-89.
3. Дзюбо, В. В. О некоторых особенностях озонирования подземных вод / В. В. Дзюбо, Л. И. Алферова, В. М. Васильев // Вода и экология: проблемы и решения. – 2018. – № 2(74). – С. 10-16. – DOI 10.23968/2305-3488.2018.20.2.10-16.
4. Лукашевич, О. Д. Кондиционирование состава маломинерализованных железосодержащих подземных вод / О. Д. Лукашевич, Е. И. Патрушев, С. А. Филичев // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2017. – № 2(61). – С. 158-170.
5. Кулаков, В. В. Водоподготовка питьевых вод в водоносном горизонте на Тунгусском водозаборе некондиционных подземных вод в Хабаровске / В. В. Кулаков // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2016. – № 2. – С. 87-97.
6. Пропольский, Д. Э. Полифункциональный модифицированный уголь для очистки подземных вод / Д. Э. Пропольский, В. И. Романовский // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2020. – № 4. – С. 103-111. – DOI 10.35567/1999-4508-2020-4-7.
7. Очистка подземных вод от соединений бора / Н. П. Тарасова, С. А. Иванова, В. А. Кузнецов [и др.] // Экология промышленного производства. – 2013. – № 1(81). – С. 29-32.
8. Матюшенко, А. И. Реагентное обесфторивание подземных вод / А. И. Матюшенко, Л. В. Приймак // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2012. – № 1(60). – С. 71-74.

*Ялалетдинова А. В., Малкова М. А., Еникеева Л. В., Кантор Е. А.*

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа,  
Российская Федерация

## **СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ОКИСЛЯЕМОСТИ ВОДЫ В РЕКЕ**

*Аннотация.* Изучение статистических характеристик изменчивости окисляемости воды в реке (плотностей распределения, квантилей распределения) позволило оценить вероятности наступления неблагоприятных событий связанных с ростом значений показателя. Установлено, что при неустойчивом состоянии реки значения окисляемости превышают  $5 \text{ мгО/дм}^3$ , плотность распределения показателя описывается степенной зависимостью  $\rho(O) = 337681 \cdot O^{-6,96}$  ( $R^2 = 0,92$ ), а значения показателя не превысят заданного уровня в  $11 \text{ мгО/дм}^3$  с вероятностью 97 %.

*Ключевые слова:* окисляемость, плотность распределения, вероятность распределения, квантили распределения.

*Yalaletdinova A. V., Malkova M. A., Enikeeva L. V., Kantor E. A*

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation

## **STATISTICAL CHARACTERISTICS OF WATER OXIDIZABILITY CHANGES IN THE RIVER**

*Abstract.* The study of the statistical characteristics of the variability of the oxidizability of water in the river (distribution densities, distribution quantiles) made it possible to assess the likelihood of adverse events associated with an increase in the values of the water quality indicator. It was established that in the unstable state of the river, the values of oxidizability exceed  $5 \text{ mgO/dm}^3$ , the distribution density of the water quality indicator is described by a power-law dependence  $\rho(O) = 337681 \cdot O^{-6,96}$  ( $R^2 = 0.92$ ) and the water quality indicator values will not exceed the specified level of  $11 \text{ mgO/dm}^3$  with a probability of 97%.

*Key words:* oxidizability, density of distribution, probability of distribution, quantiles of distribution.

Окисляемость, являющаяся одним из технологических параметров, по которым подбираются дозы реагентов, отражает наличие не только органического вещества в воде, но и некоторые неорганические соединения, например, соединения железа, сероводород, нитриты, аммиак [1]. Значения показателя резко повышаются во время паводков в результате увеличения смыва органических веществ (гумусовые вещества) с поверхности почв, а также в процессе активного продуцирования органического вещества фитопланктоном [1-6].

Нахождение закономерностей изменения окисляемости воды в реке и оценка вероятности появления экстремальных значений показателя произведены путем статистической обработки ежедневных данных по окисляемости в створе поверхностного водозабора за 18 лет (рис. 1).

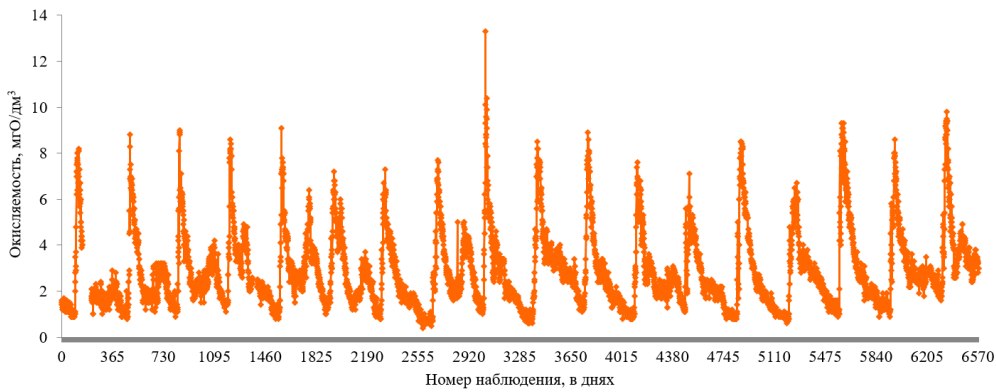


Рис. 1. Временной ряд ежедневных значений окисляемости воды в реке

Характер распределения окисляемости за весь период наблюдений анализировался путем разбиения оси ее значений на интервалы длиной  $\Delta O = 1 \text{ мгО/дм}^3$  каждый и вычисления частоты попадания точек в  $i$ -й интервал ( $N_i$ ), которые затем нормировались с помощью деления на общее число точек  $N = \sum N_i$ . Это позволило рассчитать относительные частоты  $f_i = N_i/N$  и найти плотность распределения окисляемости (рис. 2а)  $\rho_i(O_i) = f_i / \Delta O$  [1, 2].

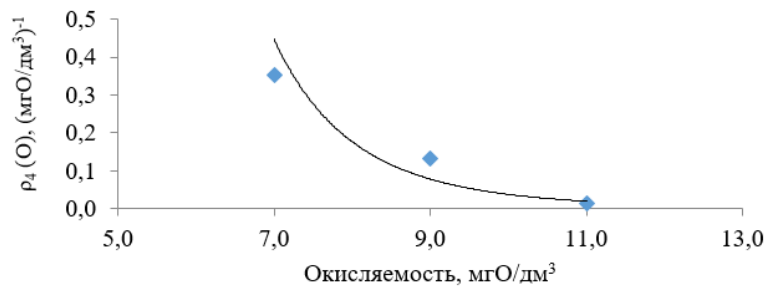
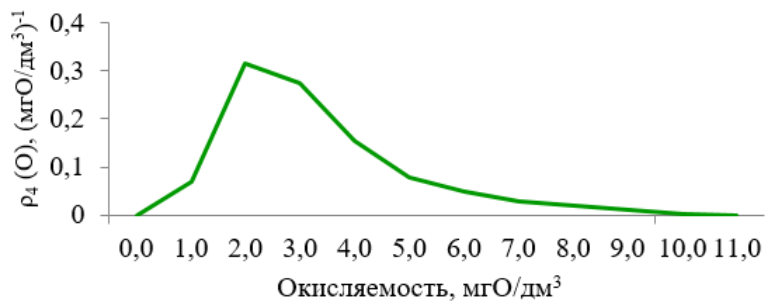


Рис. 2. а) Плотность распределения окисляемости воды в реке  $\rho(O)$ ,  $(\text{мгО/дм}^3)^{-1}$ ;  
 б) Хвост плотности распределения окисляемости воды в реке, степенная зависимость вида  $\rho(M) = A \cdot Q^{-1-\alpha}$

Значения окисляемости, лежащие в интервале от 0,4 - 5 мгО/дм<sup>3</sup> встречаются наиболее часто. Среднее значение показателя в реке равно 2,9 мгО/дм<sup>3</sup>, тогда как максимум кривой плотности распределения, соответствующий наиболее вероятному значению показателя, достигается при значении равном 2 мгО/дм<sup>3</sup>.

Большие значения окисляемости воды в реке, оцениваются по хвосту распределения, который начинается при  $O > 5 \text{ мгО/дм}^3$ . При построении хвоста используются более крупные интервалы  $\Delta O = 2 \text{ мгО/дм}^3$  (рис. 2б).

Полученная плотность распределения окисляемости (при ее значениях от 5 до 11 мгО/дм<sup>3</sup>) описывается степенной зависимостью вида  $\rho_1(O) = 337681 \cdot O^{-6,96}$ ,  $R^2 = 0,92$ . Параметры  $\alpha$  и  $A$  для реки составляют 5,96 и 337681 соответственно

Квантили распределения  $O_p$  помогают спрогнозировать возможные значения окисляемости разного уровня обеспеченности. Для расчетов исходят из условия, что вероятность распределения окисляемости воды в области хвоста  $F(O_p)$  - это доля пребывания реки с окисляемостью  $O > O_p$ , при уровне обеспеченности  $0 < p < 1$ . Полученные значения квантилей  $O_{0,97} = 11 \text{ мгО/дм}^3$ ,  $O_{0,95} = 10 \text{ мгО/дм}^3$ ,  $O_{0,9} = 9 \text{ мгО/дм}^3$ ,  $O_{0,85} = 9 \text{ мгО/дм}^3$  показывают, что при наступлении неблагоприятных событий (паводки и половодья), отмечаемая в реке окисляемость не превысит заданного уровня ( $11 \text{ мгО/дм}^3$ ), с вероятностью 97 %.

\*Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования России в сфере научной деятельности, номер для публикаций FEUR - 2020 - 0004 «Решение актуальных задач и исследование процессов в нефтехимических производствах, сопровождающихся течениями многофазных сред».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ялалетдинова А.В., Еникеева Л.В., Белолипец И.И., Вожаева М.Ю., Кантор Е.А. Оценка взаимосвязи окисляемости и расходов воды, проходящей через плотину водохранилища // Водоснабжение и санитарная техника. – 2018. – №8. – С.16-21.
2. Ялалетдинова А.В., Еникеева Л.В., Вожаева М.Ю., Кантор Е.А. Статистические характеристики взаимосвязи мутности и расходов воды в реке, вызванных попусками водохранилища // Теоретическая и прикладная экология. – 2018. – №1. – С.33-42.
3. Жигалова А.В. Системы «водохранилище – река» и роль Павловского водохранилища в формировании химического состава воды реки // Вестник молодого ученого УГНТУ. – 2017. - №1(09). – С. 30-35.
4. Yalaletdinova A.V., Kantor E.A., Beloliptsev I.I., Galimova Y.O. Probabilistic assessment of water quality in terms of oxidability // 2021 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 677, 042108.
5. Ялалетдинова А.В., Еникеева Л.В., Белолипец И.И., Вожаева М.Ю., Кантор Е.А. Оценка взаимосвязи окисляемости и расходов воды, проходящей через плотину водохранилища // Водоснабжение и санитарная техника. – 2018. – №8. – С.16-21.
6. Жигалова А.В., Кантор И.В., Вожаева М.Ю., Кантор Е.А. Влияние попусков Павловского водохранилища на общую жесткость и окисляемость в створах водозаборов города Уфы // Материалы XIX Международной молодежной научно-практической конференции: Научные исследования и разработки молодых ученых (Под общей редакцией С.С. Чернова). – Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2017. – с. 71-74.

*Ялалетдинова А. В., Малкова М. А., Еникеева Л. В., Кантор Е. А.*

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа,  
Российская Федерация

## **ПОСТРОЕНИЕ ЭМПИРИЧЕСКОЙ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОКИСЛЯЕМОСТИ ВОДЫ ДЛЯ ВЕРОЯТНОСТНОЙ ОЦЕНКИ ПРЕВЫШЕНИЯ ЕЕ ЗНАЧЕНИЙ**

*Аннотация.* Проанализирован характер распределения окисляемости воды. Для учета фактора сезонности анализ распределения окисляемости исследован в отдельности для каждого месяца. Показано, что закон распределения окисляемости воды отличается от нормального и логнормального распределений, но с достаточной точностью описывается гамма-распределением или полиномами третьей степени. Функции распределения окисляемости воды позволяют количественно оценить риски превышения заданных значений показателя.

*Ключевые слова:* многофазная среда, окисляемость, качество воды, эмпирическая функция распределения, теоретическая функция распределения, гамма-распределение, вероятность события.

*Yalaletdinova A. V., Malkova M. A., Enikeeva L. V., Kantor E. A.*

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation

## **CONSTRUCTION OF EMPIRICAL AND THEORETICAL DISTRIBUTION FUNCTIONS FOR OXIDIZABILITY OF WATER FOR PROBABILISTIC EVALUATION OF EXCEEDING ITS VALUES**

*Abstract.* The nature of the distribution of water oxidizability is analyzed. To take into account the seasonality factor, the analysis of the distribution of oxidizability was studied separately for each month. It is shown that the distribution law of water oxidizability differs from the normal and lognormal distributions, but is described with sufficient accuracy by the gamma distribution or polynomials of the third degree. The distribution functions of water oxidizability make it possible to quantify the risks of exceeding the specified values of the indicator.

*Key words:* multiphase environment, oxidizability, water quality, empirical distribution function, theoretical distribution function, gamma distribution, event probability.

В городских агломерациях, где развита нефтеперерабатывающая, нефтехимическая, машиностроительная и строительная промышленности, воздействие антропогенных факторов на водные ресурсы приводят не только к поступлению загрязнителей различной природы [1], но и к значительным годовым колебаниям показателей, являющихся основными технологическими параметрами водоподготовки (мутность, цветность, окисляемость) [2-4]. Загрязнители, мигрируя в водной среде принимают различные формы и соединения (взвеси, коллоиды, истинно растворенное состояние). В итоге мутность, цветность и окисляемость начинают включать в себя органическое вещество техногенного происхождения (бенз(а)пирен) [5, 6], а также поглощенные органическим веществом тяжелые металлы (медь, цинк, свинец),

[7]. Для повышения эффективности процесса водоподготовки, необходим контроль качества воды, особенно в периоды, характеризующиеся ухудшением некоторых показателей [8], например, окисляемости, являющейся основным параметром, отражающим наличие органического вещества в воде [8, 9].

Нами проведена обработка ежедневных статистических данных по окисляемости воды, зафиксированной в створе поверхностного водозабора с 1997 по 2014 гг. Так как при исследовании распределения окисляемости за весь период наблюдений необходимо учитывать сезонные особенности изменения показателя (большие значения, фиксируемые во время паводков или колеблющиеся в пределах некоторого интервала в более стабильные периоды), обработку производили для каждого месяца в отдельности.

В результате статистической обработки построены эмпирические функции распределения окисляемости [1]. Их аппроксимация какой-либо функцией, позволила получить теоретические функции распределения, применяемые для оценки вероятности событий.

Полигоны относительных частот [1] предполагали возможность, что окисляемость воды имеет гамма - распределение (табл. 1).

*Таблица 1*

Характеристики гамма - распределений окисляемости воды по каждому месяцу:  
 $a$  и  $b$  - параметры распределения

	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$a$	4,814	7,116	11,416	1,811	19,766	21,89	28,044	14,578	13,981	11,261	8,271	6,59
$b$	2,444	4,87	9,782	0,523	3,228	5,007	8,551	5,398	6,047	5,058	3,671	2,821

Гипотезы о гамма - распределении окисляемости воды проверялась по критерию согласия Колмогорова и была подтверждена.

Также проведена аппроксимация значений эмпирических функций распределения  $F_n(x)$  полиномами (табл. 2).

Полиномы имеют область допустимых значений аргумента  $x$  функций, при которых функции обладают всеми свойствами функции распределения (положительны и монотонно возрастают). Гипотеза о выбранных законах распределения проверяется с помощью критерия согласия Колмогорова и принимается.

На основе полученных функций распределения окисляемости воды оценены вероятности наступления любых значимых для практики событий, с учетом сезонных особенностей изучаемого процесса (табл. 3).



Таблица 2

Коэффициенты для полиномов окисляемости, соответствующие им значения коэффициента детерминации  $R^2$  и область допустимых значений аргумента  $x$

Месяц	Коэффициенты полиномов вида $F(x) = a_4 \cdot x^4 + a_3 \cdot x^3 + a_2 \cdot x^2 + a_1 \cdot x + a_0$					$R^2$	Область допустимых значений $x$	
	$a_4$	$a_3$	$a_2$	$a_1$	$a_0$		$x_{min}$	$x_{max}$
Январь	0	-0,0139	0,0297	0,4341	-0,3113	0,9957	0,695	3,733
Февраль	0	-0,1499	0,6235	-0,2127	-0,03	0,9949	0,498	2,8
Март	0,1649	-1,1161	2,2717	-0,8466	-0,1026	0,9924	0,616	2,9
Апрель	$-6 \cdot 10^{-5}$	0,0018	-0,0281	0,2712	-0,0935	0,9996	0,5	9,424
Май	0	-0,0062	0,114	-0,4701	0,5426	0,9935	2,7	8,713
Июнь	0	-0,0175	0,2229	-0,6144	0,4049	0,9906	2,564	6,254
Июль	0,0231	-0,3818	2,1812	-4,7147	3,3556	0,996	1,5	4,58
Август	0	-0,0452	0,3466	-0,4331	0,0678	0,9936	1,336	4,076
Сентябрь	0,0204	-0,2444	0,9051	-0,7166	-0,2043	0,9944	1,443	4,675
Октябрь	0	0,0105	-0,1963	1,1444	-1,1224	0,9946	1,22	4,214
Ноябрь	0	0,021	-0,3148	1,5566	-1,5712	0,997	1,341	6,383
Декабрь	0	-0,0054	-0,0248	0,5742	-0,592	0,9996	1,096	4,6

Таблица 3

Оценка вероятности превышения ПДК<sup>1</sup> окисляемости воды в реке Уфа

Месяцы	Вероятность того, что ПДК							
	Не превысит половины	Не будет превышен	Не будет превышен более, чем в 2 раза	Будет превышен в 3 и более раз	Не превысит половины	Не будет превышен	Не будет превышен более, чем в 2 раза	Будет превышен в 3 и более раз
	Интервал значений окисляемости, мгО/дм <sup>3</sup>							
	до 2,5	до 5	от 5 до 10	от 15 и более	до 2,5	до 5	от 5 до 10	от 15 и более
Полученная с помощью гамма – распределения				Полученная с помощью полиномов				
Январь	0,756	0,995	0	0	0,742	1	0	0
Февраль	0,955	1	0	0	0,993	1	0	0
Март	0,999	1	0	0	0,981	1	0	0
Апрель	0,436	0,779	0,196	0	0,435	0,748	0,253	0
Май	0	0,213	0,780	0	0	0,267	0,733	0
Июнь	0,010	0,762	0,238	0	0	0,718	0,282	0
Июль	0,095	0,993	0,007	0	0,138	1	0	0
Август	0,420	0,997	0	0	0,445	1	0	0
Сентябрь	0,650	1	0	0	0,639	1	0	0
Октябрь	0,690	0,999	0	0	0,676	1	0	0
Ноябрь	0,663	0,997	0,003	0	0,681	0,967	0,033	0
Декабрь	0,620	0,991	0	0	0,604	1	0	0

<sup>1</sup>ПДК окисляемости воды составляет 5 мгО/дм<sup>3</sup>.

Полученные законы распределения окисляемости позволяют определить вероятности того, что значения показателя не превысят заданной величины.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования России в сфере научной деятельности, номер для публикаций FEUR - 2020 - 0004 «Решение актуальных задач и исследование процессов в нефтехимических производствах, сопровождающихся течениями многофазных сред».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Yalaletdinova A.V., Kantor E.A., Beloliptsev I.I., Galimova Y.O. Probabilistic assessment of water quality in terms of oxidability // 2021 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 677, 042108.
2. Vozhdaeva, M.Yu., Kholova, A.R., Vagner, E.V., Kantor E.A., Kantor L.I., Trukhanova, N.V., Melnitsky, I.A. The use of results of expanded monitoring research for the integrated assessment of drinking water according to indices of chemical harmlessness // *Gigiena i Sanitariya.*- 2018. - Т. 97. № 2. - С. 117-124.
3. Ялалетдинова А.В., Еникеева Л.В., Вожаева М.Ю., Кантор Е.А. Статистические характеристики взаимосвязи мутности и расходов воды в реке, вызванных попусками водохранилища // *Теоретическая и прикладная экология.* – 2018. –№1. – С.33-42.
4. Yalaletdinova A. V., Beloliptsev I. I., Galimova Y. O., Vozhdaeva M. Yu., Kantor E. A. Probability analysis of water quality by turbidity // 2019 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 315, 062019 (<https://doi.org/10.1088/1755-1315/315/6/062019>).
5. Слипченко А.В., Кульский Л.А., Мацкевич Е.С. Современное состояние методов окисления примесей воды и перспективы хлорирования // *Химия и технология воды.* 1990. Т.12. № 4.
6. Бигалиев А.Б., Синтюрина А.В., Бияшева З.М. К вопросу о патогенном действии бензапирена, как загрязнителя окружающей среды (обзор) // *Вестник КазНУ. Серия экологическая,* 2009, № 1 (24), С. 14-21.
7. Карпухин М.М., Ладонин Д.В. Влияние компонентов почвы на поглощение тяжелых металлов в условиях техногенного загрязнения // *Почвоведение,* 2008, №11, С. 1388-1398
8. Харабрин А.В., Харабрин С.В., Кантор Л.И., Кантор Е.А., Клявлин М.С. Сопоставление показателей качества воды реки Уфа по мутности, цветности, окисляемости и рН в створах городских водозаборов // *Башкирский химический журнал.* – 2003. – Т. 10. – № 3. – С. 82-83.
9. Харабрин А.В., Харабрин С.В., Кантор Л.И., Кантор Е.А., Клявлин М.С. Об изменении мутности, цветности, перманганатной окисляемости и рН воды реки Уфы // *Башкирский химический журнал.* – 2003. – Т. 10. – № 3. – С. 80-81.

## **СЕКЦИЯ 2. БИОЛОГИЯ, ЭКОЛОГИЯ (ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ, ГЕОЭКОЛОГИЯ, РАДИОЭКОЛОГИЯ)**

*Алексеев И. Б., Иванова Л. В.*

Российский государственный университет туризма и сервиса, г. Москва,  
Российская Федерация

### **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО МИРА**

*Аннотация.* В статье рассматриваются современные экологические проблемы, социальная экология, отношение современного человека к природе и пути решения экологических проблем через изменение его мировоззрения. Современные экологические проблемы требуют участия всего населения. Любые мероприятия экономические, технологические, организационные могут быть эффективными только при проведении просветительной и воспитательной деятельности, чтобы у населения сформировалось экологическое мировоззрение и экологическая культура.

*Ключевые слова:* экология, экологическая проблема, экологическая культура.

*Alekseev I. B., Ivanova L. B.*

Russian State University of Tourism and Service, Moscow, Russian Federation

### **ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF THE MODERN WORLD**

*Abstract.* The article discusses modern environmental problems, social ecology, the attitude of modern man to nature and ways to solve environmental problems through changing his worldview. Modern environmental problems require the participation of the entire population. Any economic, technological, organizational measures can be effective only when conducting educational and educational activities, so that the population has formed an ecological worldview and ecological culture.

*Key words:* ecology, ecological problem, ecological culture.

Ни для кого не секрет, что в современном мире сильно обострились экологические проблемы, но, к сожалению, об экологии начинают говорить тогда, когда хотят уделить внимание тому, что неудовлетворительны условия существования или что-то развивается не так, как хочется.

Вообще, главной задачей экологии является выявление закономерностей в работе окружающего мира, его целостности, в том, как человек влияет на работу этого окружающего мира, в том, как управлять процессами его работы в условиях активной индустриализации и урбанизации планеты.

К главной причине обострения экологических проблем относят деятельность людей, которая вызывает неблагоприятные проявления природных катаклизмов. К факторам, которые обостряют экологические проблемы, относят постоянно растущее население земли, которое провоцирует большую нагрузку на природную среду из-за повышающегося потребления [3].

Отрицательно сказывается потребительское отношение человека к природе и её ресурсам. Обогащение многих предприятий осуществляется за

счёт природы без учёта последствий для среды проживания людей. В последнее время особенно часты были такие явления для человека, как природные аномалии, засухи, наводнения, пожары, ураганы, температурные колебания, снижение плодородия почв, сокращение жизненно важных ресурсов, их дефицит, мусорные загрязнения, ухудшение состояния озонового слоя и тому подобное.

Обострение экологических проблем ставит под вопрос, в целом, безопасное существование человечества и его способность оперативно, и рационально реагировать на возникающие угрозы.

На данный момент угроза окружающей среде имеет глобальный характера, и она создала ситуацию, которая может перерасти в кризис при определённых условиях и стать опасной для человечества, поэтому ситуацию нужно менять. Главная причина экологических проблем в человеке, в его возможностях создавать и применять технологии, которые могут чрезмерно использовать природные ресурсы, а также в его стремлении обогатиться за счёт природы и в его позиции собственника, т.е. “царя” природы. Это поведение и эти стереотипы нужно менять [2].

Если говорить по факту, человек всегда зависим от природы и её ресурсов, а ресурсы не бесконечны и многие даже близки к исчерпанию. Бережное отношение к природе, экономия природных ресурсов, переработка отходов – задачи, которые вышли на 1-ый план в последнее время [5]. Также для выживания человечества необходимо сохранить биосферу планеты, поэтому экологически устойчивым развитием человечества является развитие, которое удовлетворяет потребности людей сейчас, но не ставит при этом под угрозу удовлетворение потребностей будущих поколений.

Нужно перейти к более естественному и менее потребительскому образу жизни и к экотехническому типу экономики, когда одним из приоритетных направлений является задача сделать производства более экологичными с учётом экологических последствий его работы. Нужно изменить потребительское отношение к природе на отношения, способные гармонизировать систему “общество-природа”. Экологичная экономика – важное условие для становления на путь гармонизации общества и природы, а также стабилизации экологической ситуации в мире.

Так как главная причина экологических проблем - человек, то человек тоже должен меняться, как и его духовность, которая будет основанием для решения экологических проблем. Так же нужно сказать, что в защите нуждается и сам человек, потому что в последнее время нарастают генетические проблемы, которые вызваны неблагоприятными природными условиями и употреблением вредных веществ [1].

Сейчас общество привело природу к состоянию кризиса, которое может перейти в катастрофу т.е. когда земля окажется непригодной для обитания. Интересный факт, природа формирует и развивает общественное сознание.

Например, в некоторых странах природные факторы сформировали такие черты народа, как способность к упорному труду, терпению и

доброжелательности, сочетанию индивидуальных и коллективных видов деятельности, и бережливому отношению к природе.

Вообще, основной период экологизации произошёл в 20 веке, в это время произошло осознание угрозы существованию человечества из-за исчезновения природных ресурсов, загрязнения среды обитания и утвердилась идея о том, что нравственные отношения должны быть не только между людьми, но и по отношению к природе.

Человек способен изменять целые геологические структуры, менять атмосферу, создавать искусственные водохранилища и т.д. Повышается интенсивность использования природных ресурсов, что приводит к исчерпанию ресурсов и загрязнению среды. Так, в период с 1970 по 2002 гг. лесной покров Земли уменьшился на 12%, а жизнь в океане, т.е. разнообразие форм, на треть.

Основная причина экологического кризиса – противоречия между безграничными потребностями человечества и ограниченными ресурсами природы, в целом, меньшинство людей неограниченно эксплуатирует ограниченные природные ресурсы и этот эгоизм меньшинства сталкивается с интересами остальных людей. В 20-21 веке каждый человек, который родился в экономически развитой стране, использует в десятки раз больше ресурсов, чем человек, который живёт в менее развитой стране [6].

Сохраня жизнеспособность человечества и преодолевая эгоизм стран, отдельных слоёв, в обществе укрепляется умеренность в отношении материальных благ. Стоит отметить, что сегодня мы подходим к экологическим проблемам системно и можно выделить некоторые направления:

- научно-технический прогресс, предполагающий внедрение антропоморфных и экологически чистых технологий, которые при этом будут эффективны экономически;
- инициирование международного сотрудничества с целью обеспечить выживание человечества;
- формирование новой парадигмы, утверждающей высшую ценность природы, что предполагает государственное регулирование с целью защиты природы и человека;
- формирование человека, который будет экологически воспитанным, компетентным и ответственным, а также взаимодополняющее развитие общества и природы в целом.

Современное человечество призвано гармонизировать все виды взаимодействия природы с человеком, это использование её природных богатств, рациональное регулирование природных процессов, охрана природы [4].

Через всю историю самопознания человечества проходит проблема единства человека и природы. Сегодня всё больше людей начинают осознавать неблагополучие современной жизни и ищут выход из ситуации. Об этом говорят существование движения “зелёных”, другие экологические движения, популяризация натуропатического питания, поиски новой нравственности.

Наблюдения говорят о том, что мы живём в время, когда складываются условия для образования человека другого типа, при этом завершает существование и развитие старый тип человека. В таких условиях нужно приготовить условия для формирования будущей культуры человека. С одной стороны, такая работа предполагает практическую реализацию, например, новых образов жизни, с другой, интеллектуальную реализацию, т.е. формирование правильного мировоззрения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лузгина, В. А. Экологические проблемы - важнейшие проблемы современности / В. А. Лузгина, Т. И. Шишелова // Научное обозрение. Педагогические науки. – 2019. – № 5-2. – С. 103-107. – EDN BNHZTN.
2. Сергеев, А. С. Глобальные экологические проблемы: основные проблемы и возможные пути решения / А. С. Сергеев, Д. В. Солтанов // Молодой исследователь: вызовы и перспективы: сборник статей по материалам CIV международной научно-практической конференции, Москва, 04 февраля 2019 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Интернаука", 2019. – С. 95-98. – EDN VXJDBW.
3. Темирлиева, З. С. Экологическая проблема как глобальная проблема современности / З. С. Темирлиева // В мире научных открытий. – 2010. – № 4-15(10). – С. 139-141. – EDN NSYENJ.
4. Трутнева, А. В. Новая экологическая политика Российской Федерации и проблемы ее реализации в свете необходимости решения острых экологических проблем / А. В. Трутнева // Россия в меняющемся мире: государственно-правовые проблемы в условиях внутренних и внешних вызовов: Материалы научной конференции студентов и магистрантов Международного института управления МГИМО (У) МИД России, Москва, 12 апреля 2017 года. – Москва: Современная музыка, 2018. – С. 60-67. – EDN YOLJQA.
5. Шубов, Л. Я. Стратегия оптимизации комплексного управления твердыми бытовыми отходами в Российской Федерации / Л. Я. Шубов, О. Н. Борисова, И. Г. Доронкина // Экология промышленного производства. – 2017. – № 4(100). – С. 16-25. – EDN ZVRVBT.
6. Якобсон, Б. Б. Экологическая проблема и пути ее решения проблема формирования экологической культуры / Б. Б. Якобсон, А. А. Мамедов, С. Л. Григорьев // Сборник трудов приуроченных к 74-й Всероссийской студенческой научно-практической конференции, посвященной 200-летию со дня рождения П.А.Ильенкова, Москва, 01 января – 31 2021 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021. – С. 100-103. – EDN WCBXCK.

*Аппоротова Ю. А., Борщев В. Я.*

Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Российская Федерация

## **ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ**

*Аннотация:* Проведен анализ экологической и техногенной безопасности на производственном объекте. Установлены основные факторы, оказывающие негативное влияние на окружающую среду. Предложены мероприятия с целью предотвращения негативного воздействия опасных производственных факторов на окружающую среду и работников предприятия.

*Ключевые слова:* промышленное предприятия, окружающая среда, опасные факторы.

*Apporotova Yu. A., Borshchev V. Ya.*

Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation

## **PROBLEMS OF ENVIRONMENTAL AND TECHNOGENIC SAFETY AT AN INDUSTRIAL ENTERPRISE**

*Abstract.* The analysis of ecological and technogenic safety at the production facility is carried out. The main factors that have a negative impact on the environment have been identified. Measures are proposed to prevent the negative impact of hazardous production factors on the environment and employees of the enterprise.

*Key words:* industrial enterprises, environment, hazardous factors.

В течение последних десятилетий во всем мире произошло достаточно большое количество крупных аварий и катастроф с огромными материальными потерями и человеческими жертвами. Вследствие этого в мире приковано пристальное внимание к проблемам экологической и техногенной безопасности на промышленных производствах [1].

В связи с увеличением роли химической промышленности в запросах общества ежегодно возрастает негативное воздействие опасных и вредных факторов техносферы на окружающую среду и человека.

Цель настоящей работы заключается в анализе экологической и техногенной безопасности на химически опасном объекте на примере АО «Пигмент» г. Тамбова.

Основным фактором, влияющим на значение проблемы экологической безопасности на АО «Пигмент», имеет выбор места размещения производства и отдаленность его от населенного пункта. Данный фактор гарантирует безопасность близлежащего населения от возможных аварий, которые могут произойти в результате внешнего или внутреннего воздействия.

Многие предприятия, построенные в XX веке, из-за развития городов оказались окружены жилой застройкой. Так, например, АО «Пигмент» был построен в 1949 году и за счет развития города оказался окружен жилой

застройкой, расположенной в пределах зоны поражения аварийно химически опасных веществ (АХОВ).

В процессе своего функционирования АО «Пигмент» подвергается воздействию как внешних, так и внутренних источников.

К внешним источникам воздействия на АО «Пигмент» относятся: опасные природные явления, пожары, взрывы, внешние техногенные воздействия, отключение электрического питания и водоснабжения, акты терроризма, военные действия.

К внутренним источникам воздействия относятся: ошибки рабочих, неисправность оборудования, разрушения конструкций зданий, пожар или взрывы в производстве.

Как показывает практика, полностью исключить возможность возникновения аварии и снизить показатель опасности до нуля, созданной производственным объектом, невозможно.

Поэтому необходимо анализировать произошедшие инциденты на аналогичных предприятиях, оценивать вероятность и возможность возникновения аварийной ситуации в производстве для дальнейшего прогнозирования и снижения негативного воздействия.

С момента создания на АО «Пигмент» первой технологической линии появились и первые опасности, оказывающие негативное влияние на обслуживающий технологическое оборудование персонал, а также на окружающую среду.

К основным опасностям использования технологического оборудования относятся неправильная эксплуатация или неправильное их функционирование.

Ущерб, полученные в результате разрушения технических объектов, гибели или травмирования персонала, материальных потерь, могут проявляться не только в технической сфере, но и представлять угрозу жизни и здоровью населения, утраты имущества для третьих лиц, а также нанесение значительного ущерба природной среде.

На производстве АО «Пигмент» существует ряд техногенных опасностей, к ним относятся [2]:

1) Пигментная пыль, которая образуется в результате упаковки пигмента в упаковочную тару.

2) Шум и вибрация, образующиеся во время работы насосов и дисмембраторов.

3) Давление газообразных и жидких сред, которые используются на разных стадиях технологического процесса.

4) Высокие температуры рабочих поверхностей вальцеленточной сушилки, а также паропровода.

5) Вращающиеся механизмы, к которым относятся клиноременные передачи оборудования.

6) Опасность поражения электрическим током от технологического оборудования.



Для исключения негативного воздействия опасных химических веществ и легковоспламеняющихся жидкостей на окружающую среду и население близлежащей жилой зоны рекомендуются следующие мероприятия.

1) Активно применять эффективные устройства, исключаяющие утечку АХОВ в случае аварии: клапаны-отсекатели, клапаны избыточного давления, перепускные или сбрасывающие устройства и т.д.

2) Целесообразно проводить усиление конструктивных узлов емкостей и коммуникаций с АХОВ.

3) Актуальным является также размещение в помещениях цехов и на промышленных площадках стационарных систем выявления аварий, а также средств метеонаблюдения и аварийной сигнализации.

4) Там где возможно необходимо полностью исключать ручные операции. Благодаря исключению ручных операций рабочий персонал перестает контактировать с опасными химическими веществами, тем самым снижается риск получения химических ожогов кожных покровов, раздражения слизистых оболочек, отравлений, и получение профессиональных заболеваний [1].

Действующие на производстве сложные технические системы настолько тесно взаимодействуют с окружающей средой, что оказывают на нее сильное влияние, в результате которого в окружающей среде происходят значительные негативные изменения [3].

Техногенные опасности, возникающие во время работы сложных технических систем, напрямую связаны с экологическими рисками. В результате возникновения аварийной ситуации может произойти выброс аварийно химически опасных веществ, вследствие чего произойдет загрязнение атмосферы, водных объектов и почвы [4].

Повышение техногенной безопасности в производстве является важнейшей задачей любого промышленного предприятия. Главным аспектом при этом является уменьшение вероятности возникновения аварийной ситуации и снижение тяжести возможных последствий от аварий и экологического ущерба окружающей среде.

Для повышения техногенной безопасности необходимо выявить опасные производственные факторы, которые могут стать причиной будущих аварий или травм персонала, а также могут нанести вред окружающей среде.

В настоящей работе проведено также исследование опасных производственных факторов в производстве пигментов. Отличительная особенность производства пигментов заключается в образовании большого количества пигментной пыли. Накопление пыли в области рабочей зоны может стать причиной создания взрывоопасной пылевоздушной смеси. Также пигментная пыль, оседая на стенках вытяжных установок, под действием высокой температуры отводимых газов может загореться и стать причиной разрушения конструкций здания цеха.

Для борьбы с пигментной пылью, которая может стать причиной пожаров, взрывов, выхода из строя оборудования, предложено использовать

устройство для обеспыливания воздуха, представляющее собой местные вентиляционные отсосы и систему воздуховодов. Данное устройство необходимо устанавливать над пылящим оборудованием – сушильной камерой и дисмембратором.

Использование устройства для обеспыливания воздуха позволит снизить технологические потери пигмента со стадий сушки, размола и упаковки пигмента. Кроме того, снижение предельно-допустимой концентрации пыли в воздухе рабочей зоны позволит снизить количество профессиональных заболеваний у рабочих, развивающихся из-за длительного контакта с пылью, а также повысить качество воздуха в помещении цеха.

Снижение количества оседающей пыли в цехе позволит повысить надежность технологического оборудования, снизится вероятность возгорания налипшего пигмента, из-за повышения температуры элементов оборудования.

Предложенные в работе мероприятия позволят снизить негативное воздействие опасных производственных факторов на окружающую среду и работников предприятия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алешенков М.С. Комплексная безопасность человека, общества, государства. – М.: Полиграфикс, 2001.
2. Официальный сайт АО «Пигмент» <https://www.orgpage.ru/tambov/pigment-780145.html>.
3. Архипова Н.И., Кульба В.В. Управление в чрезвычайных ситуациях. М.: ГРРУ, 1998. – 116 с.
4. Акимов В.А., Новиков В.Д., Радаев Н.Н. Природные и техногенные чрезвычайные ситуации: опасности, угрозы, риски. М., 2001. – 179 с.

*Петрова Т. А., Астапенко Т. С.*

Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

### **ОЦЕНКА ПРОЦЕССА ЗАСОЛЕНИЯ ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕХНОГЕННЫХ МАССИВОВ КАЛИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

*Аннотация.* В работе представлены исследования по воздействию отходов калийного производства на сельскохозяйственные угодья. Для оценки процесса засоления от хранилищ отходов калийного производства в зоне их воздействия произведены: визуальная оценка исследуемых участков, отбор проб твердых и жидких отходов, почв. Выполненный анализ показал, что концентрации хлоридов в почвах варьируются от 71 до 124,25 мг/кг, данные показатели не превышают предельно допустимых концентраций (ПДК). ПДК хлоридов в почве 360 мг/кг. Полученные результаты свидетельствуют о том, что процесс техногенной трансформации почв в зонах воздействия отходов обогащения калийных руд не развивается на поверхностных участках.

*Ключевые слова:* техногенные массивы, калийная промышленность, галитовые отходы, воздействие отходов, засоление почв.

*Petrova T. A., Astapenko T. S.*

Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russian Federation

## **SOIL SALINITY ASSESSMENT NEAR THE WASTE STORAGE OF THE POTASH PLANT**

*Abstract.* This article describes the study of the impact of potash waste on agricultural land. The process of salinization from storage of potash waste was assessed by visual observation of the investigated areas, sampling of solid and liquid waste, and soil in the impact area. The analysis showed that chloride concentrations in soils range from 71 to 124.25 mg/kg and these values do not exceed the maximum permissible concentrations (MPC). The MPC for chlorides in soil is 360 mg/kg. The obtained results indicate that the process of anthropogenic transformation of soils does not occur at the surface sites in the areas impacted by potassium ore enrichment waste.

*Key words:* technogenic massifs, potash industry, solid halite waste, impact of waste, soil salinity.

Горнодобывающая промышленность носит ключевой характер для экономического и социального развития стран. Интенсивно возрастающий спрос на ресурсы приводит к необходимости акцентирования внимания горнодобывающей отрасли к экологическим и социальным рискам, возникающим в процессе освоения и добычи полезных ископаемых.

Среди предприятий минерально-сырьевого комплекса калийные предприятия образуют значительное количество отходов, которые приводят к образованию техногенных массивов и представляют опасность вследствие миграции солей [1,2]. Калийное производство влияет на все элементы биосферы: поверхностные и подземные водные ресурсы, воздушный бассейн, земельные угодья и растительный мир. Поэтому важной и особо актуальной является оценка геоэкологической ситуации в исследуемых районах. В связи с тем, что в непосредственной близости от хранилищ калийных отходов находятся сельскохозяйственные угодья, которые потенциально могут быть подвержены техногенному воздействию, целью работы являлось проведение мониторинговых исследований воздействия данных хранилищ на почвенные ресурсы.

Накопление избытка солей, которые подавляют рост и функционирование растений, является одним из основных источников деградации почвы. Солевой стресс затрагивает почти один миллиард гектар во всем мире. Чтобы понять, насколько эта угроза важна и актуальна, достаточно представить, что один миллиард гектар превышает размер таких стран как Венесуэла примерно в десять раз, или около двадцати раз превосходит размер Франции [3].

Процесс засоления, вызванный антропогенными и естественными факторами, приводит к катастрофическим последствиям, таким как нарушение естественных биологических свойств почвы, биохимических и гидрологических режимов [4,5]. В связи с этим необходимо проводить оценку миграции солей на территориях сельскохозяйственных земель.

Визуальная оценка почв на изучаемой территории, участков солеотвала и намываемой поверхности из галитовых отходов позволила определить

наиболее типичные участки для отбора проб и дальнейших лабораторных исследований по определению иона хлорида (рисунок 1).



*Рис. 1.* Места отбора проб (составлено авторами)

Отбор проб велся по стандартной методике в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-2017. Обследованная территория была разбита на элементарные участки, точки отбора проб определялись конфигурацией поля. На выбранных участках было отобраны 10 объединенных проб, посредством смешивания точечных образцов. Масса каждого среднего образца составила свыше 500 г. Полученные пробы представлены жидкими и твердыми отходами калийного производства, почвой вблизи солеотвала и шламохранилища.

Перед проведением химического анализа твердые пробы были высушены до воздушно-сухого состояния в сушильном шкафу, также из проб были исключены различные включения: корни растений, камни и др. Затем пробы измельчались в ступке пестиком и просеивались через сито диаметром 1 мм.

Определение иона хлорида выполнялось в соответствии с ГОСТ 26425-85 и ПНД Ф 16.2.2:2.3:3.28-02 в водных вытяжках изучаемых образцов почв и твердых отходов, приготовленных по ГОСТ 26423-85. Метод получения водных вытяжек сформирован на извлечении легкорастворимых солей пятикратным объемом дистиллированной воды по отношению к массе твердых образцов. Так, в ходе эксперимента отбиралось по 30 г каждой из подготовленных проб. Изучаемые образцы помещали в колбу объемом на 200 мл и добавляли 150 мл дистиллированной воды. Полученные суспензии взбалтывали в течение 6 часов, а затем фильтровали. Лабораторные

исследования по определению иона хлорида проводились предварительно подготовленным раствором азотнокислого серебра. Полученные пробы водных вытяжек отбирались дозатором в коническую колбу. Для индикации образцов к ним добавляли раствор хромовокислого калия с массовой долей 10% и титровали раствором азотнокислого серебра до перехода окраски от желтой до красно-бурой. Методика определения иона хлорида представлена на рисунке 2.



Рис. 2. Определение иона хлорида в водных вытяжках проб (составлено авторами)

В результате проведенных исследований полученные показатели иона хлорида в образцах послужили основой для карты зон распределения концентраций хлоридов с отобранных участков, изображенной на рисунке 3.

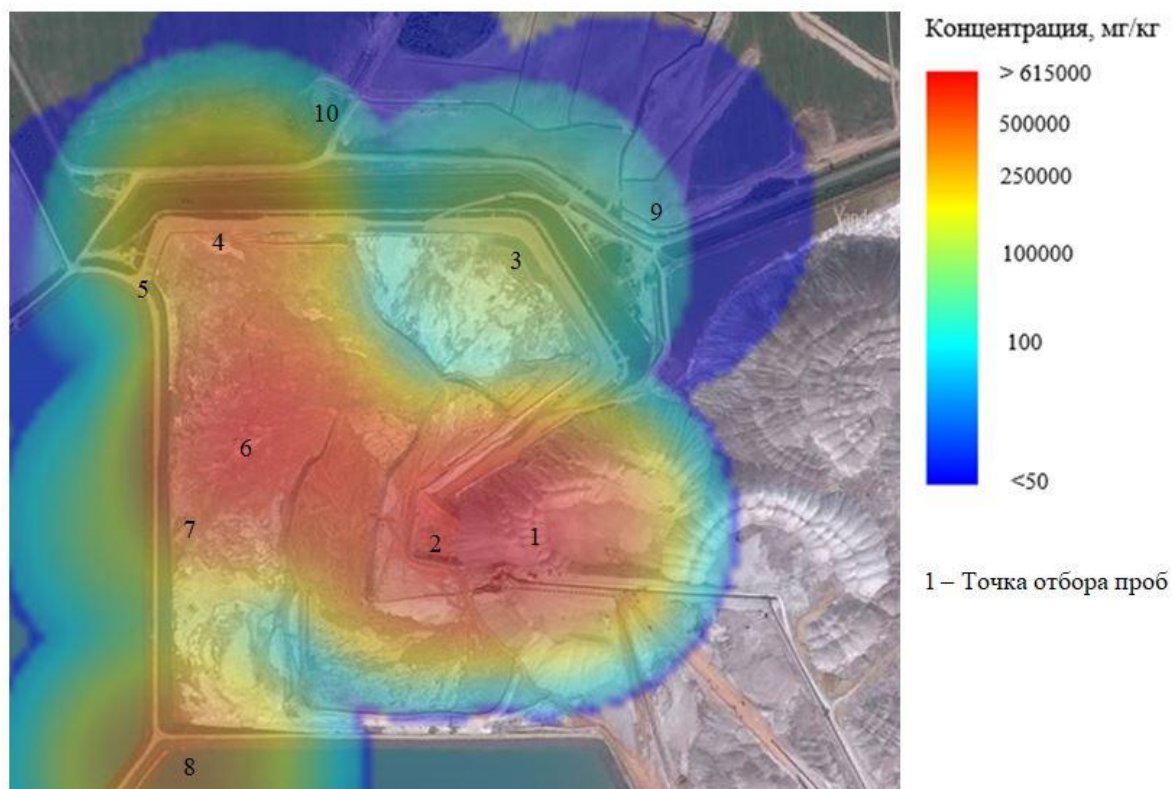


Рис. 3. Распределение зон концентрации хлоридов с отобранных участков (составлено авторами)

Так, в твердых отходах их концентрация изменялась в пределах следующих значений: в точке 1 – 521850 мг/кг, точке 2 – 532500 мг/кг. Максимальная концентрация иона хлорида в твердых отходах обнаружена в точке 6 – 614150 мг/кг.

Пробы глинисто-солевых шламов (точки 3 и 7) представлены следующим содержанием хлоридов 60350 мг/кг и 124250 мг/кг.

Концентрация иона хлорида в жидких отходах (точки 4 и 8) имеет следующие показатели - 267650 мг/кг и 269365 мг/кг.

Содержание хлоридов в песке (точка 5), отобранном из дамб, ограждающих шламохранилище, находится в пределах 461,5 мг/кг, что в свою очередь превышает ПДК в 1,28 раза (ПДК для почв согласно ГН 2.1.7.12-1-2004 составляет 360 мг/кг). Однако количество иона хлорида в образцах почв, отобранных с пахотных земель в непосредственной близости от солеотвала, составило от 71 до 124,5 мг/кг.

Концентрации хлоридов по проведенным исследованиям в галитовых отходах, глинисто-солевых шламах и рассолах могут достигать от 60350 мг/кг до 614150 мг/кг. Также почва, отобранная с дамб на территории комбината, отличается повышенным содержанием иона хлорида. Однако, несмотря на непосредственную близость сельскохозяйственных угодий к хранилищам отходов калийного производства, процесс воздействия солеотвалов и шламохранилищ на состояние почв земель не проявляется.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rauche H. Die Kaliindustrie im 21. Jahrhundert. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. — 2015. — 580 p.
2. Pashkevich M.A., Bech J., Bini C. Assessment, restoration and reclamation of mining influenced soils. London; San Diego; Cambridge; Kidlington: Academic Press is an imprint of Elsevier. — 2017.
3. Metternicht G.I., Zinck J.A. Remote sensing of soil salinity: Potentials and constraints // Remote Sensing of Environment. Elsevier Inc. — 2003. — Vol. 85, № 1. — P.1–20.
- Decock C. Mitigating N<sub>2</sub>O emissions from soil: From patching leaks to transformative action // Soil. Copernicus GmbH. — 2015. — Vol. 1, № 2. — P. 687– 694.
4. Berendse F., Jongejans E., Keesstra S. et al. Loss of plant species diversity reduces soil erosion resistance // Ecosystems. Springer New York LLC. — 2015. — Vol. 18, № 5. — P. 881–888.

*Баракхнина С. Д., Коннов Я. А., Маликова К. А., Баракхнина В. Б.*

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа,  
Российская Федерация

## **РЕКОНСТРУКЦИЯ ДОЖИМНОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ В ПОЛИГОН ПО ПЕРЕРАБОТКЕ НЕФТЕШЛАМОВ**

*Аннотация.* Дано обоснование реконструкции дожимной насосной станции в полигон по переработке нефтешламов. Произведен выбор установок для полигона и расчет горения нефтешламо-песчаной смеси, рассчитан материальный баланс. Приведен расчет капитальных вложений в полигон, посчитаны годовые эксплуатационные затраты, рентабельность и срок окупаемости.

*Ключевые слова:* дожимная насосная станция, нефтешлам, установка термической утилизации нефтешлама, полигон по переработке нефтешламов.

*Barakhnina S. D., Konnov Ya. A., Malikova K. A., Barakhnina V. B.*

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation

## **RECONSTRUCTION OF A BOOSTER PUMP STATION INTO A POLYGON FOR OIL SLUDGE PROCESSING**

*Abstract.* The rationale for the reconstruction of a booster pumping station into a landfill for the processing of oil sludge is given. The selection of installations for the landfill and the calculation of the combustion of the oil-sludge-sand mixture were made, and the material balance was calculated. The calculation of capital investments in the landfill is given, the annual operating costs, profitability and payback period are calculated.

*Key words:* booster pumping station, oil sludge, oil sludge thermal utilization unit, oil sludge processing landfill.

Нефтешлам является крупнотоннажным отходом нефтедобывающего производства. В традиционной схеме очистных сооружений нефтепромысловых объектов имеются шламонакопители, где складировается техногенные углеводородные отходы. Если они хранятся без дополнительной переработки, то открытая поверхность шламонакопителей является постоянным источником выбросов в атмосферу загрязняющих веществ [1]. Актуальность разработки экологически чистой технологии деструкции нефтяных шламов обуславливается двумя основными задачами: во-первых, это обеспечение промышленной и экологической безопасности, во-вторых, использование отходов, образующихся в результате переработки нефтешламов.

Целью данной работы явилась реконструкция дожимной насосной станции в полигон по переработке нефтешламов на ОАО «Самотлорнефтегаз».

В связи со спецификой работы предприятия проявляется множество проблем, связанных с отходами: отсутствие в регионе оборудования и технологий по утилизации и обезвреживанию отходов, которые бы отвечали требованиям по их безопасной очистке и переработке; накоплена значительная масса нефтесодержащих отходов (историческое наследие); большой срок

эксплуатации сосудов и емкостей требует постоянной диагностики и ремонта и как следствие постоянных зачинок [2].

Вследствие этого появляется множество негативных последствий: не исполнение обязательств лицензионного соглашения в части несоблюдения требования по охране окружающей среды; высокая плата за размещения отходов в существующих амбарах; потеря положительного имиджа компании; возможная остановка площадочных объектов и запрет эксплуатации оборудования и резервуаров.

Захоронение отходов и передача нефтешлама подрядным организациям не является выгодной, так как встречается много проблем, как со стороны соблюдения законов, так и со стороны финансовых затрат.

Предлагаемый полигон является природоохранным сооружением и предназначен для централизованного сбора и переработки отходов производства и потребления. Приёму на полигон подлежат нефтесодержащие отходы с промысловых объектов и участков аварийного разлива нефти – жидкий и твердый нефтешлам [3].

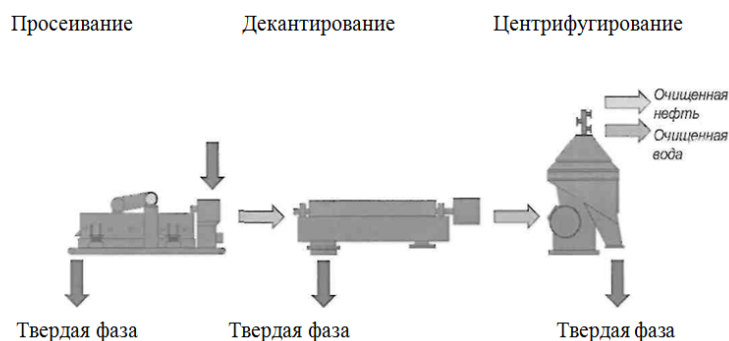
Жидкий застарелый нефтешлам поступает на переработку через участок временного хранения нефтешламов. После заполнения нефтешламового амбара происходит отстаивание нефтешлама, разделение более плотной твёрдой и менее плотной жидкой, вязкой или пульпообразной составляющей. После отстаивания в амбар переносится понтонное шламосборное устройство, которое осуществляет сбор жидкого нефтешлама с поверхности карты и его транспортировку до цеха сепарации нефтешлама. После сбора всего доступного жидкого нефтешлама для сепарации амбар зачищается при помощи фронтального погрузчика (экскаватора-погрузчика) на колёсном ходу. При этом погрузчик заезжает и находится в нем до окончания зачистки. Твёрдый нефтешлам он загружает на самосвал, находящийся на разгрузочной площадке участка. После полной зачистки погрузчик переводится в цех пропарки автотранспорта для очистки.

При цехе сепарации нефтешлама имеется собственная ёмкость приёма отходов. Её назначение – принимать «свежие» нефтешламы с разливов нефти. Таким образом, можно обеспечить наиболее полное восстановление качественной нефти. Переключение приёма отходов с шламосборного устройства и ёмкости происходит вручную, на блоке задвижек внутри цеха.

Сепарация нефтешлама осуществляется на установке МК III (производства компании «G-FORCE»). В цехе имеется оборудование для проведения экспресс-анализа поступающего сырья и оперативного подбора дозировки химических реагентов. Разделённые компоненты нефтешлама – очищенная вода и нефть хранятся в ёмкостях внутри цеха ёмкостью 40 м<sup>3</sup>. Ёмкости опорожняются автоматически, после заполнения, либо по сигналу оператора. Таким образом, перед приёмом нефти с разлива оператор установки опорожняет ёмкость очищенной нефти, переключает задвижки в положение приёма сырья из ёмкости. Подбирает дозировку химреагентов по результатам экспресс-анализа, либо устанавливает её по опыту эксплуатации установки.



После опорожнения буферной ёмкости оператор вновь переключает задвижки для получения нефтешлама из шламохранилища.



*Рис. 1.* Принципиальная схема технологии утилизации нефтешлама на дожимной насосной станции

Выделенная из нефтешлама твёрдая фаза ссыпается в приёмные лотки. В лоток собираются крупные частицы нефтешлама, отделённые на вибросите. Они имеют большое содержание нефти, и, твёрдая фаза из этого лотка, после его заполнения, перевозится вилковым погрузчиком на участок временного хранения твёрдого нефтешлама, где лоток опорожняется. Затем перерабатываемый продукт поступает на термическую переработку.

Нефтешлам с повышенным содержанием асфальтосмолопарафиновых образований от моек насосно-компрессорных труб и резервуаров содержат большое количество минеральных веществ, оксидов металлов (ржавчины) и подтоварную воду. Этот нефтешлам, классифицирующийся как твёрдый (содержание нефтепродуктов менее 20% объём.), сразу поступает на площадку временного хранения твёрдого нефтешлама. Площадка защищена от атмосферных осадков крышей и отбортовкой.

Предлагаемый полигон по переработке отходов имеет большое количество положительных сторон: отход надёжно обезвреживается; продукт переработки (товарная песчано-гравийная смесь) впоследствии может быть использована в строительстве (отсыпка дорог, кустовых оснований и т.д.); продукт переработки сертифицирован; существенно уменьшается объём и масса накопленных отходов; обеспечивается возврат средств благодаря получению целевых продуктов; восстанавливается товарный продукт (нефть); размещение отходов на полигоне не требует оплаты за загрязнение окружающей среды; нет зависимости от подрядных организаций.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдрахманов Н.Х., Тимофеев А.А., Шарафиев Р.А. и др. Техносферная безопасность на предприятиях нефтегазовой отрасли. Учеб. пособие под общей ред. Р.Г. Шарафиева/Н.Х. Абдрахманов и др. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2020. – 304 с.
2. Бахтизин Р.Н., Радионова С.Г., Лисин Ю.В. и др. Энциклопедия безопасности жизнедеятельности. Учеб. пособие / Р.Г. Шарафиев, В.Б. Барахнина, И.Р. Киреев, В.В. Ерофеев. – М.: Недра, 2016. – 719 с.

3. Янтирякова А.Р., Сайфуллина А.Ш., Барахнина В.Б. Анализ возможных сценариев возникновения и развития аварий на морских участках нефтепроводов. В кн.: Материалы XI Международной учебно-научно-практической конференции «Трубопроводный транспорт – 2016», Уфа, Издательство УГНТУ, 2016. – С. 329-331.

*Ибадуллаев А. Д.<sup>1</sup>, Санжаровский А. Ю.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Российский государственный университет туризма и сервиса, г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>Федеральное государственное автономное учреждение «Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики»

## **ГЛОБАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ**

*Аннотация.* Статья посвящена исследованию современных экологических проблем. В первую очередь определяется место экологических проблем в современном глобализованном мире. Рассмотрена сущность отдельных экологических проблем, их последствия и пути решения этих проблем. Рассмотрены статистические показатели и прогнозы.

*Ключевые слова:* глобальные проблемы, экология, экологические проблемы.

*Ibadullaev A. D.<sup>1</sup>, Sanzharovsky A. D.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Russian State University of Tourism and Service, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup>Federal State Autonomous Institution "Scientific Research Institute "Center for Environmental Industrial Policy"

## **GLOBAL ENVIRONMENTAL ISSUES**

*Abstract.* The article is devoted to the study of modern environmental problems. First of all, the place of environmental problems in the modern globalized world is determined. The essence of individual environmental problems, their consequences and ways to solve these problems are considered. Statistical indicators and forecasts are considered.

*Key words:* global problems, ecology, environmental problems.

Развитие мирового хозяйства и достижения научно-технического прогресса на сегодня обостряют глобальные проблемы, с которыми сталкиваются все население планеты. Это, прежде всего, экологическая продовольственная проблема, сохранение мира и безопасности, здоровья человечества и многие другие. Термин «глобальная проблема» порождает между учеными активную дискуссию из-за желания сформировать четкие определения того, что входит, а что не входит в глобальные проблемы, стремления детализировать их типологию, сформировать перечень глобальных проблем [5].

В наше время ученые выделяют следующие глобальные проблемы:

- общественно-политические и социально-экономические проблемы (предотвращение ядерной войны, проблемы стабильности формирования мирового общества);

- проблемы, связанные с природно-экономическим развитием (экологическая, сырьевая, продовольственная, мирового океана);

- смешанные проблемы, появление и нерешенность которых приводят к общественной смерти людей (военные, региональные инциденты, преступность, технологические катастрофы, стихийные бедствия);

- социальные проблемы (демографическая, межнациональная, цивилизованная, здравоохранения);

- научные проблемы (осваивание мирового пространства, долговременное моделирование в разных сферах).

Экологическая безопасность является одной из наиболее актуальных проблем человечества. Рассмотрим подробнее основные мировые экологические проблемы подробнее:

#### 1. Глобальное потепление из-за ископаемого топлива

На момент публикации  $\text{CO}_2$  PPM (частей на миллион) составляет 418, а глобальное повышение температуры составляет 1,1 градуса Цельсия по сравнению с доиндустриальными уровнями.

Увеличение выбросов парниковых газов привело к повышению температуры, что стало причиной катастрофических явлений во всем мире - Австралия и США, переживающих одни из самых разрушительных сезонов лесных пожаров, когда-либо зарегистрированных; нашествие саранчи, наводнившей части Африки, Ближнего Востока и Азии, уничтоживших посевы. Ученые предупреждают, что планета пересекла серию переломных моментов, которые могут иметь катастрофические последствия: микропластик впервые обнаружен во льду Антарктиды; волна тепла в Антарктиде, когда температура впервые поднялась выше 20 градусов; предупреждения о таянии вечной мерзлоты в Арктике; ледниковый щит Гренландии тает с беспрецедентной скоростью; рост вырубки лесов в тропических лесах Амазонки; Китай переживает самые сильные наводнения за последние десятилетия; рост уровня метана до самого высокого за всю историю наблюдений; в национальном парке США зафиксирована самая высокая температура, когда-либо зарегистрированная на Земле; рекордные лесные пожары в Калифорнии - и это лишь малая часть событий.

#### 2. Пищевые отходы

Треть пищевых продуктов, предназначенных для потребления человеком - около 1,3 миллиарда тонн — выбрасывается или теряется. Этого достаточно, чтобы накормить 3 миллиарда человек. Пищевые отходы и потери составляют 4,4 гигатонны выбросов парниковых газов в год; если бы это была страна, пищевые отходы были бы третьим по величине источником парниковых газов после Китая и США. Пищевые отходы и потери происходят на разных этапах в развивающихся и развитых странах; в развивающихся странах 40 % пищевых

отходов приходится на послеуборочные и перерабатывающие этапы, тогда как в развитых странах 40 % пищевых отходов приходится на розничную торговлю и потребительский уровень [1].

На уровне розничной торговли шокирующее количество продуктов выбрасывается по эстетическим причинам; на самом деле, в США более 50% всех продуктов, выбрасывается потому, что они считаются «слишком уродливыми», чтобы продавать их потребителям — это составляет около 60 миллионов тонн фруктов и овощей. Это приводит к отсутствию продовольственной безопасности, еще одной из самых серьезных экологических проблем в списке.

### 3. Пластиковое загрязнение

В 1950 году в мире производилось более 2 миллионов тонн пластика в год. К 2015 году это годовое производство увеличилось до 419 миллионов тонн, что усугубило загрязнение окружающей среды пластиковыми отходами [2].

В отчете научного журнала Nature установлено, что в настоящее время около 11 миллионов тонн пластика ежегодно попадает в океаны, нанося вред среде обитания диких животных и животным, которые в них живут. Исследование показало, что если не принять никаких мер, к 2040 году пластиковый кризис вырастет до 29 миллионов метрических тонн в год. Если мы добавим сюда микропластик, совокупное количество пластика в океане может достичь 600 миллионов тонн к 2040 году. Поразительно, но National Geographic обнаружил, что 91% всего когда-либо произведенного пластика не перерабатывается, что представляет собой не только одну из самых больших экологических проблем нашей жизни, но и еще один массовый провал рынка. Учитывая, что пластик разлагается 400 лет, пройдет много поколений, пока он не перестанет существовать. Трудно сказать, какие необратимые последствия пластикового загрязнения окажут на окружающую среду в долгосрочной перспективе.

### 4. Вырубка леса

Каждую минуту вырубаются леса размером с 20 футбольных полей. К 2030 году на планете может быть только 10% лесов; если вырубку лесов не остановить, они все могут исчезнуть менее чем за 100 лет.

Сельское хозяйство является основной причиной обезлесения, еще одной из самых больших экологических проблем, фигурирующих в этом списке. Земля расчищается для разведения скота или выращивания других продаваемых культур, таких как сахарный тростник и пальмовое масло. Помимо связывания углерода, леса помогают предотвратить эрозию почвы, потому что корни деревьев связывают почву и предотвращают ее вымывание, что также предотвращает оползни [3]. Три страны, в которых наблюдается самый высокий уровень обезлесения - это Бразилия, Демократическая Республика Конго и Индонезия.

### 5. Загрязнение воздуха

Одной из самых больших экологических проблем на сегодняшний день является загрязнение атмосферного воздуха. Исследования Всемирной

организации здравоохранения (ВОЗ) показывают, что от загрязнения воздуха во всем мире ежегодно умирают от 4,2 до 7 миллионов человек и что девять из десяти человек дышат воздухом с высоким содержанием загрязняющих веществ. По данным ЮНИСЕФ, в Африке 258 000 человек умерли в результате загрязнения атмосферного воздуха в 2017 году по сравнению со 164 000 в 1990 году. Причинами загрязнения воздуха в основном являются промышленные источники и автомобили, а также выбросы от сжигания биомассы и плохое качество воздуха из-за пыльных бурь. В Европе недавний отчет агентства ЕС по окружающей среде показал, что загрязнение воздуха стало причиной 400 000 ежегодных смертей в ЕС.

После пандемии COVID-19 внимание было обращено на роль газов, загрязняющих воздух, в переносе молекул вируса. Предварительные исследования выявили положительную корреляцию между смертностью от COVID-19 и загрязнением воздуха, а также существует правдоподобная связь переносимых по воздуху частиц, способствующих распространению вируса. Это могло способствовать высокому числу погибших в Китае, где качество воздуха общеизвестно плохое, хотя для того, чтобы сделать такой вывод, необходимо провести более подробные исследования.

#### б. Таяние ледяных шапок и повышение уровня моря

Климатический кризис нагревает Арктику более чем в два раза быстрее, чем где-либо еще на планете. В настоящее время уровень моря во всем мире повышается в среднем на 3,2 мм в год, и, по прогнозам, к 2100 году он увеличится в общей сложности на 0,2-2 м. В Арктике Гренландский ледяной покров представляет наибольшую опасность для уровня моря, поскольку таяние наземных льдов является основной причиной повышения уровня моря.

Представляя собой, возможно, самую большую из экологических проблем, это становится еще более тревожным, учитывая, что прошлогоднее лето привело к потере 60 миллиардов тонн льда в Гренландии, что достаточно для повышения уровня мирового океана на 2,2 мм всего за два месяца. Согласно спутниковым данным, в 2019 году ледяной покров Гренландии потерял рекордное количество льда: в среднем миллион тонн в минуту в течение года, что является одной из самых больших экологических проблем, которая имеет каскадные последствия.

Между тем, Антарктический континент способствует повышению уровня моря примерно на 1 миллиметр в год, что составляет треть ежегодного глобального прироста [4]. Кроме того, по данным Канадской ледовой службы, последний полностью неповрежденный шельфовый ледник в Канаде в Арктике недавно рухнул, потеряв около 80 кв. км, или 40%, своей площади за двухдневный период в конце июля.

Повышение уровня моря окажет разрушительное воздействие на тех, кто живет в прибрежных регионах: по данным исследовательской и пропагандистской группы Climate Central, повышение уровня моря в этом столетии может затопить прибрежные районы, в которых сейчас проживает от 340 до 480 миллионов человек, вынудив их мигрировать в более безопасные

районы и способствуя перенаселению и напряжению окружающей среды в тех областях, куда они мигрируют. Возьмем, к примеру, мегаполис Шанхая, который построен вокруг низменной дельты реки Янцзы. Будучи четвертым по численности населения городом в мире, риск наводнений в этом районе высок из-за его географического положения. Любое наводнение, вызванное большим количеством осадков, потенциально может иметь катастрофические последствия в отношении эвакуации, управления водными ресурсами и материального ущерба.

#### 7. Загрязнение океана

Глобальное повышение температуры не только повлияло на поверхность, но и является основной причиной подкисления океана. Наши океаны поглощают около 30% углекислого газа, который выбрасывается в атмосферу Земли. Поскольку более высокие концентрации выбросов углерода высвобождаются благодаря деятельности человека, такой как сжигание ископаемого топлива, а также последствиям глобального изменения климата, таким как увеличение числа лесных пожаров, увеличивается и количество углекислого газа, который поглощается обратно в море [6]. Малейшее изменение шкалы рН может оказать значительное влияние на кислотность океана. Подкисление океана может оказать волновой эффект на морские экосистемы и виды, их пищевые сети и спровоцировать изменения в качестве среды обитания. Как только уровень рН становится слишком низким, морские организмы, такие как устрицы, их раковины и скелет могут даже начать растворяться.

Однако одной из самых больших экологических проблем, связанных с подкислением океана, является обесцвечивание кораллов и последующая потеря коралловых рифов. Это явление, которое возникает, когда повышение температуры океана нарушает симбиотические отношения между рифами и обитающими в них водорослями, вытесняя водоросли и заставляя коралловые рифы терять свои естественные яркие цвета. Некоторые ученые подсчитали, что коралловые рифы рискуют быть полностью уничтоженными к 2050 году. Более высокая кислотность в океане будет препятствовать способности систем коралловых рифов восстанавливать свои экзоскелеты и восстанавливаться после этих событий обесцвечивания кораллов. Некоторые исследования также показали, что подкисление океана может быть связано с одним из последствий загрязнения океана пластиком. Накапливающиеся бактерии и микроорганизмы, полученные из пластикового мусора, сбрасываемого в океан, наносят ущерб морским экосистемам и способствуют обесцвечиванию кораллов.

#### 8. Сельское хозяйство

Исследования показали, что глобальная продовольственная система ответственна за до трети всех антропогенных выбросов парниковых газов, из которых 30% приходится на животноводство и рыболовство. Растениеводство выделяет парниковые газы, такие как закись азота, в результате использования удобрений. 60% мировых сельскохозяйственных площадей отведено под

разведение крупного рогатого скота, хотя на него приходится всего 24% мирового потребления мяса [7].

Сельское хозяйство не только охватывает огромное количество земель, но и потребляет огромное количество пресной воды, что является еще одной из самых больших экологических проблем в этом списке. В то время как пахотные земли и пастбища занимают одну треть поверхности суши Земли, они потребляют три четверти ограниченных мировых ресурсов пресной воды. Ученые и защитники окружающей среды постоянно предупреждают, что нам необходимо переосмыслить нашу нынешнюю систему питания; переход на более растительную диету значительно сократит углеродный след традиционной сельскохозяйственной промышленности.

#### 9. Быстрая мода и текстильные отходы

Глобальный спрос на моду и одежду растет с беспрецедентной скоростью, и в настоящее время на индустрию моды приходится 10% глобальных выбросов углекислого газа, что становится одной из самых больших экологических проблем нашего времени. По данным Программы ООН по окружающей среде, только предприятия, производящие одежду и обувь, производят больше выбросов парниковых газов, чем авиационный и судоходный секторы вместе взятые, и почти 20% мировых сточных вод, или около 93 миллиардов кубометров, образуются в результате крашения текстиля [8].

Более того, по оценкам, в мире ежегодно образуется по меньшей мере 92 миллиона тонн текстильных отходов, и ожидается, что к 2030 году это число вырастет до 134 миллионов тонн в год. Выброшенная одежда и текстильные отходы попадают на свалки, большая часть которых не поддается биологическому разложению, в то время как микропластик из материалов для одежды, таких как полиэстер, нейлон, полиамид, акрил и другие синтетические материалы, попадает в почву и близлежащие источники воды [9]. Огромное количество текстильных изделий для одежды также выбрасывается на свалку в менее развитых странах, как это видно на примере чилийской Атакамы, самой сухой пустыни в мире, где по меньшей мере 39 000 тонн текстильных отходов из других стран остаются там гнить.

Эта быстро растущая проблема только усугубляется постоянно расширяющейся бизнес-моделью быстрой моды, в которой компании полагаются на дешевое и быстрое производство одежды низкого качества, чтобы соответствовать последним и новейшим тенденциям. В то время как Хартия Организации Объединенных Наций по борьбе с изменением климата предусматривает, что подписавшие ее модные и текстильные компании должны взять на себя обязательство достичь чистого нулевого уровня выбросов к 2050 году, большинству предприятий по всему миру еще предстоит решить свою роль в изменении климата.

Хотя это одни из самых серьезных экологических проблем, преследующих нашу планету, есть еще много других, которые не были упомянуты, включая чрезмерный вылов рыбы, разрастание городов, токсичные

участки суперфондов и изменения в землепользовании. Хотя существует множество аспектов, которые необходимо учитывать при разработке мер реагирования на кризис, они должны быть скоординированными, практичными и достаточно далеко идущими, чтобы иметь достаточное значение.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галушко И.Г., Чертыбок Е.Е. Современные экологические проблемы // Вестник современных исследований. - 2018. - № 12.4 (27). - С. 62-63.
2. Гарсиа-Фотянина А. Глобальные экономические проблемы / А. Гарсиа-Фотянина // В сборнике: Актуальные проблемы социально-экономического развития России. сборник статей аспирантов, преподавателей и молодых ученых VIII Международной научно-практической конференции. - 2018. - С. 238-245.
3. Дергачева А.А., Лугинец Т.В. Основные экологические проблемы и пути их решения / А.А. Дергачева, Т.В. Лугинец // В сборнике: Экологическое благополучие и здоровый образ жизни человека в 21 веке: политико-правовые, социально-экономические и психолого-гуманитарные аспекты. материалы международной научно-практической конференции. Новороссийский институт (филиал) АНО ВО МГЭУ. - 2018. - С. 38-40.
4. Дубовикова М.В., Сафошина Т.А. Мировые экологические проблемы / М.В. Дубовикова, Т.А. Сафошина // В сборнике: Экологическое благополучие и здоровый образ жизни человека в 21 веке: политико-правовые, социально-экономические и психолого-гуманитарные аспекты. материалы международной научно-практической конференции. Новороссийский институт (филиал) АНО ВО МГЭУ. 2018. С. 52-55.
5. Зайцева И.А. Глобальные риски, как факторы, влияющие на современную систему международных отношений / И.А. Зайцева // Проблемы постсоветского пространства. - 2019. - Т. 4. - № 4. - С. 356-363.
6. Крылова Е.А., Зубайдуллина Д.В. Современные экологические проблемы // Аллея науки. - 2018. - Т. 6. № 6 (22). - С. 459-463.
7. Майдибор Д.В. Качество жизни и экологические проблемы современного общества // В книге: Сахаровские чтения 2018 года: экологические проблемы XXI века Материалы 18-й международной научной конференции: в 3 частях. Под редакцией С.А. Маскевича, С.С. Позняка. - 2018. - С. 75-76.
8. Мамонтов Н.Ю. Современные мировые экологические проблемы / Н.Ю. Мамонтов // Аллея науки. - 2018. - Т. 7. № 5 (21). - С. 365-367.
9. Шубов, Л. Я. Повышение экоэффективности технологии очистки сточных вод / Л. Я. Шубов, О. Н. Борисова, И. Г. Доронкина // Сервис в России и за рубежом. – 2014. – № 1(48). – С. 153-162. – EDN RTONSD.



*Гнездилова А. А., Мерзликин И. Н.*

Московский государственный технический университет гражданской авиации,  
г. Москва, Российская Федерация

## **МЕРЫ ПО СНИЖЕНИЮ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

*Аннотация.* В данной работе изучаются некоторые экологические проблемы, связанные с влиянием авиации на окружающую среду, а именно: качество воздуха на авиационных предприятиях и влияние эмиссии авиационных двигателей на парниковый эффект. Также предлагаются пути решения данных проблем.

*Ключевые слова:* гражданская авиация, экология, окружающая среда, эмиссия, парниковый эффект.

*Gnezdilova A. A., Merzlikin I. N.*

Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russian Federation

## **MEASURES TO REDUCE THE NEGATIVE IMPACT OF CIVIL AVIATION ON THE ENVIRONMENT**

*Abstract.* In this article some environmental problems related to the impact of aviation on the environment are discussed, namely air quality at aviation enterprises and the impact of aircraft engine emissions on the greenhouse effect. Solutions to these problems are also proposed.

*Key words:* civil aviation, ecology, environment, emission, greenhouse effect.

В настоящее время одной из важнейших задач человечества является защита окружающей среды (ОС). Развитие науки и техники привело к образованию огромного количества выбросов и отходов от промышленных предприятий и транспорта, загрязняющих водоемы, почву и атмосферу, которые в несколько раз могут превышать допустимые нормы, особенно в крупных мегаполисах.

Гражданская авиация (ГА) – один из важнейших элементов мировой экономики, обеспечивающий связь между различными континентами для совершения пассажирских и грузовых перевозок. Однако в то же время воздушный транспорт оказывает серьезное влияние на экологию: выбросы загрязняющих веществ от двигателей, шумы, утечки топлива при авариях способствуют загрязнению ОС.

По статистике международной ассоциации воздушного транспорта IATA в России около 2 млрд человек ежегодно совершают пассажирские перелеты. На долю воздушного транспорта приходится примерно 2% от общего объема выбросов углекислого газа (CO<sub>2</sub>) в атмосферу. К сожалению, даже эта доля имеет сильное негативное воздействие на ОС – в 2010 году объем выбросов CO<sub>2</sub> составил 628 млн тонн. При дальнейшем развитии ГА к 2030 году объем выбросов может увеличиться вдвое [1]. Это обуславливает важность и актуальность данной проблемы.

В процессе эксплуатации авиационных реактивных двигателей выделяется большое количество выбросов, которые возникают при сжигании топлива. На территории авиапредприятия химическое загрязнение воздуха представлено следующими загрязняющими веществами: оксиды углерода ( $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$ ), оксиды серы ( $\text{SO}_x$ ), несгоревшие углеводороды (метан ( $\text{CH}_4$ ), пропан ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ), ацетилен ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) и бензол ( $\text{C}_6\text{H}_6$ )), оксиды азота ( $\text{NO}_x$ ) и дым (SN) [2]. Более того, авиационные эмиссии, которые приводят к ухудшению качества воздуха в аэропортах, также способны распространяться на близлежащие населенные пункты. Это может приводить к ухудшению здоровья людей, проживающих в непосредственной близости от аэропорта, т.к. повышенное содержание  $\text{CO}_2$  негативно влияет на организм человека, вызывая сонливость, головные боли и слабость [3]. А также это представляет потенциальную угрозу для ОС, т.к. эмиссии от двигателей приводит к увеличению концентрации приземного озона и, следовательно, к выпадению кислотных дождей [2].

Тем не менее сжигание основной массы авиационного топлива происходит в более высоких слоях атмосферы. При работе двигателей на взлете, посадке и при рулении выделяется наибольшее количество углеводородов, а при полете на эшелонах – оксидов азота ( $\text{NO}_x$ ). Эмиссия  $\text{CO}_2$ , воды и  $\text{CH}_4$  совместно с эмиссиями сажи и оксидов серы, которые приводят к образованию сульфатных аэрозолей, влияющих на изменение радиационного и химического баланса атмосферы. Так, оксиды азота приводят к увеличению концентрации гидроксильных радикалов в тропосфере, приводящему к уменьшению количества тропосферного озона из-за сокращения жизненного цикла  $\text{CH}_4$ ; а также принимают участие в химии озона, приводящее к нагреву верхних слоев тропосферы [4].

Кроме того, эмиссии таких парниковых газов, как оксидов азота, метана и углекислого газа, вносят значительный вклад в процесс глобального потепления. Для уменьшения концентрации парниковых газов при горении топлива перспективно применять альтернативные источники энергии – биотопливо. К нему относятся [4]:

1) Биоэтанол. Его производят из кукурузы (в США) и сахарного тростника (в Бразилии). Также сырьем для получения биоэтанола могут служить различные растения, содержащие большое количество крахмала (картофель, сахарная свекла и т.п.);

2) Биодизельное топливо. Для создания биодизеля используют такие сельскохозяйственные культуры, как рапс, соя и ятрофа, а также применяются различные растительные масла (пальмовое, касторовое, кокосовое масла) и некоторые животные жиры (например, рыбий);

3) Биогаз. Сырьем для производства биогаза являются различные промышленные отходы и отходы от животноводческих хозяйств.

Также следует отметить, что полный переход на биотопливо, производимое из растительных культур, может привести к нехватке продуктов питания и их подорожанию, т.к. из-за неблагоприятных внешних условий, таких как засуха, урожая может становиться меньше или он может полностью

погибнуть; а также к постепенному уничтожению тропических лесов [2]. Поэтому для решения проблемы эмиссий авиационных двигателей необходимо проектирование газотурбинных двигателей (ГТД) с усовершенствованной камерой сгорания (КС), поскольку именно конструкция этого узла ГТД в большей степени обеспечивает экологические характеристики двигателя.

На данный момент разрабатываются следующие виды ГТД:

1) ГТД с двухзонной КС [5]. В КС данного типа топливо подается в каждую горелку КС через несколько форсунок, благодаря чему снижается интенсивность смешения воздуха с топливом и время пребывания топливно-воздушной смеси в КС. Таким образом достигается высокий коэффициент полноты сгорания топлива, а также существенно снижается эмиссия  $\text{NO}_x$  (почти вдвое по сравнению с традиционными КС);

2) ГТД с КС трубчато-кольцевого типа комбинированной схемы работы [6]. Данный тип КС получают путем модернизации традиционных КС, а именно: путем установки дополнительных форсунок в первом ряду основных воздушных отверстий для смешения воздуха с топливом. Это позволяет значительно снизить количество выбросов загрязняющих оксидов (примерно в 3-4 раза по сравнению с традиционными КС);

3) ГТД с КС со сверхнизкой эмиссией оксидов азота  $\text{NO}_x$  [7]. В КС данного типа топливо смешивается с некоторым количеством воздуха и испаряется до подачи в зону горения КС. Это позволяет получать более бедную топливно-воздушную смесь на входе в КС, что обеспечивает более низкий выброс эмиссии  $\text{NO}_x$  – на крейсерском режиме работу двигателя не более 5 г/кг сгоревшего топлива (на 75% ниже, чем в КС традиционного типа).

Таким образом, решение экологических проблем в сфере ГА на данный момент является очень актуальным вопросом – эмиссии авиационных двигателей, шумы, промышленные отходы авиационных предприятий оказывают негативное воздействие на состояние ОС. Многие страны и организации стараются внести свой вклад в улучшение экологической обстановки путем разработки принципиально новых видов топлива, а также с помощью модернизации конструкции авиационных двигателей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Международная ассоциация воздушного транспорта IATA. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iata.org/en/about/worldwide/europe/russia/> (дата обращения 21.04.2022)
2. Иванова А.Р. Влияние авиации на окружающую среду и меры по ослаблению негативного воздействия // Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. – 2017. – №. 365. – С. 5-14.
3. Лукашевич О.А., Хамдиев И.Ю., Васильев М.В. Негативное экологическое влияние аэропортов на окружающую местность // Новые импульсы развития: вопросы научных исследований. – 2020. – №. 6-1. – С. 16-20.
4. Тимербаева Г.Р., Гиниятуллина Р.Р., Вахитов Л.Т. Эмиссия загрязняющих веществ авиационными двигателями // Сборник научных трудов 43-й международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, посвященной 60-летию филиала УГНТУ в г. Октябрьском. – 2016. – С. 272-274.

5. Комаров Е.М. Методы уменьшения эмиссии вредных веществ в камерах сгорания ГТД и ГТУ // Машиностроение и компьютерные технологии. – 2018. – №. 5. – С. 9-29.
6. Малая Е.В., Гусева К.В. Влияние авиации на окружающую среду // Наука и просвещение: актуальные вопросы, достижения и инновации. – 2021. – С. 50.
7. Панченко С.Л. Влияние эмиссии авиационных двигателей на экологическую безопасность окружающей среды и способы снижения выбросов вредных веществ // Пожарная и аварийная безопасность. – 2019. – С. 321-324.

*Демина А. В., Бабушкина Е. А.*

Хакасский технический институт – филиал Сибирского федерального университета, г. Абакан, Российская Федерация.

### **СРАВНЕНИЕ ДИНАМИКИ КЛИМАТА ДВУХ РЕГИОНОВ ЮГА СИБИРИ**

*Аннотация.* Представлены результаты исследования дендроклиматического отклика хронологий сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) с осадками и температурой соответственно, рассчитанные в программе Seascorr для двух регионов юга Сибири.

*Ключевые слова:* климатические факторы, Бурятия, Хакасия, осадки, температура.

*Demina A. V., Babushkina E. A.*

Khakass Technical Institute, Siberian Federal University, Abakan, Russia

### **COMPARISON OF CLIMATE DYNAMICS IN TWO REGIONS OF THE SOUTH OF SIBERIA**

*Abstract.* The results of a study of the dendroclimatic response of Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) chronologies with precipitation and temperature, respectively, calculated using the Seascorr program for two regions of southern Siberia, are presented.

*Key words:* climatic factors, Buryatia, Khakassia, precipitation, temperature.

Особый интерес представляет анализ изменчивости роста и продуктивности растительности в ответ на перемены климатических факторов (температуры, увлажнения) в континентальных районах южной Сибири, где гидротермическое влияние имеет иное воздействие, чем на территориях под действием океанического давления [2]. Исключительным объектом для изучения длительных изменений увлажнения Северного полушария являются степные районы Сибири, такие как Алтайские ленточные боры, южные районы Бурятии и Красноярского края с годовым количеством осадков около 200-400 мм. [1, 3].

Целью данной работы является исследование региональной динамики климатических характеристик в двух удаленных друг от друга регионах, находящихся в пределах континентальной Азии и схожих по условиям произрастания деревьев.

Для сравнения были выбраны два района в Хакасско-Минусинской котловине и Селенгинском среднегорье. Исследуемые территории находятся на юге Сибири, что обеспечивает сходство природных условий окружающей среды. Для оценки влияния климата мы использовали климатические данные – ежемесячные ряды температуры  $T$  и осадков  $P$  (Рис.1) для расположенных в равнинной части котловин метеостанций Улан-Удэ (UU, 51°50'N, 107°36'E, 514 м над уровнем моря) и Минусинск (MIN, 53°43'N, 91°42'E, 254 м над уровнем моря) за 1936-2015 гг.

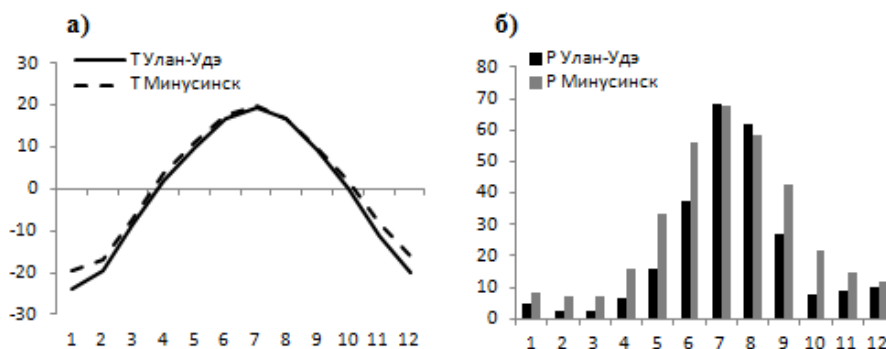


Рис. 1. Климатограммы метеостанций Минусинск и Улан-Удэ (а – климатограмма по температуре, б – климатограмма по осадкам)

По данным метеостанции «Минусинск», среднегодовая температура воздуха и осадки составляют +1,2°C и 340 мм. В Бурятии по данным метеостанции «Улан – Удэ» среднегодовая температура воздуха и осадки составляют -0,7°C и 250 мм. Максимум  $P$  (67-68 мм/мес) в среднем наблюдается в июле в обоих регионах. Причем осадки в мае-июне и сентябре больше в Минусинской котловине, а в августе – на Селенгинском среднегорье.

Для оценки дендроклиматического отклика использовали парные и частные корреляции хронологий сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) с осадками и температурой соответственно, рассчитанные в программе Seascorr [4]. Климатические переменные обобщали для сезонов различной длины – 1, 3, 6 и 12 месяцев.

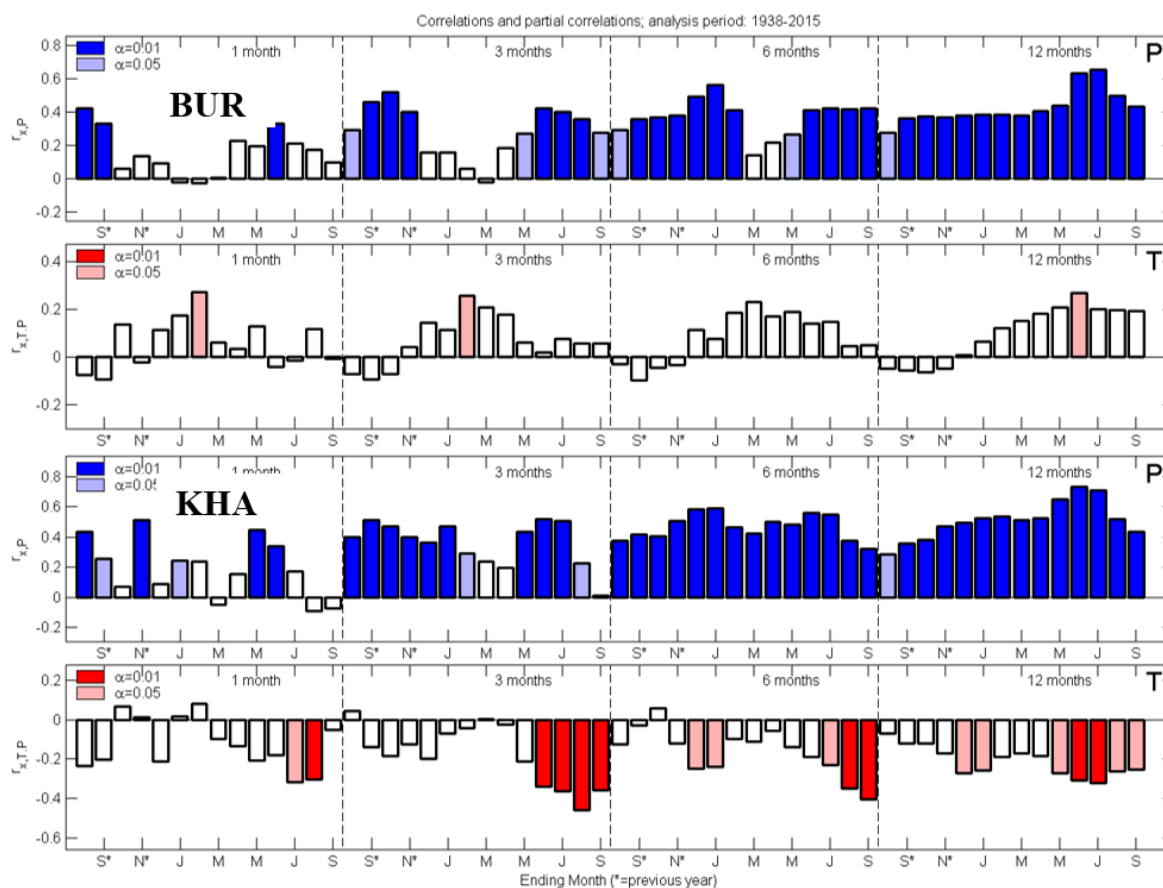


Рис. 2. Дендроклиматический анализ региональных остаточных хронологий ШГК сосны обыкновенной в Селенгинском среднегорье (BUR) и в Минусинской котловине (КНА): парные корреляции с осадками (P) и частные корреляции с температурой (Т) за 1938-2015 гг., обобщенные по сезонам продолжительностью 1. 3. 6. и 12 месяцев. Анализ проводился в программе Seascorr (Meko et al., 2011)

В условиях дефицита увлажнения ведущим климатическим фактором в приросте сосны являются осадки, влияние температур – косвенное (Рис. 2). В обоих регионах преобладающим является отклик радиального прироста на осадки конца предыдущего и первой половины текущего вегетационного сезона, в Минусинской котловине выявлено положительное влияние ноября. Частные корреляции ШГК с температурой относительно невысоки; хронология КНА отрицательно коррелирует с температурами текущего июля-августа, хронология BUR положительно коррелирует с температурой февраля. Частные корреляции с весенне-летней температурой для изменчивости прироста сосны в Бурятии и Хакасии прямо противоположны: положительны для Бурятии и строго отрицательны – для Хакасии. Естественно, что это требует более детального исследования и будет предметом специального рассмотрения, поскольку потребует непростого математического аппарата. Но на данное время можно предположить, что такое различие – результат совместного

влияния континентальности и термического режима территории, которые могут сказываться на начальных сроках и скорости сезонного прироста.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабушкина Е.А., Белокопытова Л.В. Климатический сигнал в радиальном приросте хвойных в лесостепи Юга Сибири и его зависимость от локальных условий местопроизрастания // Экология. 2014. № 5: С. 323–331.
2. Будыко М. И., Израэль Ю.А. Антропогенные изменения климата // Л.: Гидрометеоздат, 1987. 406 с.
3. Назимова Д. И., Царегородцев В. Г., Андреева Н. М. Лесорастительные зоны Юга Сибири и современное изменение климата // География и природные ресурсы. Новосибирск, 2010. №2. С. 55-63.
4. Meko D. M., Touchan R., Anchukaitis K. J. Seascorr: a MATLAB program for identifying the seasonal climate signal in an annual tree-ring time series // Computer Geoscience. – 2011. – Vol. 37. – No. 9. – P. 1234-1241.

*Заблоцкий В. В.<sup>1</sup>, Тынянкин С. И.<sup>2</sup>, Тынянкина Е. С.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Инновационный научно-технический центр, г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>Научно-исследовательский институт радио, г. Москва, Российская Федерация

<sup>3</sup>Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова, г. Москва, Российская Федерация

### **СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ**

*Аннотация.* В работе проведён анализ существующего состояния мирового рынка электроэнергетики, рассмотрены современные тенденции развития альтернативной энергетики в мире и в России.

*Ключевые слова:* альтернативная энергетика, возобновляемые источники энергии, оценка рынка энергетики.

*Zablotsky V. V.<sup>1</sup>, Tynyankin S. I.<sup>2</sup>, Tynyankina E. S.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Innovative Scientific and Technical Center Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup>Radio research and development institute, Moscow, Russian Federation

<sup>3</sup>Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russian Federation

### **STATUS AND DEVELOPMENT TRENDS ALTERNATIVE ENERGY IN RUSSIA**

*Abstract:* The paper analyzes the current state of the global electricity market, examines current trends in the development of alternative energy in the world and in Russia.

*Key words:* alternative energy, renewable energy sources, energy market assessment.

Современное существование человеческого общества невозможно без развитой инфраструктуры, обеспечивающей постоянный доступ к энергоресурсам, и в первую очередь, к электрической энергии. В то же время, энергетическая отрасль, построенная с использованием традиционных технологий, основанных на применении углеводородного сырья, крайне негативно влияет на окружающую среду и является источником неблагоприятного воздействия на биосферу за счет выбросов вредных веществ и потребления кислорода из атмосферы.

Проблемы глобального потепления, долгосрочное повышение средней температуры климатической системы Земли в результате повышения выбросов в атмосферу CO<sub>2</sub> заставило человечество прийти к пониманию опасности этого процесса и необходимости принятия срочных мер. В результате обсуждения в ООН этой проблемы в 2015 году было принято Парижское соглашение об ограничении выбросов углекислого газа в атмосферу, подписанное более чем 190 странами мира, включая Россию.

Достичь такого ограничения можно, в том числе, обеспечив переход в электроэнергетике на широкое использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ), в первую очередь, на энергию ветра (ветроэлектростанции) и солнечную энергию (солнечные электростанции). Поэтому в настоящее время происходит активное развитие и внедрение технологий «зеленой», альтернативной энергетики с использованием ВИЭ.

В целях выявления тенденций развития альтернативной энергетики проведём анализ современного состояния электроэнергетики в мире и России.

Количество вырабатываемой электрической энергии напрямую зависит от уровня развития страны и от количества её населения. Мировым лидером по выработке электроэнергии является Китай – около 29 % от общего количества вырабатываемой электроэнергии, четвёртое место занимает Россия – около 4 % [1]. Соотношение выработки электроэнергии в различных государствах мира представлено на рис. 1.

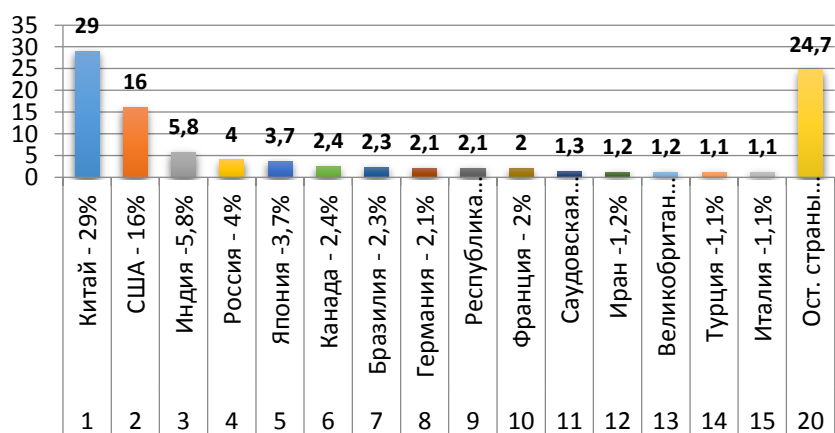


Рис. 1. Соотношение выработки электроэнергии в различных государствах мира



Распределение потребления электроэнергии в мире в 2019 году по видам энергоресурсов показано на рис.2 [2]. Традиционная электроэнергетика (с использованием угля, природного газа, нефти) по-прежнему продолжает доминировать во всем мире. Это обусловлено, в первую очередь, ее давним использованием и, соответственно, отлаженной системой поставок энергоносителей и производства необходимого для выработки электроэнергии оборудования, а также системой подготовки необходимых кадров.

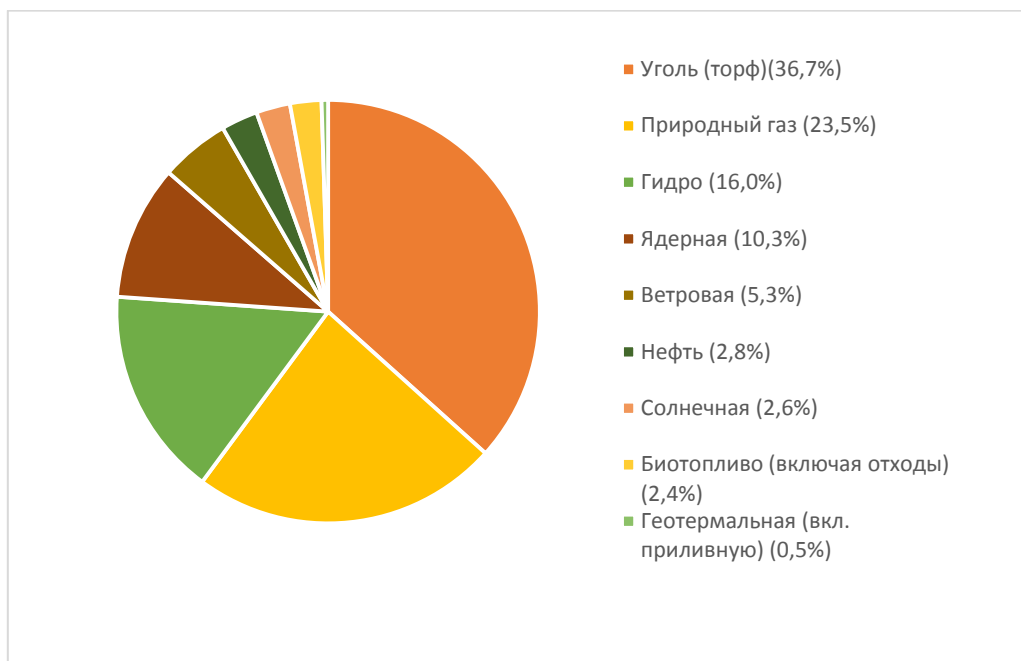


Рис. 2. Соотношение энергоресурсов в мировом производстве электроэнергии

Экономика России требует значительных объемов электроэнергии. По данным Министерства энергетики Российской Федерации [3] выработка электроэнергии всеми электростанциями ЕЭС России, включая производство электроэнергии на электростанциях промышленных предприятий, в 2019 году составила 1080,6 млрд кВт·ч, из них 63,7 % электроэнергии было произведено на теплоэлектростанциях, 18,6 % – на атомных электростанциях, 17,5 % – на гидроэлектростанциях и лишь 0,2 % – с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ). При том, что в мире в 2019 году на долю ВИЭ приходилось уже около 10 % всей выработанной электроэнергии.

Основное преимущество возобновляемых источников энергии – экологическая чистота: их использование практически не изменяет энергетический баланс планеты. По прогнозным оценкам экспертов роль ВИЭ в мировой энергетике должна составить до 86 % от общего уровня генерации электроэнергии в 2050 году. Причем основное увеличение придется на ветровую (с 7 % до 35 %) и солнечную энергию (с 3 % до 25 %) [4]. В ряде стран доля возобновляемой электроэнергетики уже превышает 50 %.

В настоящее время в России значительная доля населения проживает в районах с автономным энергоснабжением или с негарантированным

централизованным энергоснабжением, занимающих около 60 % всей территории России [5]. К таким районам относятся:

- зоны децентрализованного энергоснабжения с низкой плотностью населения, в первую очередь, районы Крайнего Севера и приравненные к ним территории,

- зоны централизованного энергоснабжения с большим дефицитом мощности и значительными материальными потерями из-за частых отключений потребителей энергии,

- города и места массового отдыха и лечения населения со сложной экологической обстановкой, что обусловлено вредными выбросами в атмосферу от промышленных и городских котельных, работающих на ископаемом топливе,

- зоны с проблемами обеспечения энергией: удаленные места проживания, удаленные телекоммуникационные и другие инженерные узлы, фермерские хозяйства, места сезонной работы, садово-огородные участки.

Именно поэтому вопросы приоритетного развития в России электроэнергетики с использованием ВИЭ имеют важное социальное и экологическое значение.

Рассмотрим кратко тенденции развития в России альтернативной электроэнергетики с использованием ветра и солнца.

По состоянию на начало 2021 года в России функционируют ветроэлектростанции (ВЭС) с общим объёмом генерации более 1 ГВт, из них более 700 МВт было введено в эксплуатацию в 2020 году. При этом необходимо отметить, что уже сейчас электроэнергия от ВЭС в России обходится дешевле, чем от угольных электростанций, а к 2030 году ожидается, что она будет дешевле газовой генерации [6].

Что касается солнечной энергетики, то следует отметить: по состоянию на июнь 2021 года в Единой энергосистеме России эксплуатировались солнечные электростанции (СЭС) общей установленной мощностью 1768 МВт, что составляет 0,72 % от общей мощности электростанций ЕЭС России, в 2020 году они произвели 1982 млн кВт·ч электроэнергии (0,19 % общей выработки энергосистемы) [7].

Таким образом, в целях снижения выбросов вредных веществ в атмосферу Земли, предотвращения катастрофических последствий для окружающей среды и улучшения экологии современное общество стремится к сокращению использования углеводородного топлива в энергетике и постепенно заменяет его возобновляемыми источниками энергии. Широкое применение возобновляемых источников энергии, в первую очередь ветровой и солнечной, соответствует высшим приоритетам общества и задачам энергетической стратегии России. Как следствие, в ближайшие десятилетия доля использования ВЭС и СЭС значительно возрастет как в мировой, так и в российской экономике.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Global products and services bp. URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>
2. World gross electricity production, by source, 2019 // IEA. URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/world-gross-electricity-production-by-source-2019>
3. Основные характеристики российской электроэнергетики. Минэнерго России. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/532>
4. Счастливцев А.И., Борзенко В.И., Дуников Д.О. II Международная научно-практическая конференция «Альтернативная и интеллектуальная энергетика», 16-18 сентября 2020 г., г. Воронеж. URL: <https://aie.cchgeu.ru/upload/staff/upr-nauki-i-innov/AIE-2020/SchastlivcevA.pdf>
5. Дубинкин Е. Энергетика: тенденции и перспективы. // Энергетика и промышленность России. 2020, №17 (397). URL: <https://www.eprussia.ru/epr/397/9339050.htm>
6. Ланьшина Т. Ветроэнергетический рынок России: Потенциал развития новой экономики. 2021. URL: [https://russia.fes.de/fileadmin/user\\_upload/documents/210316-FESMOS-windenergy-ru.pdf](https://russia.fes.de/fileadmin/user_upload/documents/210316-FESMOS-windenergy-ru.pdf)
7. Информационный обзор «Единая энергетическая система России: промежуточные итоги» (оперативные данные). Июнь 2021 года. URL: [https://www.soups.ru/fileadmin/files/company/reports/ups-review/2021/ups\\_review\\_0621.pdf](https://www.soups.ru/fileadmin/files/company/reports/ups-review/2021/ups_review_0621.pdf)

*Каримов А. Р., Аиткулова А. И.*

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа, Российская Федерация

### **ОСОБЕННОСТИ ПЛАНИРОВАНИЯ ЗОН РЕГЕНЕРАЦИИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ**

*Аннотация.* В данной работе проведен анализ преимуществ и недостатков планирования зон регенерации нефтезагрязненных территорий с помощью метода фиторемедиации.

*Ключевые слова:* фиторемедиация; нефтезагрязненные земли; фитоэкстракция; восстановление территорий; зоны регенерации.

*Karimov A. R., Aitkulova A. I.*

Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation

### **FEATURES OF PLANNING REGENERATION ZONES TO RESTORE TERRITORIES, CONTAMINATED WITH PETROLEUM PRODUCTS**

*Abstract.* In this paper, the advantages and disadvantages of planning the regeneration zones of oil-contaminated territories using the phytoremediation method are analyzed.

*Key words:* phytoremediation; oil-contaminated lands; phytoextraction; restoration of territories; regeneration zones.

В настоящее время выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду с каждым годом становится все больше, что сильно влияет на среду обитания всех живых организмов и приводит к нарушению баланса в природной среде со всеми вытекающими на этом пути факторами, из-за чего все чаще звучат вопросы о способе очистки на различных уровнях. Одним из таких методов является фиторемедиация – очистка окружающей среды от различных загрязняющих веществ с помощью растений.

Первые научные исследования по очистке сточных вод с помощью установок были проведены в 1950-1960 годах в Израиле, но основное внимание этому методу было уделено только в 1980-х годах. Фиторемедиация - это комплекс методов очистки сточных вод, почвы и атмосферного воздуха с использованием зеленых растений. Одно из направлений более общего метода биоремедиации. Основными видами растений в этом методе являются: тростник, ива, ряска, клевер и подсолнечник. Также в настоящее время проводятся активные исследования гипераккумуляторов, а также возможности изменения растений на генетическом уровне. Преимуществом использования растений, по сравнению с другими живыми объектами (например, микроорганизмами), является их способность поглощать тяжелые металлы, в том числе токсичные. "Фитоэкстракция" подразумевает использование растений для извлечения загрязняющих веществ из окружающей среды. Когда растения извлекают тяжелые металлы с использованием технологии фиторемедиации, используются следующие механизмы: фитоэкстракция, фитостабилизация, ризофильтрация и фитоволатилизация.

Фитоэкстракция - это поглощение, перемещение загрязняющих веществ в надземные части растений, которые могут быть собраны и сожжены для получения энергии и переработки металла из золы. Фитостабилизация - это использование определенных видов растений для иммобилизации загрязняющих веществ из почвы путем поглощения и накопления в тканях растений, адсорбции на корнях, предотвращения миграции загрязняющих веществ в почве, а также их перемещения в результате эрозии и дефляции. Ризофильтрация - это адсорбция на корнях растений веществ в растворе, окружающем корневую зону. Он используется для очистки бытовых сточных вод. Фитоиспарение (фитоволатилизация) - это поглощение и транспирация загрязняющего вещества растением с выделением загрязняющего вещества или его модифицированной формы в атмосферу. Процесс фитоволатилизации - это способность растений поглощать и впоследствии выделять загрязняющие вещества в атмосферу. При поглощении загрязняющих веществ растениями, их изменение через метаболические процессы в тканях или разрушение загрязняющих веществ через эффекты, производимые соединениями растений непосредственно в окружающей среде происходят процессы фитотрансформации и фитодеградациии. Эти процессы характерны для сложных органических молекул, которые разлагаются на более простые молекулы загрязняющих веществ в почвах, осадках, илах и грунтовых водах среды.

Фиторемедиация стала эффективным и рентабельным методом очистки окружающей среды только после открытия растений-гипераккумуляторов тяжелых металлов, способных накапливать в своих листьях до 5% никеля, цинка или меди в пересчете на сухую массу - то есть в десятки раз больше, чем обычные растения. Природа этого явления еще до конца не изучена: возможно, высокое содержание ядовитых элементов защищает растения от вредителей и делает их более устойчивыми к болезням.

В статье [1] рассчитан риск истощения поймы по эколого-гидрологическому состоянию с учетом: площади пойменных участков, данных по водосбору подземных и поверхностных вод, «закрытости» территорий, средний многолетний годовой сток. Методика апробирована на водосборном комплексе реки Белой и ее притоков. При оценке риска по видовому составу разработаны геоинформационные карты растительности и лесного покрова поймы реки Белой. В качестве показателя устойчивости промысла к опасностям выбрана степень лесистости отловленных ловушек. Расчет риска возникновения уловов по эколого-гидрологическому состоянию производства с учетом: площади вылова природных ресурсов, данных об уловах подземных и опасных вод, «закрытых» условиях, годового потребления стока. По результатам комплексной оценки геоэкологического риска установлены водосборные комплексы выявленных наиболее уязвимых участков. Пойма реки Ашкадар была классифицирована как предполагаемая опасность деградации. [1]

У растений есть эффективные механизмы для получения необходимых им питательных веществ из окружающей среды, даже если они присутствуют в окружающей среде в очень малых количествах. Корни растений, благодаря растительным хелатным агентам и вызванным растениями изменению pH среды, окислительно-восстановительным реакциям, способны растворять и поглощать микроэлементы из глубоких слоев почвы, а также из почти нерастворимых отложений. Растения также выработали весьма специфические механизмы перемещения и накопления микроэлементов. Такие же механизмы задействованы в процессах всасывания, перемещения и хранения токсических элементов, химические свойства которых аналогичны необходимым элементам. Растения обычно не накапливают питательные микроэлементы сверх своих краткосрочных метаболических потребностей, и эти потребности низки. И эти требования колеблются от 10 до 15 ppm большинства микроэлементов, достаточных для большинства нужд. Исключение составляют растения-гипераккумуляторы, которые могут поглощать ионы токсичных металлов на уровне в тысячи частей на миллион. Это растения, у которых отношение концентрации металла в побегах к концентрации металла в корне более единицы. У неаккумулирующих растений отношение концентрации металлов в побегах к концентрации металлов в корне обычно значительно меньше единицы.

В большинстве случаев живущие в ризосфере микроорганизмы, бактерии и грибы повышают миграционную способность металлов - их перенос и любое перемещение в результате геохимических процессов, происходящих в земной

коре и на ее поверхности (было введено понятие о миграции химических элементов Ферсманом, для миграции воды уравнение было выведено Перельманом), способствуя мобилизации ионов металлов, таким образом увеличивая биодоступную фракцию. [2]

Некоторые тяжелые металлы, например тот же свинец, даже при высоком их содержании в почве плохо извлекаются растениями из-за того, что находятся в виде малорастворимых соединений. Поэтому концентрация свинца в растениях обычно не превышает 50 мг/кг, и даже индийская горчица, генетически предрасположенная к поглощению тяжелых металлов, накапливает свинец в концентрации всего 200 мг/кг даже при выращивании в сильно загрязненной почве. с этим элементом.

Проблема была решена, когда было обнаружено, что поступление тяжелых металлов в растения стимулируют вещества (например, этилендиаминтетрауксусная кислота), образующие с металлами в почвенном растворе устойчивые, но растворимые комплексные соединения. Внесение такого вещества в почву, содержащую свинец в концентрации 1200 мг/кг, привело к тому, что концентрация тяжелого металла в побегах индийской горчицы увеличилась до 1600 мг/кг! [3]

С другой стороны, существуют определенные ограничения в отношении системы фиторемедиации. Фиторемедиация может быть длительным процессом и может занять как минимум несколько сезонов. Промежуточные продукты, полученные из этих органических и неорганических загрязнителей, могут быть цитотоксичными для растений. Фиторемедиация также ограничена скоростью роста растений. Таким образом, для загрязнителей, представляющих острую опасность для человека и окружающей среды, фиторемедиация не может быть выбранным методом ремедиации. Фиторемедиация лучше всего подходит для отдаленных районов, где контакт человека с загрязняющими веществами ограничен или где нет необходимости в немедленной очистке почвы.

Получившаяся при фитоэкстракции растительная биомасса может быть классифицирована, как опасные отходы, следовательно, удаление должно быть правильным. Потребление загрязненной растительной биомассы также вызывает беспокойство - загрязняющие вещества могут по-прежнему попадать в пищевую цепь через животных / насекомых, которые питаются растительным материалом, содержащим загрязняющие вещества. [4]

Известно, что химический состав разных видов растений и даже их частей может довольно сильно различаться. К настоящему времени в живых организмах идентифицированы практически все химические элементы периодической системы. Содержание их в организмах колеблется в широких пределах, но в целом можно предположить, что в некоторых районах биосферы с большой биомассой практически все химические элементы могут быть сосредоточены на биогеохимических барьерах. [5]

Таким образом, метод фиторемедиации относительно эффективен в вопросе восстановления территорий после нефтяного загрязнения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Красногорская Н.Н., Оценка геоэкологического риска истощения пойменно-руслового комплекса с применением методов геоинформационного моделирования/Красногорская Н.Н., Нафикова Э.В., Белозерова Е.А., Дубовик И.Е., Шарипова М.Ю.//Безопасность жизнедеятельности. 2014. № 11 (167). С. 3-7.
2. Геологический словарь: в 2-х томах. М.: Недра. Х.А. Арсланова, М.Н. Голубчина, А.Д. Искандерова и др.; Под редакцией К. Н. Паффенгольца и др. 1978.
3. Душенков В., Раскин И. Ратгерский университет (Нью-Джерси, США). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.chem.msu.su/rus/journals/chemlife/fito.html/> (дата обращения: 08.06.2018).
4. A Review on Heavy Metals (As, Pb, and Hg) Uptake by Plants through Phytoremediation (Bieby Voijant Tangahu, Siti Rozaimah Sheikh Abdullah, Hassan Basri, Mushrifah Idris, Nurina Anuar, Muhammad Mukhlisin)
5. Прикладная экобиотехнология: учебное пособие: в 2 т. Т. 2 / А.Е. Кузнецов [и др.]. 2-е изд. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.

*Коннов Я. А., Маликова К. А., Баракхнина В. Б., Яникиева М. С.*

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация

### **РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭФФЕКТИВНОМУ ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ОБРАЗОВАНИЯ ГАЗОГИДРАТОВ В ПРОЦЕССЕ ТРАНСПОРТИРОВКИ УГЛЕВОДОРОДОВ СО ШТОКМАНОВСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

*Аннотация.* Рассмотрены техника и технология, предлагаемая в перспективном проекте разработки Штокмановского месторождения, который предусматривает освоение месторождения газа добычным подводным комплексом с подсоединением его к технологическим платформам. Проведен расчет технологических показателей ингибитора для снижения образования кристаллогидратов. Инновацией по снижению риска аварийного загрязнения грунта и водной поверхности при транспортировке ингибитора кристаллообразования на большие расстояния может быть создание малотоннажного блочно-модульного производства этого реагента на технологических платформах.

*Ключевые слова:* кристаллогидрат, газоконденсатное месторождение, газообразные углеводороды, метанол, ингибитор кристаллообразования.

*Konnov Ya. A., Malikova K. A., Barakhnina V. B., Yanikieva M. S.*

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation

### **DEVELOPMENT OF MEASURES FOR EFFECTIVE PREVENTION OF GAS HYDRATES IN TRANSPORTATION OF HYDROCARBONS FROM THE SHTOKMAN GAS CONDENSATE FIELD**

*Abstract.* The technique and technology proposed in the promising project for the development of the Shtokman field, which provides for the development of a gas field by a production underwater complex with its connection to technological platforms, are considered. The calculation of the

technological parameters of the inhibitor to reduce the formation of crystalline hydrates was carried out. An innovation to reduce the risk of accidental contamination of soil and water surface during the transportation of a crystal formation inhibitor over long distances can be the creation of a small-scale block-modular production of this reagent on technological platforms.

*Key words:* crystalline hydrate, gas condensate field, gaseous hydrocarbons, methanol, crystal formation inhibitor.

Оценка эффективности предотвращения образования кристаллогидратов при транспортировке углеводородов на Штокманском газоконденсатном месторождении (ШГКМ) является актуальной для развития газодобычи Арктического шельфа и нефтегазовой отрасли в целом [1].

Цель исследовательской работы – разработка мероприятий по эффективному способу предотвращения образования газогидратов при транспортировке углеводородов со ШГКМ.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- изучение и анализ геолого-промысловых характеристик ШГКМ;
- актуализация техники и технологии перспективного проекта ШГКМ;
- анализ и выбор эффективного метода предотвращения образования газогидратов при подводной транспортировке углеводородов со ШГКМ.

Проведен расчет показателей технологического процесса для снижения образования газогидратов на ШГКМ. Анализ полученных результатов показал, что при различных технологических показателях процесс гидратообразования неизбежен [2-4]. Усовершенствованным методом для устранения этого явления является использование тетраэтилгликоля (ТЭГ). Однако, по техническим характеристикам этот ингибитор перспективно использовать в сейсмически активных районах. Поэтому в работе предложен более эффективный в условиях ШГКМ ингибитор образования газогидратов – метанол. Инновацией по снижению риска аварийного загрязнения грунта и водной поверхности при транспортировке на большие расстояния может быть создание малотоннажного блочно-модульного производства этого ингибитора образования кристаллогидратов на технологических платформах (рисунок 1) [3]. Преимущества данной установки: маленькие габариты; возможность выдерживать низкие температуры; отсутствие необходимости дальнейшей доставки; отсутствие необходимости прокладки метанолапровода; отсутствие необходимости строительства и содержания новых транспортных терминалов; сокращение выбросов в атмосферу; круглогодичное производство метанола; сокращение количества персонала, задействованного в доставке и использовании ингибитора.



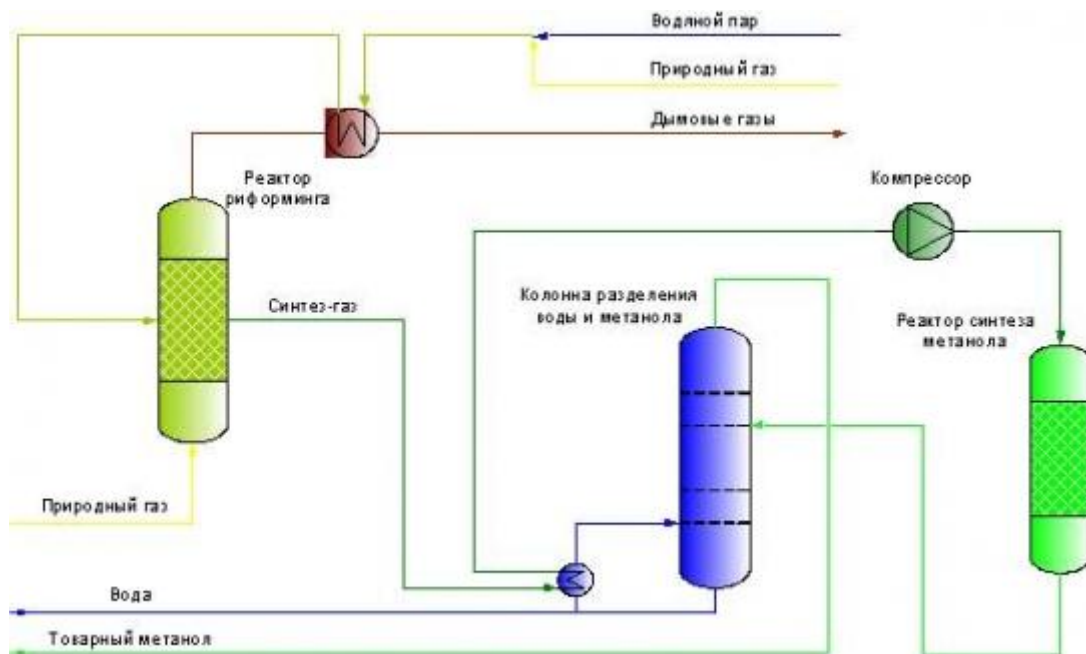


Рис. 1. Технологическая схема малотоннажного производства метанола УПМ-40

Утилизация отработанного водно-метанольного раствора (ВМР, 4-75% объем.) проводится следующей установкой (рисунок 2).

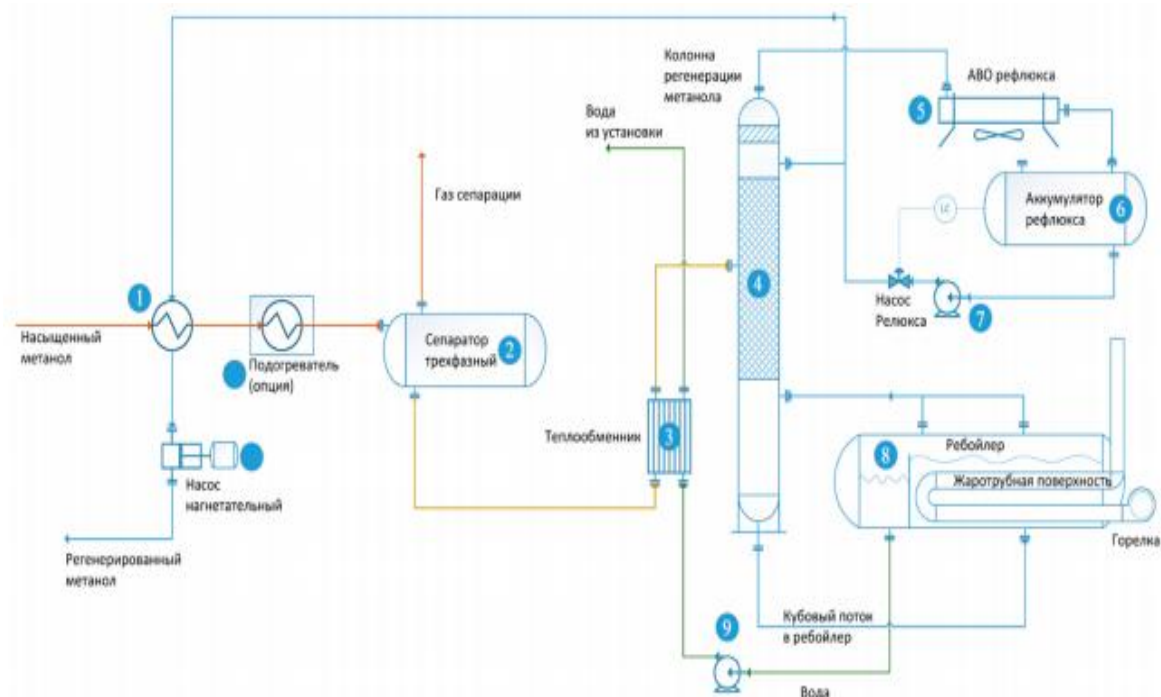


Рис. 2. Технологическая схема УРМ:

1, 3 – теплообменники; 2 – сепаратор; 4 – колонна регенерации метанола; 5 – охладитель; 6 – аккумулятор рефлюкса; 7 – насос рефлюкса; 8 – ребойлер

По результатам экономических расчетов очевидно, что предложенное мероприятие позволит снизить затраты на строительство подводного трубопровода ТЭГ и получить прибыль в размере 574 169 653 руб./год, а срок окупаемости составит 8 месяцев.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдрахманов Н.Х., Тимофеев А.А., Шарафиев Р.А. и др. Техносферная безопасность на предприятиях нефтегазовой отрасли. Учеб. пособие под общей ред. Р.Г. Шарафиева/ Н.Х. Абдрахманов и др. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2020. – 304 с.
2. Бахтизин Р.Н., Радионова С.Г., Лисин Ю.В. и др. Энциклопедия безопасности жизнедеятельности. Учеб. пособие / Р.Г. Шарафиев, В.Б. Барахнина, И.Р. Киреев, В.В. Ерофеев. – М.: Недра, 2016. – 719 с.
3. Коннов Я.А., Ягдарова М.С. Эффективный способ предотвращения газогидратов при транспортировке углеводородов со Штокманского газоконденсатного месторождения. Трубопроводный транспорт– 2021: тезисы докладов XVI Международной учебно-научно-практической конференции / редкол: Р.Н. Бахтизин, С.М. Султанмагомедов и др. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2021.– с.249-452.
4. Янтирякова А.Р., Сайфуллина А.Ш., Барахнина В.Б. Анализ возможных сценариев возникновения и развития аварий на морских участках нефтепроводов. В кн.: Материалы XI Международной учебно-научно-практической конференции «Трубопроводный транспорт – 2016», Уфа, Издательство УГНТУ, 2016. – С. 329-331.

*Мальцева С. В., Якубович А. С., Грицкевич Е. Р., Бученков И. Э., Сыса А. Г.*  
Международный государственный экологический университет имени  
А. Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь

### **АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ К АНТИБИОТИЧЕСКИМ ПРЕПАРАТАМ БАКТЕРИЙ РОДА *BACILLUS*, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПОЧВ, НАХОДИВШИХСЯ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

*Аннотация.* В данной работе представлены результаты исследований чувствительности к антибактериальным препаратам некоторых представителей бактерий рода *Bacillus* (*Bacillus subtilis*, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus mycoides* и *Bacillus cereus*), выделенных из почв, находившихся в условиях длительного воздействия ионизирующего излучения (территория *Полесского государственного радиационно-экологического заповедника (ПГРЭЗ)* д. Масаны), а также из окрестностей г. Орша (естественный фоновый уровень ионизирующего излучения). Был отмечен высокий уровень чувствительности бактерий *Bacillus subtilis*, выделенных из почв г. Орша, к антибиотикам некоторых групп (рифампицины (Зона задержки роста (ЗЗР)  $11,67 \pm 0,2$  мм), фторхинолы (ЗЗР  $13,25 \pm 0,2$  мм), тетрациклины (ЗЗР  $15 \pm 0,2$  мм) и аминогликозиды (ЗЗР  $13,75 \pm 0,2$  мм)). В тоже время отмечалось проявление резистентности, либо снижение чувствительности к некоторым антибактериальным препаратам отдельных представителей бактерий рода *Bacillus*, в частности *Bacillus cereus* и *Bacillus subtilis*, выделенных из почв д. Масаны. Результаты могут указывать на активацию защитных механизмов исследуемых бактерий в условиях длительного воздействия ионизирующего излучения.

*Ключевые слова:* бактерии рода *Bacillus*, ионизирующее излучение, антибактериальные препараты.

*Maltseva S. V., Yakubovich A. S., Gritskevitch E. R., Buchenkov I. E., Sysa A. G.*  
International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University,  
Minsk, Republic of Belarus

## **ANALYSIS OF SENSITIVITY TO ANTIBIOTIC PREPARATIONS OF BACTERIA OF THE GENUS BACILLUS ISOLATED FROM SOILS EXPOSED TO LONG-TERM EXPOSURE TO IONIZING RADIATION**

*Abstract.* This paper presents the results of studies of the sensitivity to antibacterial drugs of some representatives of bacteria of the genus *Bacillus* (*Bacillus subtilis*, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus mycoides* and *Bacillus cereus*), isolated from soils that were under conditions of prolonged exposure to ionizing radiation (the territory of the Polesky State Radiation and Ecological Reserve (PSREZ) Masany village), as well as from the environs of the city of Orsha (natural background level of ionizing radiation). A high level of sensitivity of *Bacillus subtilis* bacteria isolated from the soils of the city of Orsha to antibiotics of some groups (rifampicins (growth inhibition zone (GIZ)  $11.67 \pm 0.2$  mm), fluoroquinolones (GIZ  $13.25 \pm 0.2$  mm), tetracyclines (GIZ  $13.25 \pm 0.2$  mm) and aminoglycosides (GIZ  $13.75 \pm 0.2$  mm)). At the same time, there was a manifestation of resistance or a decrease in sensitivity to certain antibacterial drugs of certain representatives of bacteria of the genus *Bacillus*, in particular *Bacillus cereus* and *Bacillus subtilis*, isolated from the soils of Masany village. The results may indicate the activation of the protective mechanisms of the studied bacteria under conditions of prolonged exposure to ionizing radiation.

*Key words:* bacteria of the genus *Bacillus*, ionizing radiation, antibacterial drugs.

В последнее десятилетие активно изучаются физиолого-биохимические параметры микроорганизмов, подверженных постоянному воздействию экстремальных факторов среды. Данные исследования значительно расширяют представление об устойчивости микроорганизмов и внутриклеточных механизмах поддержания жизнедеятельности в условиях длительного стресса. В большинстве случаев неблагоприятное воздействие факторов окружающей среды на бактериальную клетку проявляется через изменение физиолого-биохимических свойств [5]. Изучение функционирования микроорганизмов *in vitro* помогает оценить важнейшую роль среды в развитии процессов адаптации, выборе колониями стратегии жизнеобеспечения, развитие микробным сообществом ответа на внешнее воздействие, проявляющегося как на уровне отдельных бактериальных форм, так и на уровне микрофлоры в целом.

Крупномасштабным экологическим бедствием 20-го века является катастрофа на Чернобыльской АЭС, приведшая к радиационному загрязнению огромных территорий [3]. Как известно, на ухудшение биологических свойств первой реагирует биота. В настоящее время известно, что воздействие радиационного фактора на почву, приводит к значительным изменениям биохимических параметров её микрофлоры. Это связано с тем, что почва представляет собой огромный резервуар, являющийся средой обитания для

многих микроорганизмов играющих важную роль в физико-химическом преобразовании радионуклидов.

На протяжении многих лет бактерии рода *Bacillus* вызывают большой интерес микробиологов. Это связано с тем, что среди различных представителей экзогенной микрофлоры, бациллы характеризуются рядом преимуществ: повсеместным распространением, особенностями цикла развития, необычной устойчивостью спор к химическим, физическим агентам и патогенам.

Изучение бактерий рода *Bacillus* ведется в разных отраслях, начиная от пищевой промышленности и заканчивая биотехнологией и генной инженерией. Так же они представляют особый интерес и в экологических исследованиях, поскольку населяют различные места обитания. Очевидно, что антропогенный стресс, который испытывает современная окружающая среда, так же может влиять на изменчивость этих микроорганизмов [4].

В ходе данного исследования был проведён анализ чувствительности к антибактериальным препаратам бактерий рода *Bacillus*, выделенных из почв д. Масаны (территория ПГРЭЗ), находившихся под длительным воздействием ионизирующего излучения, и почв окрестностей г. Орша (естественный фоновый уровень ионизирующего излучения).

Были самостоятельно выделены и идентифицированы некоторые представители рода *Bacillus* (*Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus mycoides*, *Bacillus thuringiensis*) из почв, находящихся под длительным воздействием ионизирующего излучения. Отбор проб почв проводился на модельных участках (25 м<sup>2</sup> каждый) на территории д. Масаны (ПГРЭЗ) и окрестностях г. Орша по методу "конверта" (четыре точки по углам и одна в центре). Исследование проводилось в рамках научно-исследовательского проекта «Изучение экологических особенностей функциональной активности почвенных микроорганизмов в условиях длительного воздействия ионизирующего излучения (на примере модельных территорий)» ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда» Рег. № 20211336.

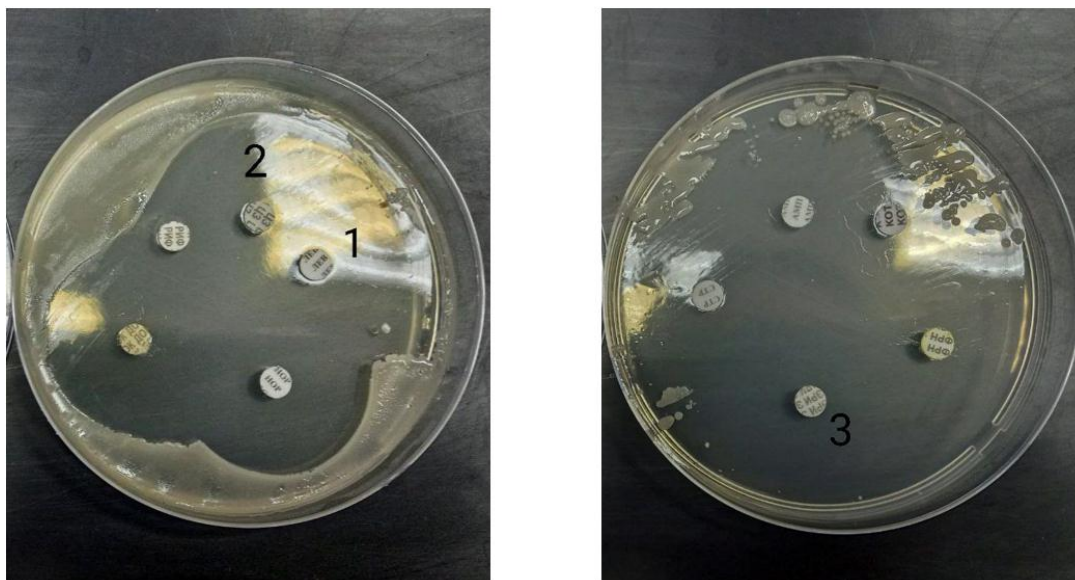
Для выделения и идентификации некоторых почвенных спорообразующих микроорганизмов рода *Bacillus*, была использована дифференциально – диагностическая среда Моссея, а также физиолого-биохимические, тинкториальные и культуральные методы анализа тестовых культур [1].

Чувствительность штаммов спорообразующих бактерий рода *Bacillus* изучали диско-диффузионным методом [6]. В качестве питательной среды для анализа чувствительности тестовых культур к антибиотикам использовали среду Мюллер-Хинтон (МХА) и стандартные наборы дисков для оценки антибиотикочувствительности. Результаты учитывались по величине диаметра зоны задержки роста вокруг диска (ЗЗР), измеренной в миллиметрах [2].

В ходе исследования было выявлено, что бактерии рода *Bacillus*, выделенные из почв окрестностей г. Орша, проявили чувствительность к антибиотикам группы рифампицины (ЗЗР 11,67±0,2 мм), а также

к фторхинолам (ЗЗР  $13,25 \pm 0,2$  мм), тетрациклинам (ЗЗР  $15 \pm 0,2$  мм) и аминогликозидам (ЗЗР  $13,75 \pm 0,2$  мм).

Высокий уровень чувствительности к антибактериальным препаратам (к левомицетину (ЗЗР  $20 \pm 0,1$  мм), цефазолину (ЗЗР  $19 \pm 0,1$  мм) и эритромицину (ЗЗР  $18 \pm 0,1$  мм)) наблюдался у бактерий *Bacillus subtilis*, выделенных из почв окрестностей г. Орша (рисунок 1).



1 – левомицетин (30 мкг), 2 – цефазолин (30 мкг), 3 – эритромицин (15 мкг)

Рис. 1. Анализ чувствительности *Bacillus subtilis*, выделенных из почв окрестностей г. Орша, к антибиотикам

Бактерии рода *Bacillus*, в частности *Bacillus cereus* и *Bacillus subtilis*, выделенные из почв д. Масаны, проявляли низкую чувствительность ко всем анализируемым представителям антибиотических препаратов: рифампицины (ЗЗР  $6 \pm 0,2$  мм), фторхинолы (ЗЗР  $8 \pm 0,2$  мм), амфениколы (ЗЗР  $7,75 \pm 0,5$  мм), тетрациклины (ЗЗР  $11,75 \pm 0,4$  мм) и аминогликазиды (ЗЗР  $10 \pm 0,2$  мм).

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сказать, что длительное воздействие ионизирующего излучения на микрофлору почвы может приводить к проявлению резистентности к некоторым антибактериальным препаратам отдельных представителей бактерий рода *Bacillus*, в частности *Bacillus cereus* и *Bacillus subtilis*, что может говорить об активации защитных механизмов исследуемых бактерий в условиях действия данного стрессового фактора.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грабова, А. Ю. Скрининг штаммов бактерий рода *Bacillus* – активных антагонистов фитопатогенов бактериальной и грибной природы / А. Ю. Грабова [и др.]. // Мікробіол. журн. - 2015. – № 6. – С. 47–54

2. Зими́на, М.И. Изучение антибиотической активности штаммов рода *Bacillus* и свойств их бактериоцинов с целью разработки лекарственных препаратов нового поколения / М. И. Зими́на [и др.]. // Продукты питания и сырье. - 2016. - № 2. – С. 92–100
3. Романенко, М.И. Радиоэкологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС для пресноводных экосистем/ М.И. Романенко [и др.]. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук – 2006. - №8. С. 40-57.
4. Слинчак А.И. Экологические и социальные последствия радиационной катастрофы на Чернобыльской АЭС / А.И. Слинчак // Агрэкология. – 2018. - №5. – С.98-106.
5. Сычѳв, В.Г. Крупномасштабные радиационные аварии и загрязнение почв техногенными радионуклидами / В.Г. Сычѳв, П.М. Орлов, М.И. Лунѳв // Плодородие. – 2016.- №3. – С. 30-32.
6. Галынкин В.А., Кочеровец В.И., Габидова А.Э. Фармацевтическая микробиология/ В.А. Глынкин, В.И. Кочеровец, А.Э. Габтдова. - М.: Арнебия. 2 издание, дополненное и переработанное, 2015. — 240 с.

*Подберезко С. А.<sup>1</sup>, Мельнов С. Б.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка, г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова Белорусского государственного университета, г. Минск, Республика Беларусь

## **ЧАСТОТА ЦИТОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ КЛЕТОК ГЕМОЛИМФЫ *LUMNAEA STAGNALIS* ИЗ ВОДОЕМОВ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ ЧАЭС**

*Аннотация.* На примере *L. stagnalis* доказана эффективность использования цитогенетического анализа для оценки отдаленных генетических эффектов радиационных воздействий. Установлено, что частота встречаемости микроядер в группе объектов из зоны отчуждения превышает распространенность указанного цитоморфологического нарушения превышает спонтанный уровень более, чем в 60 раз ( $p < 0,05$ ).

Выявлены особенности индукции клеточных нарушений в гемолимфе в зависимости от места происхождения объекта. Уровень воздействия дополнительного радиационного фактора существенно меняет цитоморфологический статус гемолимфы *L. stagnalis*, что позволяет использовать его в качестве объекта биоиндикации радиационных воздействий.

*Ключевые слова:* *L. stagnalis*, гемоциты, цитогенетический анализ, цитоморфологические нарушения, зона отчуждения.

*Podberezko S. A.<sup>1</sup>, Melnov S. B.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Belarusian State Pedagogical University named after Maxim Tank, Minsk, Republic of Belarus

<sup>2</sup>International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus

## **THE FREQUENCY OF CYTOMORPHOLOGICAL DISORDERS HEMOLYMPH CELLS OF LYMNAEA STAGNALIS FROM RESERVOIRS OF THE CHERNOBYL NPP EXCLUSION ZONE**

*Abstract.* On the model of *L. stagnalis* cells the effectiveness of cytogenetic analysis for assessment of the long-term radiation genetic effects has been proven. It was found that micronuclei frequency in the group of objects from the exclusion zone more than 60 times higher in comparison with control group ( $p < 0.05$ ).

The peculiarities of other cellular disorders induction in the hemolymph cells depends on the place of object origin. The level of additional radiation exposure changes the cytomorphological status of the hemolymph cells so significantly, which makes possible to use them as an object for radiation bioindication.

*Key words:* *L. stagnalis*, hemocytes, cytogenetic analysis, cytomorphological disorders, exclusion zone.

Природные популяции территорий зоны отчуждения подвергаются постоянному воздействию хронического радиационного воздействия, которое способно вызвать необратимые изменения на уровне не только сообщества животных, но и его генома в целом. Для выявления, анализа и предупреждения ионизирующего излучения возрастает необходимость в комплексной диагностике и защите среды обитания биоты.

Кроме этого, человечество уже столкнулось с проблемами радиационных аварий и на повестке дня стоит проблема ядерного терроризма. Все это диктует необходимость совершенствования наших знаний о действии радиации на человека и биоту.

В этом аспекте особенное значение приобретают виды-биоиндикаторы природной среды, к числу которых относится Большой прудовик (*Lymnaea stagnalis* L.).

Известно, что вблизи ЧАЭС водные экосистемы отличаются широким варьированием мощностей доз дополнительного облучения. Возникают уникальные возможности для изучения действия низкодозового хронического облучения на разнообразные виды живых организмов, и их сообщества. Исследования должны охватывать явления, происходящие на разных уровнях организации биологических систем, с анализом молекулярно-биологических эффектов, микроэволюционных процессов, динамики ослабления радиационно-индуцированного генетического груза в видовых популяциях, механизмов гомеостаза на территориях, загрязненных радионуклидами.

На протяжении 2019-2021 годов проведено исследование влияния <sup>90</sup>Sr на клеточный состав гемолимфы Большого прудовика (*Lymnaea stagnalis* L.) из

водоемов белорусской зоны отчуждения (Полесский государственный радиационно-экологический заповедник): озеро Персток, Борщевское затопление, Красноселье (затока), Николаевский старик, озеро Золотой рог, озеро Семеница, озеро Гнездное, условно – чистом водоеме р. Поплав (Минский район).

*Lymnaea stagnalis* относится к наиболее высокоорганизованным видам моллюсков. Преимущественно распространен в умеренном поясе Северного полушария. Живет, главным образом, в пресной воде, особенно в прудах и болотах или медленно текущих водах [1] и тем самым является важным объектом радиоэкологического мониторинга водоемов [3].

Главное преимущество прудовика большого как биологической модели заключаются в повсеместной распространенности этого вида на территории Беларуси, что позволяет проводить радиоэкологический мониторинг по всей территории Республики [1]. *L. stagnalis* является достаточно радиочувствительным и удобным объектом при выполнении цитогенетического и гематологического мониторинга водных экосистем, испытывающих влияние предприятий ядерного топливного цикла [3].

Основным дозообразующим радионуклидом для моллюсков зоны отчуждения в настоящее время является  $^{90}\text{Sr}$  – химический аналог  $\text{Ca}^{2+}$ , накапливающийся в раковинах и в значительных количествах присутствующий в донных отложениях водоемов [2] и  $\text{Cs}^{137}$ , однако как химический аналог  $\text{Ca}^{2+}$  он накапливается избирательно в раковине моллюска, обеспечивая хроническое низкодозовое воздействие.

Цитогенетический анализ является стандартным методом, признаваемым ВОЗ и МАГАТЭ для оценки радиационных эффектов.

Цитогенетический анализ проводился на клетках гемолимфы лимнеид – гемоцитах. Забор биологического материала производился согласно международным стандартам работы с лабораторными животными [4]. Окрашивание препаратов делали по стандартной методике [5]. Учитывали все типы аберраций (микроядра, остатки гемоцитов, кариорексис, многоядерные гемоциты, апоптотические тела) фиксируемые на гомогенно окрашенных препаратах.

Полученные данные обрабатывали следующими статистическими методами: непараметрического коэффициента ранговой корреляции Спирмана и Кендала, параметрического критерия Пирсона, двухстороннего t-критерия. За величину статистической значимости принимали  $p \leq 0,05$ . Использовали программу IBM SPSS Statistics 23.0.

При анализе клеточного материала гемолимфы прудовика выявлены следующие типы цитоморфологических нарушений – микроядра, остатки гемоцитов, кариорексис, многоядерные гемоциты, апоптотические тела. Количество клеточных нарушений представлено в таблице 1.



Таблица 1

## Основные нарушения гемоцитов (%)

№п/п	Микроядра	Остатки гемоцитов	Кариорексис	Многоядерные гемоциты	Апоптотические тела
<b>1.основная группа</b>	9,16±3,44	7,47±2,38	6,59±5,59	10,56±3,58	6,78±2,09
<b>2.группа сравнения</b>	0,14±0,03	6,36±1,97	1,87±0,2	1,7±2,3	6,62±1,03
<b>p</b>	p<0,05	p>0,01	p<0,05	p<0,05	p>0,01

Данные, представленные в таблице 1 суммируют параметры цитогенетического статуса животных, обитающих на загрязненных территориях. Сравнительный анализ свидетельствует о том, что у животных основной группы, обитающей в зоне отчуждения наблюдается существенно повышенный общий уровень микроядер (9,16±3,44 % против 0,14±0,03%, p<0,05).

Аналогичным образом повышенный уровень для остальных типов цитоморфологических нарушений был отмечен в той же группе. Однако наиболее выраженные отличия от контроля отмечены для патологических клеток на стадии кариорексиса (p<0,05), и многоядерных гемоцитов (p<0,05), в тоже время уровни остатков гемоцитов и апоптотических тел отличались на уровне тенденции p<0,01.

В целом представленные в таблице 1 данные свидетельствуют о том, что даже в удаленный поставарийный период методами цитогенетического анализа удается зафиксировать мутационные эффекты хронического радиационного воздействия.

Необходимо отметить, что исследованные водоемы, отличающиеся по уровню радиационного загрязнения, характеризуются также различным уровнем цитоморфологических нарушений (таблица 2).

Таблица 2

## Количество цитоморфологических нарушений гемолимфы прудовика (%)

№ п/п	Место сбора	n, количество клеток в анализе	% клеточных нарушений гемолимфы
1.	Озеро Персток	9500	13,32±4,19
2.	Борщевское затопление	5000	7,12±2,24
3.	Красноселье (затока)	5500	4,2±2,59
4.	Озеро Гнездное	6000	3,34±2,33
5.	Золотой рог	5000	4,03±3,23
6.	Николаевский старик	5500	2,02±1,0
7.	Озеро Семеница	4500	6,53±1,5

Данные таблицы 2 свидетельствуют о том, что наиболее высокий уровень этих событий отмечен у особей моллюска озера Персток ( $13,32 \pm 4,19\%$ ) и Борщевского затопления ( $7,12 \pm 2,24\%$ ), в остальных водоемах этот показатель варьирует от  $2,02 \pm 1,0\%$  до  $6,53 \pm 1,5\%$ .

Представленные данные позволяют сделать заключение о том, что уровень воздействия дополнительного радиационного фактора в указанных водоемах может значительно отличаться. Для объяснения указанных причин в настоящее время нами проводится анализ содержания радионуклидов в воде водоемов обитания и раковинах *Lymnaea stagnalis* L.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конева О.Ю. Генетическая оценка популяций моллюсков *Lymnaea stagnalis* из регионов с различной антропогенной нагрузкой как первый шаг в генетическом мониторинге // Экологическая генетика. 2012. Т. 10, N 2. С. 21–31.
2. Гудков Д.И. Эффекты хронического низкодозового облучения у пресноводных моллюсков Чернобыльской зоны отчуждения // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. 2012. Т. 2, N 51. С. 87–91.
3. Гудков Д.И. Пресноводные моллюски в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС: Динамика содержания радионуклидов, дозовые нагрузки, цитогенетические и гематологические исследования // Гидробиологический журнал. 2010. Т. 46, N 3. С. 86–104.
4. Ebanks S.C., Grossel M. Fluid and osmolyte recovery in the common pond snail *Lymnaea stagnalis* following full-body withdrawal // Journal of Experimental Biology. 2008. Vol. 211(3). P. 327–336. doi:10.1242/jeb.010132
5. Hengartner, M. O. The biochemistry of apoptosis // Nature. 2000. Vol. 407(6805). P. 770-776. doi:org/10.1038/35037710

*Курамшина Н. Г.<sup>1</sup>, Кострюкова Н. В.<sup>1</sup>, Кутлин Н. Г.<sup>2</sup>, Кудаяров А. Р.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа, Российская Федерация

<sup>2</sup>Башкирский государственный университет (Бирский филиал), г. Бирск, Российская Федерация

### **ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РИСКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД РЕКИ САКЫНЬЯХА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ**

*Аннотация.* В работе представлена геоэкологическая оценка загрязнения поверхностных вод р. Сакынъяха в 2020 г. на территории Киньяминского месторождения нефти. Показано значительное увеличение поступления загрязнений, в сравнении с 2008 г., в поверхностные воды. Коэффициент общего загрязнения (ИЗВ) реки вырос с 11,6 до 186,9. Тенденция по увеличению поступления загрязняющих веществ на территории месторождения сохраняется, что указывает на явную недостаточность мероприятий по охране природных сред.

*Ключевые слова:* геоэкологическая оценка, поверхностные воды, загрязняющие вещества, нефтяное месторождение.

*Kuramshina N. G.<sup>1</sup>, Kostryukova N. V.<sup>1</sup>, Kutlin N. G.<sup>2</sup>, Kudayarov A. R.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation

<sup>2</sup>Bashkir State University (Birsk Branch), Birsk, Russian Federation

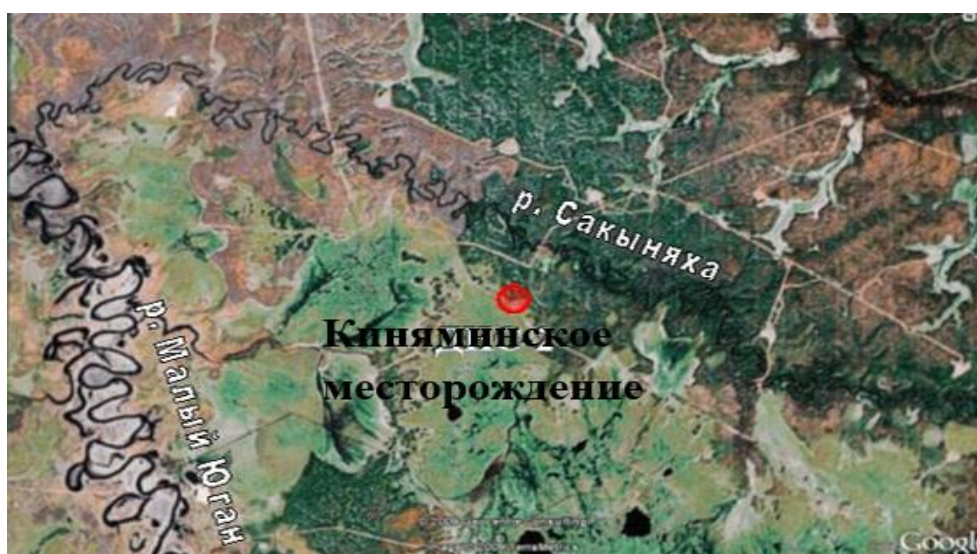
## **GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE RISK OF CONTAMINATION OF THE SURFACE WATERS OF THE SAKYNYAKHA RIVER IN THE ZONE OF INFLUENCE OF OIL PRODUCTION**

*Abstract.* The paper presents a geoecological assessment of surface water pollution of the Sakynyakh River in 2020 on the territory of the Kinyamin oil field. A significant increase in the intake of pollutants, in comparison with 2008, into surface waters is shown. The coefficient of total pollution of the Sakynyakh river increased during this period from 11.6 to 186.9. The tendency to increase the intake of pollutants in the field remains, which indicates a clear lack of measures to protect the natural environment.

*Key words:* geoecological assessment, surface waters, pollutants, oil field.

Геоэкологические исследования природной среды необходимы для оценки современного состояния, динамики и прогноза возможных изменений с целью предотвращения, минимизации или ликвидации вредных и нежелательных последствий в период строительства, эксплуатации и ликвидации строительных объектов на нефтяных месторождениях [1-3].

Цель работы - геоэкологическая оценка природных сред в зоне влияния производственных объектов. Объектом исследования является геоэкологическая оценка динамики загрязнения р. Сакыньяха, проходящей по территории Киньяминское нефтяное месторождение расположенного в Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции [5-6] (рис. 1).



*Рис. 1.* Космический снимок расположение Киньяминского нефтяного месторождения

Отбор проб вели в 3 пунктах – в начале, середине и выходе. Оценку состояния поверхностных вод проводили по стандартным методикам [6]. Для комплексной оценки загрязненности поверхностных вод использовали индекс загрязненности вод (ИЗВ), который рассчитывается как среднее из превышений ПДК по гидрохимическим показателям:

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{N} \cdot \frac{\sum C_i}{\text{ПДК}_i}$$

где  $C_i$  – концентрация компонента;  $N$  – число показателей, используемых для расчета индекса;  $\text{ПДК}_i$  – установленная величина для соответствующего водного объекта и компонента.

Результаты. Особенностью территории Киняминского месторождения в ХМАО - Югра Тюменской области является то, что питания рек до 90% годового стока обеспечивают снеговые выпадения, которые накапливают загрязняющие вещества [7]. Изученные гидрохимические показатели указывают на нарастающее поступления загрязняющих веществ в поверхностные воды реки Сакынъяха. Идёт рост практически всех ЗВ, сравнивая значения ИЗВ. наблюдаем широкий диапазон от 3,61 до 186,9, а относительно 2008 г. ИЗВ в 2020 г. возросла до 31 раза (табл. 1, 2).

*Таблица 1*

Содержание загрязняющих веществ (ЗВ) в поверхностных водах р. Сакынъяха (2020 г.)

Загрязняющие вещества	Среднее содержание ЗВ, мг/дм <sup>3</sup>			ПДК, мг/дм <sup>3</sup>
	1	2	3	
Хлориды	3,05	2,89	3,24	300
Нитраты	2,7	12,20	8,26	40
Аммоний ион	3,24	1,18	1,87	0,5
Фосфаты	0,97	1,74	2,00	0,2
Сульфаты	2,84	2,06	1,68	100
Нефтепродукты	0,05	1,69	0,03	0,05
Фенолы	0,0041	0,0022	0,001	0,001
АПАВ	0,09	0,07	0,05	0,1
БПК	0,55	0,34	0,83	4
Медь	0,009	2,27	-	0,001
Железо	2,85	2,67	1,8	0,1
Марганец	0,662	2,76	0,072	0,01
Свинец	0,017	0,014	0,0154	0,006
Цинк	0,0142	0,013	0,014	0,01
Ртуть	0,000006	-	-	0,00001
Токсичность по дафниям, %	50	70	30	A<10%
ИЗВ	8,42	186,9	3,61	

Гидрохимические исследования р. Саकिनьяха выявили значительное увеличение коэффициента концентрации (Кк) ЗВ в 2020 г., относительно 2008 г., то есть более чем за десять лет (табл. 2). Рост коэффициента концентрации ЗВ наблюдается для большинства изучаемых показателей: фосфаты (4,85 – 10,0); сульфаты (0,01 – 0,021); фенолы (2,2 - 4,2); АПАВ (0,5 – 0,9); БПК (0,2–0,9); железо (до 28,5); свинец (2,3–3,0); цинк (до 1,4).

Таблица 2

Динамика изменения коэффициента концентрации загрязняющих веществ (Кк) в поверхностных водах р. Саकिनьяха (2008-2020 г.г.)

Загрязняющие вещества (ЗВ)	Коэффициент концентрации ЗВ, (Кк=Сi/ПДКi), 2020г.			Коэффициент концентрации ЗВ, (Кк=Сi/ПДКi), 2008г.[ ]		
	Пункт отбора			Пункт отбора		
	1	2	3	1	2	3
Хлориды	0,010	0,0096	0,0108	0,0092	0,0083	0,0095
Нитраты	0,0675	0,2065	0,081	0,0175	0,2565	0,1448
Аммоний ион	6,48	2,36	3,74	5,94	1,7	1,74
Фосфаты	4,85	8,7	10,0	1,35	4,3	5,2
Сульфаты	0,01	0,021	0,017	0,0054	0,0078	0,0078
Нефтепродукты	1,0	33,8	0,6	0,52	0,36	0,24
Фенолы	4,1	2,2	2,2	4,2	0,7	0,6
АПАВ	0,90	0,70	0,50	0,79	0,33	0,3
БПК	0,25	0,90	0,21	0,1275	0,5675	0,2075
Медь	9,0	2270,0	-	6,1	-	-
Железо	28,5	26,7	18,0	27,3	27,6	13
Марганец	66,2	267,0	7,2	66,2	-	7,2
Свинец	2,83	2,3	3,0	2,167	1,8	2,567
Цинк	1,42	1,3	1,4	1,31	-	1,2
Ртуть	0,6	-	-	0,3	-	-
Токсичность по дафниям, %	Коэффициент токсичности ЗВ (Кт=Тi/Тн)*			Коэффициент токсичности ЗВ (Кт=Тi/Тн)*		
	5,0	7,0	3,0	0	0	0
ИЗВ	8,42	186,9	3,61	11,59	6,11	4,5

Коэффициент токсичности ЗВ (Кт=Тi/Тн)\*, где Тi – токсичность проб воды в %, Тн – токсичность чистой воды в %.

Следует отметить, что наиболее сильно увеличение коэффициента концентрации ЗВ у нефтепродуктов (0,6–33,8); меди (до 2270); марганца (до 267,0). Появилась токсичность по дафниям проб воды, которая изменялась по коэффициенту токсичности ЗВ (Кт) от 3,0 до 7,0.

В заключении следует отметить, что тенденция по увеличению поступления загрязняющих веществ на территории Киньяминского месторождения нефти сохраняется. В 2008 г. на этой территории коэффициент общего загрязнения (ИЗВ) поверхностных вод р. Саकिनьяха, по данным [2,3],

составлял 11,6 к 2020 г. он вырос до 186,9. Это указывает на явную недостаточность мероприятий по охране природных сред. Полученные сведения по влиянию освоения месторождения, на важный в мониторинге загрязнения компонент природной среды – водные объекты, представляет значительный интерес для принятия природоохранных решений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Германова С.Е., Самброс Н.Б., Петухов Н.В., Петровская П.А., Кочнева М.В. Комплексная оценка влияния промышленных объектов нефтегазовой отрасли на природные и искусственные экосистемы //Естественные и технические науки. 2019. №8. – С.11 –15.
2. Николаева Т.И. Комплексная оценка влияния объектов нефтегазовой отрасли на природные экосистемы: на примере Нефтеюганского и Сургутского районов ХМАО-Югры Тюменской области. Уфа. УГНТУ, 2008. – 23 с.
3. Курамшина Н.Г., Курамшин Э.М., Имашев У.Б. Геохимическая характеристика водотоков вдоль южной границы ХМАО-Югры //Сб. науч. док. НПК. «Чистая вода Башкортостана 2008», Уфа, Информреклама, 2008. – С.167 –171.
4. Бабушкин А.Г., Московченко Д.В., Пикунов А.В. Гидрохимический мониторинг поверхностных вод Ханты-Мансийского автономного округа-Югры. Новосибирск: Наука. – 2007. –152 с.
5. Состояние окружающей среды на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры в 2020 году [Электронный ресурс]. Режим доступа:
6. <https://prirodnadzor.admhmao.ru/doklady-i-otchyety/otchety-o-deyatelnosti-prirodnadzora/itogiser/2020/5828374/sostoyanie-okruzhayushchey-sredy-na-territorii-yugry-za-2020-god/> Дата обращения 28.04.2022.
7. ГОСТ 17.1.5.05–85. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков.
8. Наговицына В.Р., Козелкова Е.А. Региональные особенности водного хозяйства ХМАО // Российская наука в современном мире: Сборник статей XXIX международной научно-практической конференции, Москва, 15 апреля 2020 года. – Москва: ООО «Актуальность. РФ», 2020. – С. 94 – 97.

*Тухватуллина З. Р., Чистякова В. А., Нафикова Э. В.*

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа, Российская Федерация

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЗОН РЕГЕНЕРАЦИИ ПРИ ПРИРОДООБУСТРОЙСТВЕ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

*Аннотация.* В статье приводится обзор биоплато при природообустройстве урбанизированных территорий, влияние водных растений на качество воды, описаны преимущества использования зоны регенерации в водоеме, рассмотрена классификация биоплато по форме.

*Ключевые слова:* биоплато; сооружения; система очистки; растения; зона регенерации; водоём; площадь зоны регенерации.

## **PROSPECTS FOR THE APPLICATION OF REGENERATION ZONES IN NATURAL MANAGEMENT OF URBANIZED TERRITORIES**

*Abstract.* The article provides an overview of the bioplateau in the environmental management of urban areas, the impact of aquatic plants on water quality, describes the benefits of using a regeneration zone in a reservoir, and considers the classification of the bioplateau by form.

*Key words:* bioplateau; structures; cleaning system; plants; regeneration zone; water; area of the regeneration zone.

Применение биофильтров в качестве системы доочистки после очистных сооружений и в качестве самостоятельной фильтрующей системы является распространенной технологией очистки вод. Природообустройство урбанизированных территорий в условиях достижения углеродной нейтральности территорий должно планироваться и проектироваться с применением соответствующих углероднонейтральных и углеродноотрицательных методов и технологий. В связи с этим применение зон регенерации в урбаэкологии является перспективным направлением для развития [1,2].

Биоплато – это система, которая устроена на работе высших водных растений или макрофитов, позволяет улучшить качество воды в водоеме, сократить расходы на оборудование и обслуживание водоема.

Данная технология предполагает создание искусственных биоплато, которые представляют собой блоки с водными растениями и почвенногрунтовой смесью. Систему устанавливают в прибрежной зоне в пунктах поступления поверхностного стока и реализовывают очистку поступающей воды. В результате потери скорости водного потока в осадок выпадают взвешенные частицы, которые проходят фильтрацию через грунтово-растительный слой, а также из воды удаляются загрязняющие вещества и биогенные элементы при помощи микробного сообщества. Можно отметить, что в основе строения практически всех биоплато лежат четыре основных элемента: водонепроницаемый слой, фильтрующий слой, макрофиты и инженерные коммуникации. Стоит отметить, что применение биоплато выгодно с экономической точки зрения, так как, оно позволяет обойтись без строительства дорогостоящих очистных сооружений. Следует уточнить, что данные мероприятия применяются только для пресноводных водоемов, для морских водоемов предусмотрены другие системы очистки [3].

Важно учитывать, что чем больше определенных растений в естественном водоеме, тем чище в нем вода. Высшие водные растения выполняют несколько очень важных функций: разные растения могут разлагать различные химические элементы и вещества, поглощая их. Также

использование высших водных растений помогает против цветения воды и развития водорослей.

Это происходит за счет того, что растения являются более сильными конкурентами, не оставляющими питания водорослям и, таким образом, вытесняющими их. Еще одной функцией некоторых водных растений является способность к обогащению воды кислородом, что способствует развитию и росту полезных для живого водоема аэробных бактерий.

Высшие водные растения в экосистеме искусственного водоёма принимают непосредственное участие в процессах преобразования органических веществ. При этом потребляется углекислый газ из воды, а вода насыщается кислородом. Кроме того, растения связывают азотные и фосфорные соединения, кальций, магний и другие элементы. Заросли высших водных растений задерживают и перерабатывают взвешенные органические частицы, удаляют из воды тяжелые металлы, пестициды, фенолы, радиоактивные вещества, патогенную микрофлору.

Форма зоны регенерации или биоплато может быть любой. Основной принцип в подборе размера зоны регенерации – площадь этой зоны должна быть равна или быть больше площади плавательной зоны. Размер зоны регенерации напрямую влияет на чистоту воды в плавательном водоёме. Маленькая зона не справиться со своей функцией очистки и вода в искусственном пруду будет не идеальной. Помимо функции очистки основная, «видимая» функция зоны регенерации – декоративная. Растения, высаженные в этой зоне, создают неповторимый «дикий, но симпатичный» вид Вашего плавательного водоёма [4].

Преимущества использования зоны регенерации в водоеме:

- Созревание живой воды в водоеме, природная фильтрация без применения химических средств;
- Уменьшается концентрация веществ в воде: фенолы и его производные, фосфор, азот, марганец, кальций, железо, медь, радионуклиды и т.д.;
- Вода становится более чистой, прозрачной;
- Уменьшается цветение воды и рост водорослей;
- Вода обогащается кислородом;
- Уменьшаются затраты на оборудование и обслуживание водоема;
- Является природным элементом декора и озеленения водоема.

Оформляться биоплато может по-разному, например, выглядеть как обычный или сухой ручей, как система каскадных водоёмов, примыкающих к плавательному водоёму, как небольшое болотце, что даёт широчайший простор для творчества ландшафтными дизайнерами. И если по форме биоплато могут отличаться разнообразием, то конструктивных отличия всего два:

- биоплато представляет собой небольшой прудик или ручей частично или полностью отсыпанный галькой или другим наполнителем с не очень мелкой фракцией, внешне оформленный как болотце (рисунок 1). Растения здесь высаживаются прямо в гальку, никакого дополнительного специального



питательного грунта для растений не нужно, так как эти питательные вещества в первую очередь в плавательном пруду пойдут на питание вредоносных водорослей. Такое биоплато засаживается ирисами, аиром болотным, рогозом, камышом. В крупной отсыпке корни растений хорошо разрастаются, образуя отличный механический фильтр с очень маленькой ячейкой, замечательно отфильтровывающий частицы взвеси и грязи;

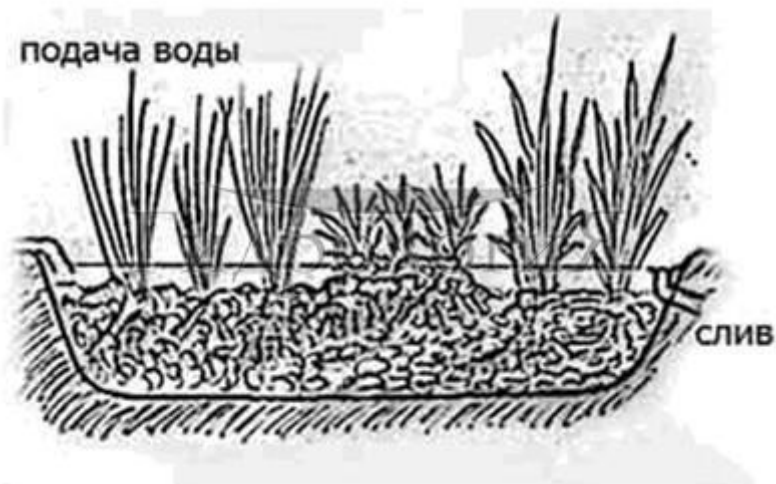


Рис. 1. Биоплато, отсыпанное галькой

-вторая конструкция отличается от первой более глубоким руслом, отсутствием галечной засыпки и другим подбором растений. Здесь используются подводные и плавающие растения. На дно такого биоплато обязательно нужно насыпать крупный песок, в котором будут укореняться подводные растения – роголистники или элодеи (рисунок 2). Поверхность такого плато плотно засаживается плавающими растениями – водным гиацинтом, водокрасом, ряской. Вместе хорошо существуют роголистник и водокрас. Заросли растений создают «живой» фильтр, который задерживает взвешенные частицы и к тому же обогащает воду кислородом. Так же в зарослях поселяется огромное количество зоопланктона, питающегося одноклеточными водорослями, засоряющими плавательный водоём [5].

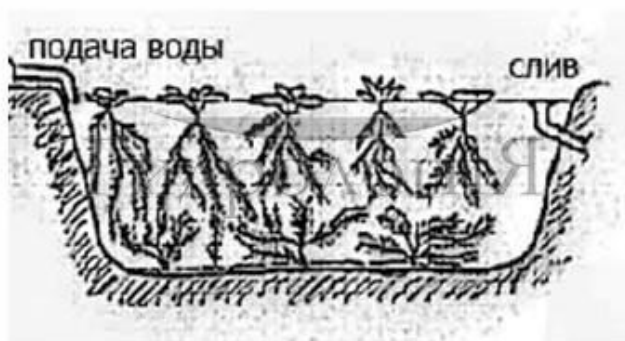


Рис. 2. Биоплато, отсыпанное крупным песком

При проектировании биоплато стоит учесть, что его площадь должна быть не менее 15% от площади основного водоёма, а насос подобран так, чтобы весь объем воды плавательного водоёма перекачивался через биоплато за 1 сутки. Биоплато разных конструкций можно использовать, чередуя для очистки воды в одном водоёме. В отличие от обычных механических фильтров биоплато удаляет из воды все вредоносные соединения азота, в том числе и нитраты. Поэтому особое внимание при организации биоплато стоит уделить количеству высаживаемых растений. При недостаточном их количестве не все нитраты будут удалены из воды, что может спровоцировать цветение воды и рост водорослей.

Таким образом, биоплато для пруда – прекрасная замена дорогим фильтрам. Устройство его не требует много финансовых расходов, но работает такое «болотце» достаточно эффективно. После его создания уже не нужно проводить чистку водоема, в то время как рыба и растения чувствуют себя превосходно. Прежде чем самостоятельно построить такой биофильтр на своем участке, рекомендуется подробно ознакомиться с его конструкцией, рассчитать все параметры для конкретного случая. Также чрезвычайно важно правильно подобрать мощность насоса, который будет постоянно перекачивать воду. Растения для биоплато можно приобрести в магазине либо взять из любого природного водоема. При надлежащем уходе они хорошо приживутся, будут выполнять положенные на них функции [6].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Красногорская Н.Н., Оценка геоэкологического риска истощения пойменно-руслового комплекса с применением методов геоинформационного моделирования/Красногорская Н.Н., Нафикова Э.В., Белозерова Е.А., Дубовик И.Е., Шарипова М.Ю.//Безопасность жизнедеятельности. 2014. № 11 (167). С. 3-7.
2. Нафикова Э.В., Оценка геоэкологических процессов количественного истощения водных ресурсов Республики Башкортостан/Нафикова Э.В., Дорош И.В., Александров Д.В.//Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2020. № 9 (188). С. 73-79.
3. В. Е. Пинаев, Д. В. Касимов. Вопросы рекультивации земель, пресноводных и морских объектов. Издательство «Мир науки». 2017. 130 с.
4. Бойкова И.Г. и др. Эксплуатация, реконструкция и охрана водных объектов в городе. - М.: АСВ, 2008.
5. Крот Ю.Г. Использование высших водных растений в биотехнологиях очистки поверхностных и сточных вод // Гидробиологический журнал. - 2005. - Т. 42, №1. - С.47-61.
6. Тимофеева С.С. Биотехнология обезвреживания сточных вод // Хим. и технол. Воды. 1995. 17. № 5. С. 525-532.

*Федосеева В. И.*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт мерзлотоведения СО РАН, г. Якутск, Российская Федерация

<sup>2</sup>Северо-Восточный федеральный университет, г. Якутск, Российская Федерация

## **МЕХАНИЗМ ПОСТУПЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ИЗ ПОЧВЫ В ПРИЛЕГАЮЩИЙ СЛОЙ СНЕГА В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ НА ПРИМЕРЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ СУБСТРАТОВ**

*Аннотация.* Появление весеннего максимума содержания микро- и макрокомпонентов минерализации в слое снега 5 - 0 см, который граничит с искусственно приготовленными субстратами, установлено при проведении экспериментов на стационарной площадке в условиях Центральной Якутии. Выявлена обусловленность поступления компонентов минерализации разницей упругости паров воды на границах этого слоя. Миграция активизируется при установлении более низкой температуры на уровне контакта и достижении температуры в целом  $-12 \div -13$  °С.

*Ключевые слова.* Миграция ионов, снежный покров, квазижидкая пленка, градиент упругости паров воды.

*Fedoseeva V. I.*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Permafrost Institute, SB of RAS, Yakutsk, Russian Federation

<sup>2</sup>North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russian Federation

## **THE MECHANISM OF POLLUTION COMPONENT ENTRY FROM SOIL TO ADJOINING SNOW LAYER IN THE CENTRAL YAKUTIA CONDITIONS ON THE EXAMPLE OF THE ARTIFICIAL SUBSTRATES USE**

*Abstract.* The appearance of the spring maximum of the content of micro- and macro-components of mineralization in the 5-0 cm snow layer, which borders on artificially prepared substrates, was established during experiments on a stationary site in Central Yakutia. The conditionality of the input of mineralization components by the difference in water vapor pressure at the boundaries of this layer is revealed. Migration is activated when a lower temperature is established at the contact level and the temperature reaches  $-12 \div -13$  °C in general.

*Key words.* Ion migration, snow cover, quasi-liquid film, water vapor pressure gradient.

Первые порции талых вод, поступающих в поверхностные водоемы, бывают обогащены растворимыми химическими веществами, поступление которых в снеговой покров возможно как из атмосферы, так и из подстилающего субстрата. Значимость загрязнения приконтактного слоя снега по второму пути очевидна, если первый снег выпадает и остается на весь холодный период, длительность которого в холодных регионах велика. Представляло интерес изучить динамику минерализации приконтактного слоя снега в натуральных, а также искусственных экспериментах, проведенных

на стационарной площадке в Центральной Якутии, с детальным измерением температуры на разных уровнях снегового покрова.

В длительных экспериментах фундаментального характера [1] было установлено, что в зависимости от температуры средой миграции в мерзлых породах и тем более в гляциальных системах может быть квазижидкая пленка, существующая на поверхности частиц льда, которая обладает относительными растворяющими свойствами. Разупорядоченный слой на поверхности частиц любого твердого вещества существует в температурном интервале, приближенном к его температуре плавления [2]. Для льда это естественные температуры в холодные периоды года, поэтому роль квазижидкого слоя в миграции веществ в природной среде представляется очень важной.

В натурных исследованиях, проводимых в течение нескольких лет [1], было выявлено наличие острого, так называемого осеннего, максимума на кривой минерализации снега в приконтактном с почвой слое. Его появление обусловлено увеличением удельной поверхности кристаллов снега и, вследствие этого, количества квазижидкой фазы, из-за импульсного поступления паров воды из подстилающей почвы в результате резкого понижения температуры воздуха. При том, что в зависимости от температуры среды толщина жидкоподобной пленки длительное время может быть неравновесной [3]. При относительной стабилизации температурного режима удельная поверхность кристаллов в приконтактном слое снега уменьшалась вследствие перераспределения массы твердой фазы воды, сосредоточенной в микронаростах, в пользу образования более крупных кристаллов. Толщина жидкоподобного слоя также должна была уменьшаться из-за понижения температуры в целом. Уменьшение объема растворяющего слоя было очевидным, поэтому и содержание растворимых химических веществ становилось более низким.

В весенний период содержание растворимых веществ в снеге вновь возрастало. Только в этом случае значение в максимуме было заметно ниже, сам максимум был более широким. Как показали комплексно определяемые характеристики кристаллов снега и снежной толщи, причиной этого является возрастание количества квазижидкой фазы, главным образом, за счет прогревания толщи в целом. Следует отметить, что максимум минерализации приконтактного слоя снега в начале холодного периода появлялся, если устойчивый снежный покров начинал формироваться при достаточно высоких отрицательных температурах, когда почва еще относительно теплая.

Природа появления весеннего максимума совершенно иная, поэтому он появлялся в каждом холодном периоде. Это было подтверждено при проведении искусственных экспериментов, когда в качестве субстрата использовались приготовленные замороженные блоки растворов с наполнителем (песок или гранулы полистирола). Водные растворы содержали, например, тиосульфатные комплексные ионы золота (I) (рис. 1) или ионы молибдена и калия (рис. 2) в присутствии фонового электролита NaCl, которое необходимо для обеспечения равновесия водный раствор - лед. Согласно

результатам комплексных наблюдений увеличение содержания растворимых химических компонентов в приконтактном слое снега начинается с момента, когда температура на уровне контакта становится и остается все время ниже, чем в более высоких слоях. В условиях климата Центральной Якутии температура на уровне контакта снега с почвой составляла  $\sim -12 \div -13$  °С.

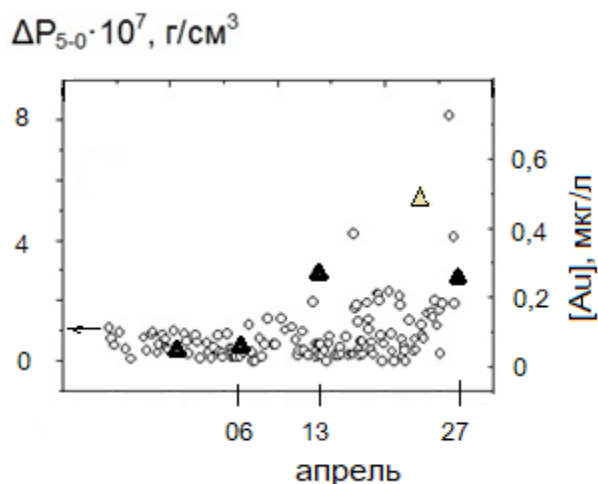


Рис. 1. Динамика модуля разности упругости паров воды и содержания тиосульфатных комплексных ионов золота (I) в приконтактном слое снега (5 – 0 см) (отсчет времени от 01 января 1987 г.)

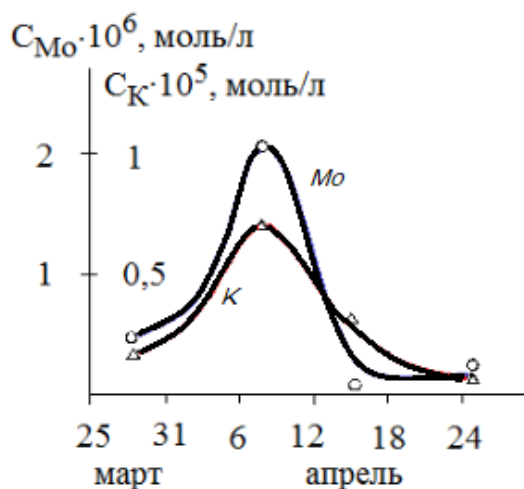


Рис. 2. Динамика модуля разности упругости паров воды и содержания ионов молибдена и калия в слое снега 5 - 0 см (1991 г.)

Примечательно, что появление весеннего максимума совпадает с началом резкого увеличения плотности снега, которое становится возможным из-за слипания частиц снега. Последнее служит доказательством присутствия на частицах снега квазижидких пленок достаточной толщины. Начало увеличения плотности снега является характеристикой региона и выявляется при анализе баз данных Госкомгидромета. Соответствие между временем появления весеннего максимума на кривой минерализации приконтактного слоя снега и началом резкого увеличения плотности снега может быть использовано для

определении сроков проведения отбора проб снега для целей оценки по снежному покрову загрязнения атмосферы выбросами источников загрязнения, поступающими в течение всего года и осаждающимися на поверхность почвы в теплое время года. Данные, приведенные в работе [4] свидетельствуют, что для оценки загрязнения, компоненты которого выпадают из атмосферы на дневную поверхность в холодное время года, необходимо опробовать снежную толщу, исключая слой в 5-10 см, прилегающий к субстрату.

Таким образом, увеличение минерализации снега в весеннее время обусловлено возрастанием содержания квазижидкой фазы и миграцией растворенных веществ по квазижидкой пленке из прилегающего слоя почвы (или другого субстрата). Также возможно растворение компонентов пылевых частиц или выделившихся в холодное время нерастворимых солей. Как видно из рисунков 1 и 2, в естественных условиях изменение содержания ионов в приконтактном слое снега наблюдается в виде максимума, левая ветвь которого обусловлена нарастанием количества квазижидкой фазы в условиях прогревания снежной толщи. Уменьшение содержания рассматриваемых ионов в соответствии с правой ветвью обусловлено, по-видимому, их вымыванием в заметной степени из-за неуклонного прогревания снежной толщи до высоких отрицательных температур с образованием квазижидких пленок неравновесной толщины, переходящих в фазу объемной воды [1].

Создав условия для более равномерного прогревания толщи снега период накопления растворимых химических веществ в приконтактном слое снега можно было бы продлить. Для этой цели в один из сезонов были изготовлены и установлены в подошве снежного покрова искусственные замороженные блоки, содержащие в качестве наполнителя гранулы полистирола. Для замораживания в присутствии полистирола использовались растворы, содержащие фоновый электролит  $10^{-1}$  моль/л NaCl, имеющий относительно низкую температуру эвтектики, а также  $10^{-2}$  моль/л HCl,  $10^{-2}$  моль/л KCl и  $10^{-2}$  моль/л CuCl<sub>2</sub>. Блоки были установлены в конце марта. Площадка для проведения исследований с южной стороны была изолирована сплошным ограждением из дерева, окрашенным для отражения тепловых лучей краской белого цвета. Над поверхностью снега на высоте примерно 30 см был сделан навес из белой ткани.

С помощью терморезисторов измерялась температура на уровне контакта снега с поверхностью замороженных блоков и на высоте 5 см от поверхности контакта. Через определенные промежутки времени из приконтактного слоя отбирались пробы снега, проанализированные после таяния на содержание ионов Cu<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, H<sup>+</sup>. Медь определялась спектрохимически со спектрографическим окончанием, натрий фотометрией пламени, ионы хлора - объемным меркурометрическим, ионы водорода - потенциометрическим методом.

При интерпретации результатов исследования миграции ионов на границе снегового покрова с субстратом отмечается обусловленность этого процесса разницей упругости пара на высоте 0 и 5 см. При рассмотрении характера

взаимосвязи содержания ионов с упругостью пара при средней температуре в слое были получены линейные зависимости с весьма высокими значениями коэффициентов корреляции (рис. 3).

Обратив внимание на соотношение концентраций ионов натрия и хлора в снеге до его таяния, можно видеть, что миграция натрия как будто затруднена. Содержание хлорид-ионов превышает содержание этих ионов почти в 6 раз, хотя в исходном растворе их соотношение составляет 1,4. Однако, по достижении температур, близких к 0°C, когда толщина квазижидкой пленки существенно возрастает и в системе возможно появление объемной фазы воды, выявленное соотношение концентраций ионов хлора и натрия ( $5,40 \cdot 10^{-4}$  и  $3,97 \cdot 10^{-4}$  моль/л) в снеге приближено к начальному.

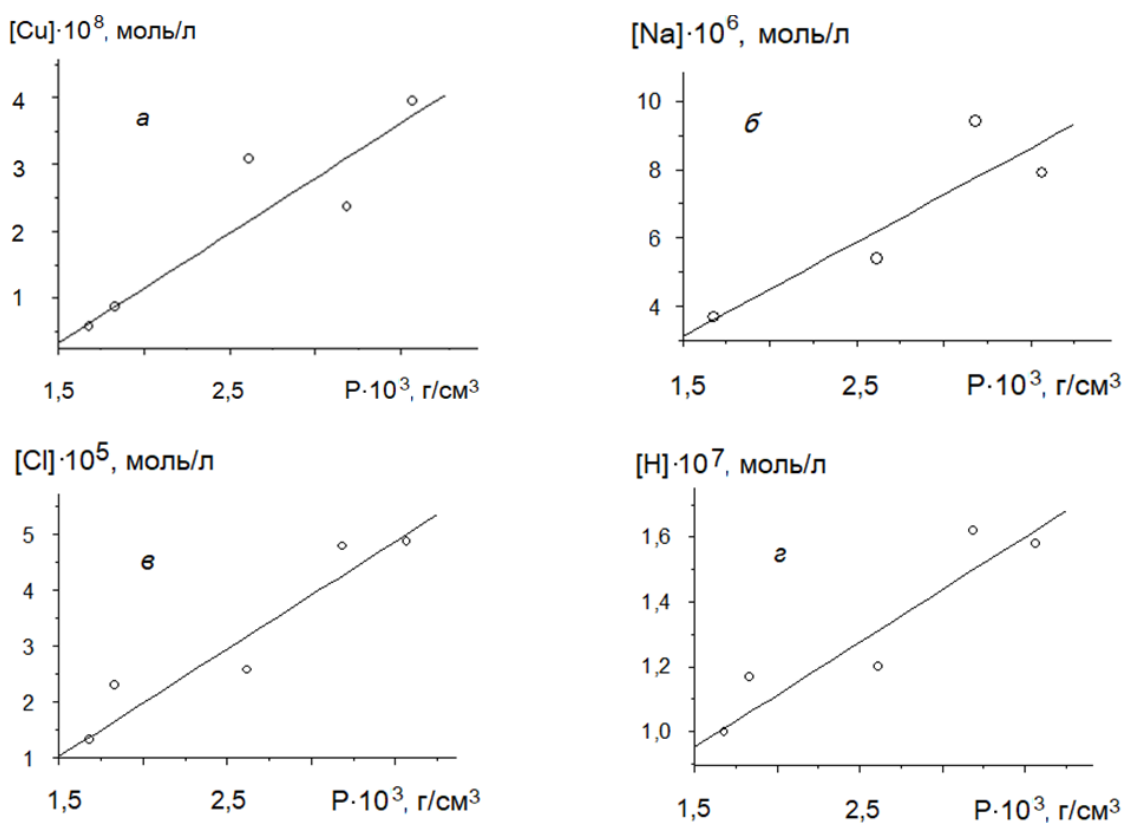


Рис. 3. Концентрация ионов меди (а), натрия (б), хлора (в), протонов (г) в оттаявшем снеге приконтактного слоя (5 - 0 см) в зависимости от упругости пара при средней температуре в слое

Анализируя полученные результаты в совокупности, можно сказать, что в климатических условиях Центральной Якутии поступление растворимых веществ по квазижидкой пленке в приконтактный слой снега начинается уже при температурах  $-12 \div -13^\circ\text{C}$ . Вследствие относительно низких температур и некоторой инертности жидкоподобной пленки по отношению к этому фактору [3] наблюдаемая в этот период амплитуда суточных колебаний температуры в исследуемом слое снега не столь значима для изменения количества квазижидкой фазы воды.

При продолжающемся прогревании снежной толщи и изменчивости направления температурных градиентов в течение суток возникают значительные потоки пара, соответственно так же меняющие свое направление. В этих условиях толщина квазижидких пленок возрастает и становится неравновесной. Это способствует миграции растворимых химических веществ из субстрата в приконтактный слой снега. В этот же период, как было сказано выше, наблюдается резкий рост плотности снега в целом. Для выявления степени обогащения приконтактного слоя снега загрязняющими веществами, поступающими из почвы, пробы снега следует отбирать именно в этот период. С последующим прогреванием толщи и приближением температуры к точке плавления льда появляется объемная фаза воды, способная гравитационно «вымывать» компоненты загрязнения с поверхности частиц снега, поэтому опробование снежного покрова в этот период не принесет адекватных результатов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федосеева В. И. Физико-химические закономерности миграции элементов в мерзлых грунтах и снеге. Якутск, 2003.
2. Урусов В. С., Таусон В. Л., Акимов В. В. Геохимия твердого тела. М., 1997.
3. Федосеева В. И., Федосеев Н. Ф., Бурнашева М. П. Особенности физико-химических свойств поверхности дисперсного льда // Коллоидн. журн., 2021. Т 83, N 2. С. 230-234.
4. Макаров В.Н., Федосеева В. И., Федосеев Н.Ф. Геохимия снежного покрова Якутии. Якутск, 1990.



### **СЕКЦИЯ 3. ЗЕЛЕНАЯ ХИМИЯ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

*Балакирева С. В.*

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа,  
Российская Федерация

#### **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ (ОПИЛКИ) В ПРОИЗВОДСТВЕ ТВЕРДОГО БИОТОПЛИВА**

*Аннотация.* Рассмотрены возможности эффективного использования мелкофракционного древесного отхода (опилки) в производстве твердого биотоплива. Выполнен анализ эколого-экологических аспектов, связанных с рисками воздействия вторичного ресурса на протяжении всего жизненного цикла.

*Ключевые слова:* древесные отходы, вторичный ресурс, опилки, твердое биотопливо, экологическая безопасность.

*Balakireva S. V.*

Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russian Federation

#### **ENVIRONMENTAL ASPECTS OF THE USE OF WOOD WASTE (SAWDUST) IN THE PRODUCTION OF SOLID BIOFUELS**

*Abstract.* The possibilities of efficient use of small fractions of wood waste (sawdust) instead of large pieces in the production of solid biofuels are considered. The possibilities of effective use of small fractions of wood waste (sawdust) in the production of solid biofuels are considered.

*Key words:* wood waste, secondary resource, sawdust, solid biofuel, environmental safety.

Лесной кодекс России и нацпроект «Экология» регламентируют использовать экономически результативный подход к ресурсному потенциалу леса, его рациональному и максимальному вовлечению в производство. Отечественная и зарубежная практики показывают, что величина перерабатываемого сырьевого биоресурса дерева (биомасса) может достигать 100 % с полной утилизацией древесных отходов (ДО), образование которых только в деятельности лесозаготовки лесхозов внушительная (до 50 %). Следует наладить эффективную вторичную переработку ДО в отраслях экономики. Эколого-экологические требования и существующий промышленный опыт выявили резервы оптимизации утилизации ДО - производство твердого биотоплива (ТБТ), в качестве вторсырья вместо крупномерных ДО рентабельно задействовать кору, мелкофракционные отходы (МФО) - древесную пыль и опилки. МФО и кора часто неэффективно используются или остаются неучтенными отходами лесозаготовок и лесопилен, приводя к огромным потерям полезного вторсырья. [1 - 3].

Суммарное количество опилок (код по ФККО 3 05 291 11 20 5) и коры (3 05 111 11 20 5) в лесхозах России при осуществлении процессов лесозаготовки и лесопилки составляет 7-18 % и 5-12 %, соответственно [4]. На 1 т обрабатываемых хлыстов (окоренных стволов древесины) приходится 70 - 180 кг опилок и 50-120 кг коры в зависимости от породы дерева. Годовое количество обрабатываемых стволов (М) в среднем по мощности лесхозе составляет 2600 т, получают ДО (Mi) с учетом удельного образования (УОi):

$$M_1 = УО_1 \cdot М : 100 = 7 \cdot 2600 : 100 = 182 \text{ т (опилки)},$$

$$M_2 = УО_2 \cdot М : 100 = 18 \cdot 2600 : 100 = 468 \text{ т (опилки)},$$

$$M_3 = УО_3 \cdot М : 100 = 5 \cdot 2600 : 100 = 130 \text{ т (кора)},$$

$$M_4 = УО_4 \cdot М : 100 = 12 \cdot 2600 : 100 = 312 \text{ т (кора)}.$$

Таким образом, в лесхозе получают ДО в количестве 182-468 т/год (опилки), 130-312 т/год (кора).

ДО - хорошее топливо, переработка позволяет улучшить его свойства. Сегодня из ДО, используя определенные технологии, изготавливают биотоплива: жидкие (технический этанол, биодизель), газообразное и твердое в форме пеллетов и брикетов. Потребление ТБТ развито в государствах Евросоюза, его производят по ISO 17225-2:2021 и импортируют из ряда лесных держав. ТБТ набирает обороты в нашей стране. Марки изготовления пеллет для непромышленного применения приведены в ГОСТ Р 55114-2012 (ЕН 14961-2:2011), технические характеристики биотоплив из разного растительного сырья (отходов) определяют ГОСТ 33103.1-2014 (ЕН 14961-1:2010) и ГОСТ 33103.2-2017 (ISO 17225-2:2014).

ДО следует оптимально использовать, учитывая химсостав. Основные ингредиенты абсолютно сухой древесины (первичного ресурса - сырья и вторресурса - отходов) представлены лигнином (от 18 до 30 %), целлюлозой или клетчаткой (от 45 до 56 %) и гемицеллюлозой (от 23 до 36 %), процентное содержание компонентов зависит от многих аспектов: породы древесины, условий произрастания с учетом природных и техногенных факторов воздействия, др.

Лигнин (эмпирическая формула -  $C_{288}H_{318}O_{102}$ ) - сложная смесь ароматических полимерных соединений, обеспечивающая жесткость, устойчивость, мехпрочность древесины, ствола дерева. В хвойных деревьях его больше, чем в лиственных.

Целлюлоза - стойкое вещество, формирует клеточную стенку, полисахарид, полимер образует длинную линейную молекулу - нитевидное волокно, они составляют пучки. В пространстве между волокнами может находиться (храниться)  $H_2O$ , лигнин и гемицеллюлоза.

Гемицеллюлоза по химсоставу схожа с целлюлозой, включает смесь из пентозанов ( $(C_5H_8O_4)_n$ ) и гексозанов ( $(C_6H_{10}O_5)_n$ ), группы полисахаридов, которых много в мембранах клеток древесины. В результате химпереработки они превращаются в простые сахара. Гемицеллюлозы больше в лиственных породах, чем в хвойных.

Древесина, с учетом вышеперечисленных ингредиентов, имеет сложный химсостав, в него входят [5]:

- основные элементарные вещества - С, Н, О, N, в малых дозах - S, Cl, в микроколичествах - некоторые металлы (Ni, Cr, Cd, Cu, Pb и др.);

- углеводы (70-75 %) - в основном представлены полисахаридами: целлюлозы, гемицеллюлозы, крахмала, пектиновых веществ и водорастворимых полисахаридов;

- фенольные вещества (20-30 %), большую часть занимает лигнин, также присутствуют терпены и терпеноиды (много в хвойных – до 5 %);

- кислоты алифатические (около 1-5 %);

- спирты (алифатические и стеринны);

- белки (около 1 %);

- вода, значение влажности меняется в свежесрубленной древесине и высушенной разными способами. Естественная влажность у свежесрубленного дерева (30-80 %) в зависимости от породы; древесины, высушенной на воздухе (15-20 %) и в комнатных условиях (8-12 %);

- минеральные вещества (0,5 %), переходящие в золу.

Учитывая внушительный масштаб ежегодных заготовок древесины в стране - в 2020 г. в РФ заготовлено 216,83 млн. м<sup>3</sup>, в РБ - 3,0 млн. м<sup>3</sup>, имеем существенную базу по вторресурсу опилки (таблица 1), которые можно вовлечь в получение твердого биотоплива [6].

*Таблица 1*

Значение удельных показателей (ЗУП) образования древесных отходов (опилки – О, стружка – С) от объема исходного сырья [4, 5]

Производство	Технологический процесс	Отход	ЗУП, %
Лесопильное	Раскрой бревен на пилораме	О	7-18
	Шпалопиление	О	8-10 (хвойные)
Дерево-обработка	Изготовление столярной продукции (двери, окна и др.)	О+С	15-19
	Получение строительных деталей нестроганных (балки, лаги и др.)	О+С	10-12
	Получение фрезеровочных деталей (плинтус, наличники и др.)	О	13-16
		С	29-33
	Изготовление тары (ящики)	О	16
Производство паркета	О	8-10	
	С	12-14	
Фанерное	Получение фанеры	О+ДО пыль	0,5-3,5
	Изготовление мебели	О	14-16
С		8-18	

Рассмотрим эколого-экономические аспекты утилизации ДО опилок процессом гранулирования до пеллетов (размер гранул - диаметр (d) 5-8 мм, длинна (l) 40 мм) и брикетов (d - 75 мм, l - 90 мм).

Теплотворность (сгорание 1 кг топлива) пеллет - 4100 ккал, что больше чем у сухих дров в 1,5 раза, но проигрывает нефтяным топливам (таблица 2).

Таблица 2

Удельная теплота сгорания (УДС) топлив (1 кал = 4,184 Дж) [7]

Наименование топлива	Ед. изм.	УДС, ккал	Эквивалент	
			Природный газ, м <sup>3</sup>	Мазут, кг
Пеллеты из ДО	кг	4110	0,513	0,423
Опилки	кг	2000	0,250	0,210
Дрова (дуб, береза)	кг	2500	0,312	0,210
Уголь бурый	кг	3100	0,388	0,320
Уголь каменный	кг	6450	0,806	0,665
Уголь древесный	кг	6510	0,814	0,671
Природный газ	м <sup>3</sup>	8000	-	0,825
Бензин	кг	10500	1,313	1,082
Дизтопливо	кг	10300	1,288	1,062
Мазут	кг	9700	1,213	-

Для обогрева жилого помещения ( $S=100 \text{ м}^2$ ) при наличии установки обогрева (мощность 10 кВт), расход пеллет составляет до 3 кг/час, в среднем за сутки - 60 кг, за сезон отопления (6 месяцев) - около 10 т [8].

В XXI веке преимущества топлив следует сравнивать и оценивать не только по физико-химическим характеристикам, но и по экологическим параметрам, особенно по рискам воздействия - экобезопасности всех этапов жизненного цикла продукта: добыча сырья, транспортирование, хранение, получение топлива (аппаратурное оформление, технология процесса), способы сжигания, образование на всех этапах вредных выбросов, сбросов, промежуточных продуктов и отходов. Опираясь на основы сохранения устойчивого развития планеты следует выполнить ряд исследований и расчетов: рассматривать прямые и косвенные выбросы (парниковые газы), влияющие на климат; учитывать воздействие на запасы углерода в почве и наземной биомассе; фиксировать комплексно все негативные проявления на локальном, региональном и глобальном уровнях на природные среды (атмосфера, вода, почва, биота) и состояние жизни населения территории; определять вклад в современные экологические кризисы и др. [1-3]

Изготовление гранул – простая безотходная технология (рисунок 1). Процесс изготовления пеллет достаточно прост. Исходный ДО размалывают до состояния пыли (древесная мука), высушивают до 10 % влаги, подвергают дополнительному измельчению – мелкое дробление. Если пылевидные частицы пересушены, то они не склеятся в гранулы, поэтому требуется коррекция влажности, напыливание влагой проводят в шнековом смесителе.



Рис. 1. Схема производства пеллет из опилок

Далее в пресс-грануляторе древесную муку сжимают под давлением, температура в результате сжатия, трение и адиабатических процессов увеличивается до 250-300 °С, лигнин древесины размягчается, плавится, его адгезионные свойства срабатывают – соединяют пылевидные частицы, которые после охлаждения сохраняют приобретенную форму сцепления. Под давлением пресса выдавливаются гранулы, специальным ножом их нарезают до заданного размера. Готовые пеллеты охлаждают, просеивают - предотвращение склеивания готовых гранул, мелкие частицы возвращают в процесс. Производство безотходное по древесному вторресурсу. Готовый продукт расфасовывают. 1 т гранул изготавливают из 3-5 м<sup>3</sup> ДО. Мощность различных пеллетайзеров и грануляторов при работе на опилках составляет от 30-50 до 800-1000 кг/час, они энергоэффективны, расходуют 3 - 37 кВт/час энергии в зависимости от мощности [5].

Для повышения теплотворных показателей гранул в сырье дополнительно вводят твердые битумы, получают «тяжелые гранулы».

На рынке присутствуют разные промышленные линии пеллетирования, в том числе передвижные со средней производительностью 150-200 кг/час, перерабатывающие широкую сырьевую основу ДО: опилки и стружка, обрезь и горбыль, сучья и тонкоствольная древесина, верхняя часть дерева диаметром меньше 14 см (тонкомер). ДО крупномерные не рентабельно использовать в изготовлении пеллет, так как они могут быть более эффективно утилизироваться в строительном, мебельном, фармацевтическом и других производствах.

При комплексном анализе топлив более привлекательным для непромышленного использования с экологической точки зрения является ТБТ из возобновляемых лесных ресурсов – из древесных отходов.

Достоинства пеллет из опилок. Сырьевым источником пеллет (брикетов) являются отходы древесины, получаемые из возобновляемого источника. Их удобно транспортировать в мешках. При сжигании гранул пеллет выделение тепловой энергия больше, чем тяжелее гранула. Гранулы быстро разжигаются, длительно горят, горение протекает ровным слоем, выделяется много тепла – теплотворность высокоплотных гранул сравнима с углем (5 кВт/час), пеллеты не портят эксплуатационные характеристики котла. Топку котла чистят редко (1-2 раза в месяц), в отличие от применения дров. Гранулы обладают повышенной теплопроводностью, экологичны – не создают вредных компонентов при сгорании (очень малые выбросы по сере – 0,03 %), не образуется сажа, имеют малую зольность (0,5-1,0 %), отход сгорания (зола)

используют как удобрение в агросекторе. Пеллеты не дают искрения, не имеют неприятного запаха, устойчивы к мехвоздействию, к грибку. Гранулы не ограничены сроком годности, если соблюдены условия хранения. При использовании древесных брикетов дооборудование отопительного котла не требуется. Отопительное оборудование для пеллет доукомплектовывают особой горелкой. Пеллеты не рекомендуется использовать в бытовых котлах, они эффективны для котельных и теплогенераторных установок.

Вторсырье, применяемое для получения пеллет, определяет качество топлива, влияет на цветовой окрас готовых гранул. Добавление дробленых коры и корней к опилкам приводит к повышению зольности пеллет, снижению теплоотдачи. Светлые пеллеты производят из опилок, из окоренной древесины, относятся к древесным топливам высокого класса. Темный (черный) цвет связан с введением в сырьевую базу (опилки) коры и стружки низкого качества, загрязненных грязью, возможно наличие гнили, получают топливо низкого качества. Серые цвет пеллетам придают примеси древесины с неснятой корой.

Кроме ДО, пеллеты можно получать из любых растительных остатков и отходов (шелуха подсолнечника, кочерыжки кукурузы, солома, зерновые отходы). В этом случае наполнитель гранул пеллет в своем составе должен иметь большое количество древесных хвойных компонентов, содержащих много лигнина (связующее), который, как твердый клей, сцепляет компоненты композиции. Добавки растительных остатков к ДО повышают зольность конечного продукта, понижают качество.

Производимые пеллеты по сырью и качеству делятся на три сорта:

– сорт «Премиум» (белый цвет) получают из опилок без добавки коры, имеет теплотворную способность (ТС) 17 МДж/кг, низкую зольность (0,3 %), подходит для сжигания в любых печах.

– сорт «Индустриальный», в состав ДО добавляется кора и несгораемые остатки, зольность выше, а ТС соответствует сорту белых пеллетов.

– сорт «Агропеллеты» состоит из агроотходов (гречки, подсолнечника), пеллеты темного цвета, зольность 4 %, требующая ежедневной чистки котла сжигания, ТС - 15 МДж/кг, имеет низкую цену.

Таким образом, утилизация вторресуса древесных опилок в твердое биотопливо (пеллеты) позволяет эффективно использовать мелкофракционный древесный отход (вместо крупномерных отходов), которого образуется в огромном количестве от используемого древесного сырья (ствол древесины) в процессах лесопилок (7-18 %), деревообработки (8-33 %) и фанерного производства (до 16 %), зачастую отход не находит применения, наблюдаются экономические потери ценного вторресурса. Производство из опилок пеллет экологически чистое и безопасное на протяжении всего жизненного цикла с учетом воздействия на глобальные проблемы, затрагивающие все природные среды, существующие современные экологические кризисы, по сравнению с получением топлива в угольной или нефтегазовой экономических отраслях. Непромышленное применение пеллетов в топочных системах имеет повышенный спрос на зарубежном рынке и в России.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балакирева С.В., Маллябаева М.И. Новые механизмы экологического регулирования при обращении с отходами производства// Сб. материалов Международ. научно-практ. конф. «Нефтегазопереработка-2016». Уфа: ГУП ИНХП РБ, 2016. С. 43-74.
2. Балакирева С.В. Регулирование охраны окружающей среды на производстве на основе рыночных инструментов// Сб. материалов Всерос. конф. «Инновационные технологии в промышленности: образование, наука и производство». Уфа: Нефтегазовое дело, 2016. С.209-210.
3. Балакирева С.В., Маллябаева М.И. Аспекты рыночных инструментов охраны окружающей среды при применении наилучших доступных технологий (особенности) //Сб. материалов междунар. науч.-практич. конф. «Нефтегазопереработка-2016». Уфа: ГУП ИНХП РБ, 2016. С. 11-12.
4. Сборник удельных показателей образования отходов производства и потребления НИЦПУРО (утв. Госкомэкологией РФ 07.03.1999) [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_80583/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_80583/) (дата обращения: 29.04.2022).
5. Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник в трех томах. Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2003. Т. 3. 1024 с.
6. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды РФ в 2020 г.». М.: МПР России; МГУ им. М.В.Ломоносова, 2021. 864 с.
7. Рудин М.Г., Сомов В.Е., Фомин А.С. Карманный справочник нефтепереработчика/ Под ред. М.Г. Рудина - М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2004. 336 с.
8. Пеллеты [Электронный ресурс]. URL: <https://bouw.ru/article/chto-takoe-pelleti> (дата обращения: 31.03.2022).

*Балакирева С. В.*

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ УСТАНОВКИ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ**

*Аннотация.* В комплексе рассмотрено экологическое воздействие установки атмосферной трубчатки НПЗ. Определены законодательные требования. Выявлены значимые источники загрязнения установки, ресурсоемкие области. Выполнены расчеты ущербов по выбросам в атмосферу при работе трубчатой печи и насосной. Предложены способы регулирования рисков воздействия и достижения экологической безопасности установки.

*Ключевые слова:* установка атмосферной трубчатки, нефтепереработка, источники загрязнения, ущерб, экологическая безопасность.

## ENVIRONMENTAL SAFETY OF THE PRIMARY OIL REFINING UNIT

*Abstract.* The environmental impact of the refinery installation - atmospheric distillation of oil is considered in the complex. Legal requirements are defined. Significant sources of pollution of the installation, its resource-intensive areas have been identified. Calculations of damages for emissions into the atmosphere during the operation of a tubular furnace and pumps have been performed. Methods for regulating impact risks and achieving environmental safety of the installation are proposed.

*Key words:* atmospheric distillation unit, oil refining, sources of pollution, damage, environmental safety.

Модернизация технологических процессов нефтеперерабатывающих производств РФ связана с комплексными преобразованиями, направленными на повышение глубины переработки нефти с 82,8 % (2019 г.) до уровня США - 96,0 (данные 2015 г.), рост выхода высокого качества светлых нефтепродуктов, широкое применение российских технологий, аппаратов и оборудования, что достигается техническим перевооружением и совершенствованием оборудования, автоматизацией производства, использованием программ искусственного интеллекта, оптимизацией экономических (эффективность, результативность) и экологических (безопасность, надежность) показателей. Современные экологические требования к нефтеперерабатывающему заводу (НПЗ) базируются на повышении ресурсоэффективности, снижении негативного воздействия на окружающую среду (НВОС), поддержании приемлемых рисков опасного воздействия [1- 3].

Промышленный мир в XXI активно реализует программы по экологизации производства. Для сдерживания развития глобальных экологических проблем и приведение ОС в экобезопасное состояние в экономически развитых странах (Евросоюз, США, Япония) запустили перевооружение промышленности (конец XX века), при этом часть экологически опасных производств перенесли в другие страны. С 2018 г. Китай – планетарный промышленный гигант поддерживает и наращивает экологические программы. Россия с 2014 г. начала масштабные процессы по техническому и технологическому обновлению промышленности, экологизации отраслей производств, к 2018 г. были разработаны информационно-технические справочники по наилучшим доступным технологиям (ИТС НДТ), обязательные к применению предприятиями, относящимися к 1-ой категории НВОС. Сегодня обновленные требования законодательной база РФ успешно претворяются в производстве [4].

Экологическое воздействие НПЗ на окружающую среду (ОС) и людей определяется работой его цехов и установок. Процессы первичной переработки связаны с физическим разделением нефти по температурным фракциям,



вторичные процессы облагораживают и углубляют переработку, в их технологию вводят различные реагенты, катализаторы, растворители и др.

Рассмотрим экологические аспекты установки первичной переработки НПЗ - установки атмосферной трубчатки (УАТ) без использования отбензинивающей колонны, ее сырьем служат нефть, газовый конденсат или их смесь [1].

На УАТ поступает нефть с электрообессоливающей установки, ее нагревают в теплообменниках и трубчатой печи, отправляют на разделение по фракциям в ректификационную колонну, получая: газ, нестабильный бензин, светлые (бензин, керосин, дизтопливо) и мазут, которые передают на другие установки - дальнейшую переработку для углубления и повышения качества товарной продукции. На установке жидкости перекачивают насосами.

Основная токсикация атмосферы связана с организованными (печь, насосы) и неорганизованными (неплотности оборудования, арматуры, фланцев, устройств отбора проб) выбросами загрязняющих веществ (ЗВ). Для установки в ИТС НДТ № 30 - 2021 законодательно определены технологические (удельные) показатели (ТУП) по выбросам, загрязняющим атмосферу, они приведены в таблице 1. Предприятия 1-ой категории НВОС, к которым относятся НПЗ, обязаны провести техническую реконструкцию и оснащение, чтобы достичь установленных ТУП.

Вычислим ущерб атмосфере от работы УАТ (мощность 1,97 млн. т /год). Основные выбросы регистрируют от трубчатой печи, небольшие выбросы создают венттрубы печной и горячей насосных ( $H_2S$ , предельные углеводороды  $C_{12}-C_{19}$ ), холодной насосной ( $H_2S$ , бензин малосернистый) (таблица 1).

Таблица 1

Расчет ущерба за 2021 г. от работы оборудования УАТ [1, 5]

Наименование загрязняющего вещества	ТУП, кг/т переработанного сырья (год)	Расчет ущерба, коэффициент индексации 1,08 (2021 г.)		
		Количество ЗВ, т/год	Ставка платы, руб./т	Ущерб, руб.
1	2	3	4	5
Технологическая печь				
Азота диоксид	0,32	44,9783	138,8	6742,43
Азот оксид	0,11	23,2544	93,5	2348,23
Углерод (сажа)	-	1,6194	36,6	64,01
Сера диоксид	1,32	119,8146	45,4	5874,75
Углерод оксид	0,11	33,0008	1,6	57,03
Метан	0,15	3,2133	108	374,80
Бенз(а)пирен	-	0,0001	5472968,7	591,08
Мазутная зола ТЭЦ в пересчете на ванадий	-	0,4177	2214	998,77
Итого				17051,10

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
Насосная печная				
H <sub>2</sub> S	-	0,0004	686,2	0,30
Предельные углеводороды C <sub>12</sub> -C <sub>19</sub>	-	0,1399	10,8	1,63
Итого				1,93

2. Токсичность выбросов ЗВ, выделяемых УАТ в ОС, приведены в таблице

Таблица 2

НВОС некоторых выбросов установки [1, 6]

Наименование	Негативное действие
NO <sub>2</sub>	Токсичное вещество, под действием ультрафиолета Солнца (реакция фотолиза) превращается в NO, образуя O <sub>3</sub> . Возможно возникновение фотохимического смога.
CH <sub>4</sub>	Парниковый газ, сильнее CO <sub>2</sub> в 62-84 раза.
Мазутная зола ТЭЦ в пересчете на ванадий	Токсичная сложная смесь, содержащая тяжелые металлы и полициклическую ароматику.
SO <sub>2</sub>	В атмосфере возможно соединение с H <sub>2</sub> O с получением H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . Компонент кислотных осадков.
C <sub>20</sub> H <sub>12</sub> Бенз(а)пирен	Полициклический углеводород, канцероген, чрезвычайно токсичен.
Сажа (углерод)	Сажа из-за мелкого размера (< 5 мкм) опасна для легких, не отфильтровывается в верхнем отделе дыхательных путей.
Летучие органические соединения	Углеводородные потери установки - потери ценной сырьевой базы. Способствуют образования кислотных осадков.

Экологическая безопасность УАТ определяется рядом аспектов, позволяющих выполнить ТУП (таблица 1). Согласно ИТС НДТ № 30-2017 потери на установке достигают 0,47 %, в основном за счет неорганизованных выбросов, срабатывания предохранительных клапанов – стравливание углеводородных веществ в атмосферу. УАТ энергоемкая, для работы ее оборудования генерируют электроэнергию на ТЭЦ, сжигают жидкое или газообразное топлива, с выделением CO<sub>2</sub> – парникового газа. Сырьевыми ресурсами УАТ являются: топливо, пар и вода. Топливо сжигают в трубчатой печи, ее КПД (энергоэффективность) низкая в отличие от зарубежных производств (более 90 %), температуру отходящих дымовых газов не утилизируют специальными устройствами, поэтому внушительное количество тепла теряется, обогревая атмосферу.

Загрязненные производственные стоки и ливневые воды с площадки УАТ отправляют на очистные сооружения НПЗ, после очистки возвращают в промышленные процессы (оборотное водоснабжение).

Промотходы (нефтешлам от зачистки труб и аппаратов, отработанные масла, загрязненная ветошь и песок, отходы от ремонта оборудования и др.) передают на договорной основе в спецорганизации. В змеевиках печи периодически выжигают откладываемый отработанный кокс, который загрязнен минеральными маслами.

Зная источники выбросов и потери ресурсов на УАТ, опираясь на отечественные и зарубежные показатели, улучшающие экологичность процесса, можно определить направления действий для реализации экобезопасности.

Промышленность развитых стран и отечественные нефтегазовые компании первого эшелона достигают эколого-экономические показатели, регламентируемые правовым полем, внедрением добровольного сертифицирования производства в области международных стандартов серии: ISO 9001 (качество), ISO 14001 (экология), ISO 18001 (безопасность, охрана труда), ISO 50001 (энергетический менеджмент) или их интегрированной системой.

В РФ для НПЗ разработаны и обязательны к применению ИТС НДТ по нефтепереработке (№ 30), очистке производственных сточных вод (№ 8), деятельности с отходами (№ 15, № 17), внедрению промышленного охлаждения (№ 20), очистке выбросов ЗВ (№ 22), производству энергии (№ 38), улучшению энергоэффективности (№ 48) и др.

Использование передовых инноваций [2, 7]. Опыт ЛУКОЙЛ в России на Волгоградском НПЗ, Краснодарском крае, Румынии и Болгарии показывает, что возможно выполнение климатических показателей (парниковые выбросы) при использовании «зеленой» энергетики - гидро-, ветровые или солнечные электростанции, то есть без сжигания органического топлива, достигая снижение углеродоемкости процессов производства энергии.

Поскольку на УАТ основные выбросы в атмосферу образуются от работы печей, поэтому снижение выбросов достигают совершенствованием их конструкции, горелок, заменой топлива [1]. Конструкцию печи оснащают ступенчатым способом сжигания топлива, рециркуляцией дымовых газов, переводят на газообразное топливо. Улучшенную энергоэффективность эксплуатации печи создают усовершенствованные конструкции горелочных устройств, которые при работе на мазуте дают низкое образование оксидов азота.

Также экологичность УАТ повышается при улучшении герметичности - использование насосов с двойными торцевыми уплотнениями. Внедряют оборудование по улавливанию газообразных выбросов при срабатывании предохранительных клапанов, с последующей утилизацией их на факеле, хотя более рационально их использовать как вторресурс для получения энергии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 30-2021 «Переработка нефти» [Электронный ресурс]. [https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/activity/NDT/actualizati on directory 2021](https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/activity/NDT/actualizati%20on%20directory%202021) (дата обращения: 31.03.2022).
2. Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 N 328 (ред. от 12.02.2022) «Об утверждении государственной программы РФ «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» [Электронный ресурс]. [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_162176/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162176/) (дата обращения: 11.04.2022).
3. Балакирева С.В. Регулирование охраны окружающей среды на производстве на основе рыночных инструментов // Сб. материалов Всерос. конф. «Инновационные технологии в промышленности: образование, наука и производство». Уфа: Нефтегазовое дело, 2016. С.209-210.
4. Балакирева С.В., Маллябаева М.И. Аспекты рыночных инструментов охраны окружающей среды при применение наилучших доступных технологий (особенности) // Сб. материалов Междунар. конф. «Нефтегазопереработка-2016». Уфа: ГУП ИНХП РБ, 2016. С. 11-12.
5. Постановление Правительства РФ от 13.09.2016 N 913 (ред. от 24.01.2020) «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах» [Электронный ресурс]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_204671/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_204671/) (дата обращения: 11.04.2022).
6. Балакирева С.В., Абдрахимов Ю.Р. Экологические проблемы атмосферы и пути их решения: Учеб. пособие. Уфа: Изд-во УГНТУ, 1998. 142 с.
7. Распоряжение Правительства РФ от 09.06.2020 N 1523-р «Об утверждении Энергетической стратегии РФ на период до 2035 г.» [Электронный ресурс]. [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_354840/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_354840/)(дата обращения: 11.04.2022).

*Гайнуллина Н. И., Мусина С. А.*

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа,  
Российская Федерация

### **СНИЖЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ УСТАНОВКИ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ ПРЕДПРИЯТИЯ АО «УФАНЕФТЕХИМ» НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ**

*Аннотация.* В работе проведен анализ деятельности установки первичной переработки нефти предприятия АО «Уфанефтехим» как источника негативного воздействия на атмосферный воздух. Разработана ресурсосберегающая технология очистки выбросов установки на основе анализа наилучших доступных технологий. Выполнен расчет электрофильтра, полового форсуночного скруббера и фильтр-пресса.

*Ключевые слова:* Установка первичной переработки нефти, выбросы в атмосферный воздух, мазутная зола, диоксид серы, принципиальная технологическая схема, электрофильтр, полый форсуночный скруббер, фильтр-пресс.

## REDUCING THE NEGATIVE IMPACT OF THE PRIMARY OIL REFINING INSTALLATION JSC «UFANEFTEHIM» ENTERPRISE ON THE ATMOSPHERIC AIR

*Abstract.* The work analyzes the activity of the primary oil refining installation of the branch of JSC «Ufaneftehim» as a source of negative impact on the atmospheric air. A resource-saving technology for cleaning plant emissions has been developed based on an analysis of the best available technologies. The calculation of an electrostatic precipitator, a hollow jet scrubber and a filter press has been carried out.

*Key words:* primary oil refining installation, air emissions, fuel oil ash, sulfur dioxide, crucial technological scheme, electrostatic precipitator, hollow nozzle scrubber, filter press.

Имеющиеся в настоящее время глобальные экологические проблемы, наиболее ярко проявились в нефтеперерабатывающей отрасли, где большая энергонасыщенность предприятий, образование и выбросы вредных веществ создают высокую техногенную нагрузку на окружающую среду. Процесс переработки нефти представляет собой многоэтапную процедуру по разделению нефти на фракции – первичная переработка, и с последующим изменением молекулярной структуры отдельных фракций – вторичная переработка. Следует учитывать, что рассматриваемые процессы не являются безотходными, значительное количество токсичных веществ попадает в окружающую среду. На рисунках 1 и 2 представлено количество выбросов, образующихся при первичной и вторичной переработке нефти, соответственно.

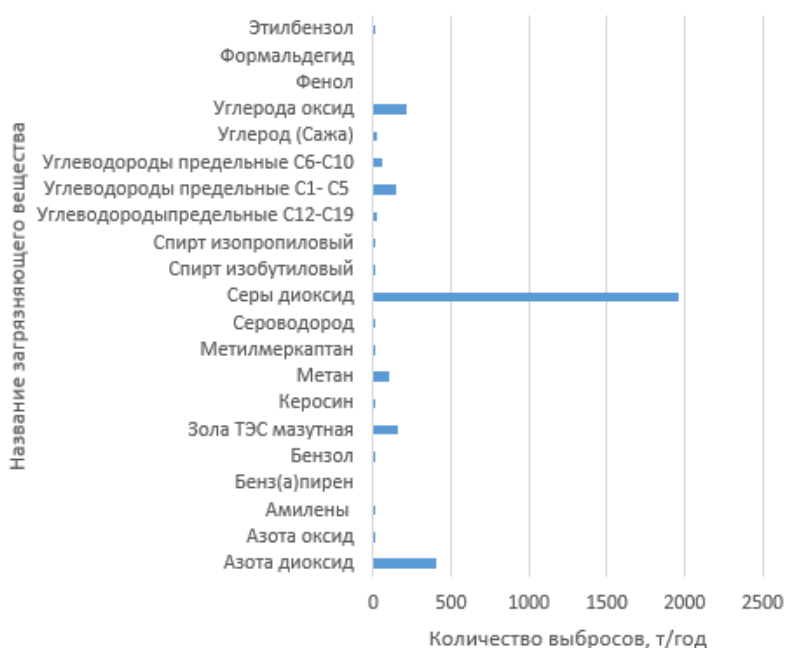


Рис. 1. Валовые выбросы загрязняющих веществ при первичной переработке нефти [1]

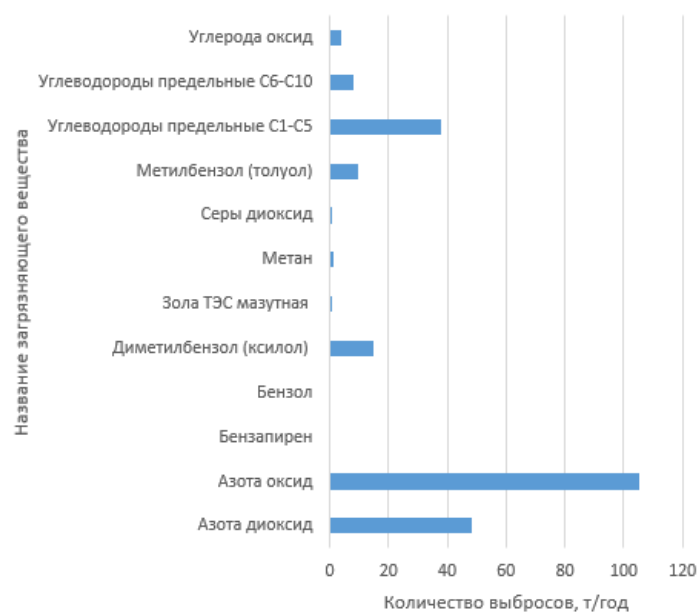


Рис. 2. Валовые выбросы загрязняющих веществ при вторичной переработке нефти [1]

Из рисунков 1 и 2 следует, что при первичной переработке нефти выделяется больше загрязняющих веществ как по числу, так и по количеству. В связи с этим, разработка мероприятий по снижению негативного воздействия установки ЭЛОУ-АВТ-6, как основного технологического процесса первичной переработки нефти, предприятия АО «Уфанефтехим» на атмосферу является актуальным.

Потенциальные выбросы в воздух на установке ЭЛОУ-АВТ-6 происходят от:

- отходящих от печей газов, продуктов сжигания топлив в печах для нагрева сырой нефти;
- клапанов понижения давления в верхних частях колонны;
- плохой изоляции верха колонн, включая барометрические конденсаторы;
- уплотнений на насосах, компрессорах и клапанах;
- отводов процесса декоксования из технологических печей;
- некоторых легких газов из конденсаторов на колонне вакуумной дистилляции.

Источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при нормальной работе установки являются:

- дымовые трубы печей;
- неплотности оборудования, фланцев, арматуры, пробоотборных устройств [1].

Эмиссия загрязняющих веществ в атмосферу от установки ЭЛОУ-АВТ-6 предприятия АО «Уфанефтехим» представлена в таблице 1 со значениями фактических и предельно допустимых концентраций.

Таблица 1

Эмиссия загрязняющих веществ в атмосферу от установки ЭЛОУ-АВТ-6  
предприятия АО «Уфнефтехим»

Наименование загрязняющего вещества выбросов	Годовая массавыбросов загрязняющего вещества, т/год	Фактическая концентрация ЗВ, мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>м.р.</sub> , мг/м <sup>3</sup>
Азота диоксид	401	0,051	0,085
Азота оксид	0,32	0,15	0,4
Амилены	0,34	1,02	1,5
Бенз(а)пирен	0,0002	0,00007	0,00015
Бензол	0,914	1,3	1,5
Зола ТЭС мазутная (в пересчете на <del>навал</del> )	956,7	0,03	0,02
Керосин	6,1	0,9	1,2
Метан	97,6	46	50
Метилмеркаптан, Этилмеркаптан	0,04	562	910
Сероводород	0,6	0,0075	0,008
Серы диоксид	1958,3	0,55	0,5
Спирт изобутиловый	0,16	4	5
Спирт изопропиловый	0,11	0,33	0,6
Углеводороды предельные С12-С19	21	0,69	1
Углеводороды предельные С1-С5	144,2	134	200
Углеводороды предельные С6-С10	52,83	32,5	50
Углерод (Сажа)	21,8	3,6	5
Углерода оксид	215,1	4,4	5
Фенол	0,0002	0,009	0,01
Формальдегид	0,000001	0,025	0,2
Этилбензол	0,007	0,003	0,02

Из таблицы 1 следует, что такие вещества, как мазутная зола и диоксид серы являются приоритетными загрязняющими веществами атмосферного воздуха от установки ЭЛОУ-АВТ-6 на рассматриваемом предприятии.

На установке ЭЛОУ-АВТ-6 предприятия отсутствует очистное оборудование для очистки выбросов, образующихся в результате работы технологического процесса, поэтому необходима разработка технологии очистки выбросов от мазутной золы и диоксида серы.

Все известные на сегодня способы организации технологического процесса удаления сернистого ангидрида из дымовых газов можно классифицировать следующим образом:

- абсорбционные, при которых сернистый ангидрид связывается химически в промывочной жидкости физическим путем посредством молекулярного притяжения;

- адсорбционные, при которых происходит связывание сернистого ангидрида с поверхностью твердого материала чисто физическими силами взаимодействия;

- хемосорбционные, при которых происходит химическое связывание с твердым материалом.

Вышеперечисленные способы можно разделить на мокрые и сухие в зависимости от того, в какой фазе происходит процесс связывания сернистого ангидрида [2].

Мокрые абсорбционные методы, использующие для связывания сернистого ангидрида промывочные растворы со щелочными свойствами, получили наиболее широкое распространение. К этим методам относятся:

- абсорбция  $SO_2$  с помощью основных щелочных соединений ( $NaOH$ ,  $Na_2CO_3$ ,  $Na_2SO_3$ );

- абсорбция  $SO_2$  с помощью щелочно-земельных соединений ( $Ca(OH)_2$ ,  $CaCO_3$ ,  $Mg(OH)_2$ );

- абсорбция  $SO_2$  с помощью так называемого двойного щелочного способа, при котором щелочной абсорбент регенерируется с помощью щелочноземельного соединения с выделением конечного продукта, пригодного для дальнейшего применения;

- абсорбция  $SO_2$  с помощью соединений аммония ( $NH_4OH$  и  $(NH_4)_2SO_3$ ). В результате процесса получается серная кислота и сера [2].

Наиболее широкое применение находит постоянно совершенствующийся эффективный и относительно несложный метод полусухого связывания  $SO_2$  – метод распылительной абсорбции, при котором связывание  $SO_2$  происходит каплями суспензии извести  $Ca(OH)_2$ , распыляемой в потоке дымовых газов. Количество вводимого раствора регулируется таким образом, чтобы очищаемый газ не насыщался влагой, а тепла дымовых газов хватало бы для испарения всей влаги, содержащейся в щелочном сорбенте. При таком методе очистки удается удалить до 99 % диоксида серы из отходящих газов. К аппаратам распылительной абсорбции относятся полые форсуночные абсорберы, скоростные прямоточные распыливающие абсорберы (скруббер Вентури), механические распыливающие абсорберы.

Распространенными универсальными аппаратами для очистки промышленных газов от мазутной золы являются электрофильтры.

Основными преимуществами электрофильтров являются:

- высокая степень очистки, достигающая 99%;

- низкие энергетические затраты на улавливание частиц, включающие потери энергии на преодоление газодинамического сопротивления аппарата, не превышающего 150—200 Па, и затраты энергии, обычно составляющие 0,3—1,8 МДж (0,1—0,5 кВт·ч) на 1000 м<sup>3</sup> газа;

- возможность улавливания частиц размером 100—0,1 мкм и менее; при этом концентрация взвешенных частиц в газах может колебаться от долей до 50 г/м<sup>3</sup> и более, а их температура может превышать 500 °С;



- возможность работы под давлением и разрежением, а также в условиях воздействия различных агрессивных сред;
- возможность полной автоматизации [3].

Для дегидратации полученного в ходе очистки загрязненных дымовых газов шлама применяют фильтр-пресс.

Фильтр-пресс — это оборудование периодического действия, применяющееся для разделения под давлением суспензий, пульп, шламов и других неоднородных систем на жидкую (фильтрат) и твердую (кек, осадок) фазы [4].

Для снижения концентрация сернистого ангидрида в отходящих газах установки ЭЛОУ-АВТ-6 предлагается использовать электрофильтр, полный форсуночный скруббер с известковым молоком в качестве абсорбента, а также фильтр – пресс для обезвоживания шлама, полученного в ходе очистки выбросов. Их применение позволит снизить негативное воздействие на атмосферный воздух до 99%.

Разработанная принципиальная технологическая схема очистки выбросов в атмосферный воздух представлена на рисунке 3.

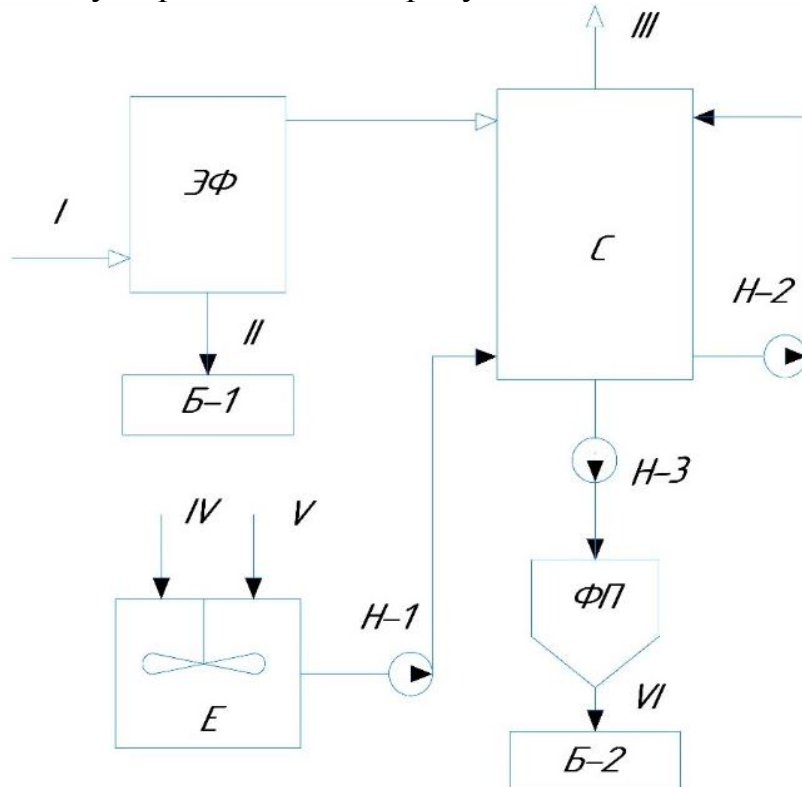
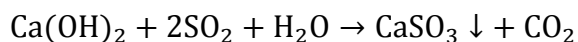


Рис. 3. Принципиальная технологическая схема очистки выбросов установки ЭЛОУ-АВТ6 в атмосферный воздух:

- I – загрязненные дымовые газы, II – уловленная мазутная зола, III – очищенные дымовые газы, IV – вода, V – известь, VI – обезвоженный шлам;  
 Б-1, 2 - бункеры, Е – емкость, Н-1, 2, 3 – насосы, С – полный форсуночный скруббер, ФП – фильтр-пресс, ЭФ – электрофильтр

Дымовые газы (I) поступают в электрофильтр (ЭФ) и очищаются от мазутной золы, в процессе очистки образуется уловленная мазутная зола (II), которая собирается в бункер (Б-1). Затем очищенные газы I ступени направляются в скруббер (С). В специальную емкость с мешалкой (Е) подаются вода (III) и известь (IV), в результате смешения которых получается 10 % раствор гидроксида кальция. Раствор гидроксида кальция подается в нижнюю часть абсорбера, откуда насосом перекачивается в форсунки, расположенные в верхней части скруббера (С). Проходя через орошающую жидкость, двуокись серы вступает в реакцию с известняком:



Сульфит кальция и непрореагировавший известняк вновь подаются со дна скруббера в форсунки, а остальная часть этой суспензии откачивается в фильтр-пресс (ФП), где происходит дегидратация данного шлама. Затем обезвоженный шлам поступает в бункер (Б-2), откуда транспортируется на стороннее предприятие на переработку, хранение или захоронение отходов.

По результатам технологических расчетов был подобран электрофильтр ЭГТ2-3-2,5-20 с габаритными размерами 12,6 х 4,93 х 17,86 м и эффективностью 98%. Для очистки от диоксида серы был произведен расчет полого форсуночного скруббера с диаметром – 3,5 м, высотой – 8,75 м и с эффективностью 99%, а также был подобран автоматизированный камерный фильтр-пресс КМП 2,5. Максимальная производительность фильтр-пресса 5,35 м<sup>3</sup>/ч. Необходимое количество фильтр-прессов n = 1, эффективность 98%.

В таблице 2 представлено количество загрязняющих веществ до и после применения разработанной технологии очистки выбросов.

*Таблица 2*

Количество загрязняющих веществ до и после применения разработанной технологии очистки выбросов.

Наименование загрязняющих веществ	Выброс загрязняющих веществ до очистки, т/год	Выброс загрязняющих веществ после очистки, т/год
Мазутная зола	156,7	3,1
Диоксид серы	1958,3	19,6

Из таблицы 2 видно, что в результате очистки удалось очистить отходящие газы от мазутной золы на 153,5 т/год и от диоксида серы на 1938,7 т/год. Также с помощью фильтр-пресса предлагается произвести обезвоживание шлама на 98%, то есть с 3610,5 т/год получить на выходе 72,2 т/год.

Таким образом, разработанная технология очистки выбросов от установки ЭЛОУ-АВТ-6 в атмосферный воздух позволит снизить выбросы мазутной золы на 98 %, диоксида серы на 99 % и обезвожить полученный в ходе очистки шлам на 98 %.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Переработка нефти. ИТС 30-2017. Бюро НДТ - М.: 2017 г. – 643 с.
2. А.К. Соловьев, В.О. Михеев, П.С. Пуликов. Очистка дымовых газов от оксидов серы. Научный журнал. – Павлово: Вестник Сибирского государственного индустриального университета № 3, 2014. – 33-36 с.
3. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Очистка выбросов вредных веществ в атмосферный воздух при производстве продукции, а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях. ИТС 22-2016. Бюро НДТ - М.: 2016 г. – 211 с.
4. Фильтр-пресс для обезвоживания осадков. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.biostock.ru/obezvozhivanie-osadka/filtr-press.html>. (дата обращения 12.04.2022)

*Герасимов Д. А., Кострюкова Н. В.*

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа,  
Российская Федерация

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ТЕПЛОВОГО ТИПА В РОССИИ КАК АЛЬТЕРНАТИВА ТРАДИЦИОННЫМ ИСТОЧНИКАМ ЭНЕРГИИ**

*Аннотация.* В работе рассматривается актуальность применения тепловых солнечных электростанций в отдаленных регионах России как альтернатива традиционным источникам энергии.

*Ключевые слова:* солнце, энергия, солнечная электростанция, экология, загрязнение окружающей среды, альтернативные источники энергии.

*Gerasimov D. A., Kostryukova N. V.*

Ufa State Aviation Technical University

### **THE USE OF THERMAL-TYPE SOLAR POWER STATIONS IN RUSSIA AS AN ALTERNATIVE TO TRADITIONAL ENERGY SOURCES**

*Abstract.* The paper considers the relevance of the use of thermal solar power plants in remote regions of Russia as an alternative to traditional energy sources.

*Key words:* sun, energy, solar power plant, ecology, environmental pollution, alternative energy sources.

На сегодняшний день существует множество типов солнечных электростанций (СЭС): башенные, тарельчатые, использующие фотобатареи, параболические концентраторы, комбинированные, азростатные, мобильные.

Применение СЭС сегодня очень актуально с точки зрения экологии. Мощный импульс развитие солнечной генерации получило после подписания Парижского соглашения по климату, в рамках которого 175 стран, включая Россию, взяли на себя обязательства ограничить эмиссию парниковых газов во

имя общей цели – не допустить роста средней температуры на Земле более чем на 2 °С к 2100 г.

В настоящее время в России в области солнечной генерации чаще всего реализуются локальные небольшие по мощности проекты в отдаленных районах, в которых отсутствуют региональные электрические сети и существуют проблемы с доставкой топлива для традиционных электростанций. Есть также несколько относительно крупных электростанций в районах с максимальной солнечной активностью: Оренбургская область, Алтайский край, Башкортостан.

Основных факторов, влияющих на количество солнечного света, падающего на поверхность земли, всего три: широта местности; климатические особенности региона; время года.

Из-за изменения угла падения лучей в южных широтах инсоляция выше. Существенную поправку может внести климат – работа солнечных электростанций продуктивнее там, где минимальное количество пасмурных дней. Это хорошо заметно на карте, где некоторые регионы восточной Якутии получают за год на 30-40% больше света, чем расположенные на той же широте Санкт-Петербург или Норильск. (Рисунок 1)

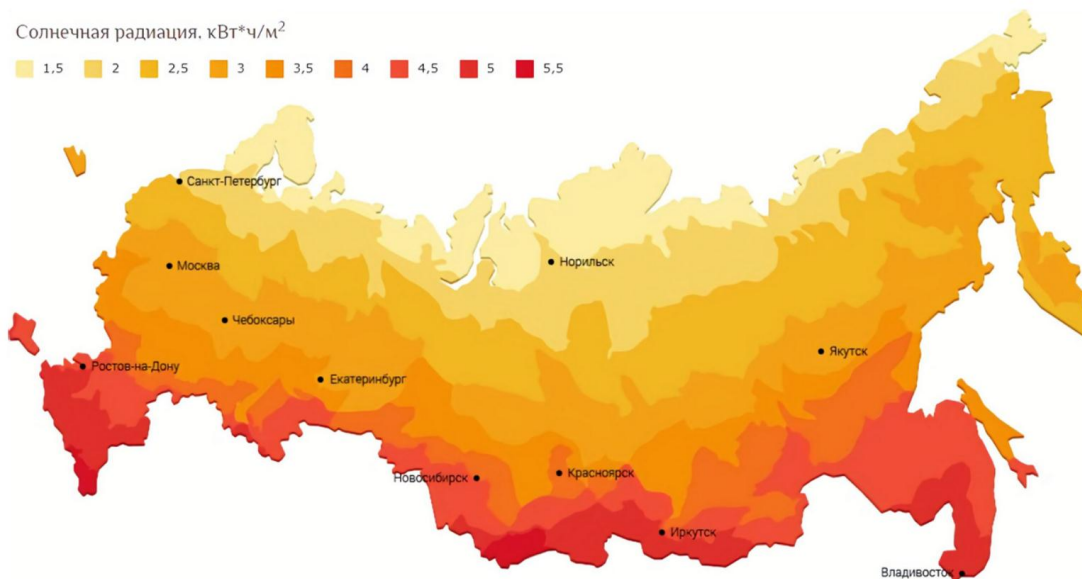


Рис. 1. Солнечная радиация

Рассмотрим СЭС башенного типа. Принцип работы достаточно прост. Солнечные лучи, отражаясь от множества гелиостатов, направляются на поверхность центрального приемника — солнечного парогенератора, помещенного на башне.

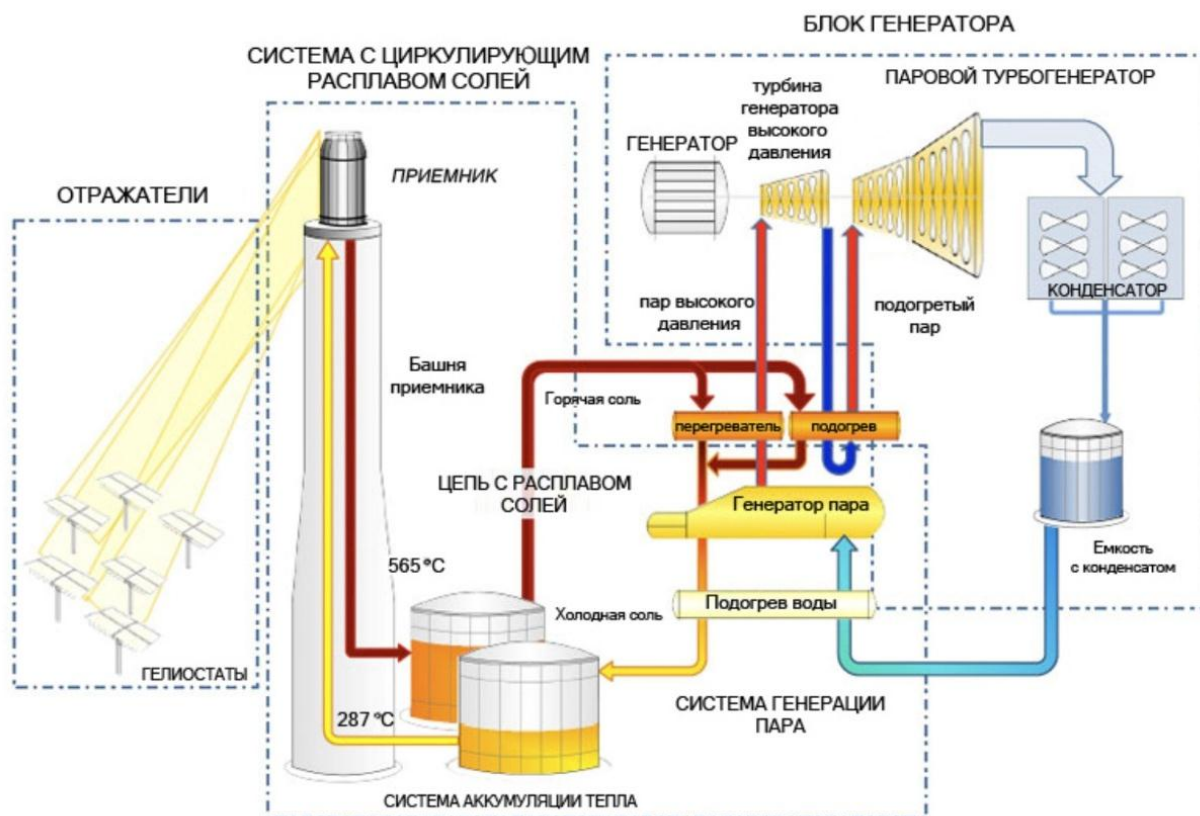


Рис. 2. СЭС башенного типа

В соответствии с положением Солнца на небосводе автоматически меняется и ориентация гелиостатов. В результате, в течение всего светового дня концентрированный поток отраженных от сотен зеркал солнечных лучей обогревает парогенератор.

В 1985-м году в Крыму около города Щёлкино была построена экспериментальная солнечная электростанция башенного типа мощностью 5 МВт (СЭС-5) (

Рис.).

На СЭС-5 был применен открытый круговой солнечный парогенератор, поверхности которого, что называется, открыты всем ветрам. Поэтому при пониженных температурах окружающего воздуха и больших скоростях ветра резко растут конвективные потери, существенно падает КПД. Сейчас считается, что гораздо более эффективны приемники полостного типа. Здесь все поверхности парогенератора закрыты, за счет чего резко снижены конвективные и радиационные потери. Из-за низких параметров пара (250°C и 4МПа) термический КПД СЭС-5 составлял всего 0,32. Через 10 лет эксплуатации в 1995 году СЭС-5 в Крыму закрыли, а в 2005-м башню сдали на металлолом.

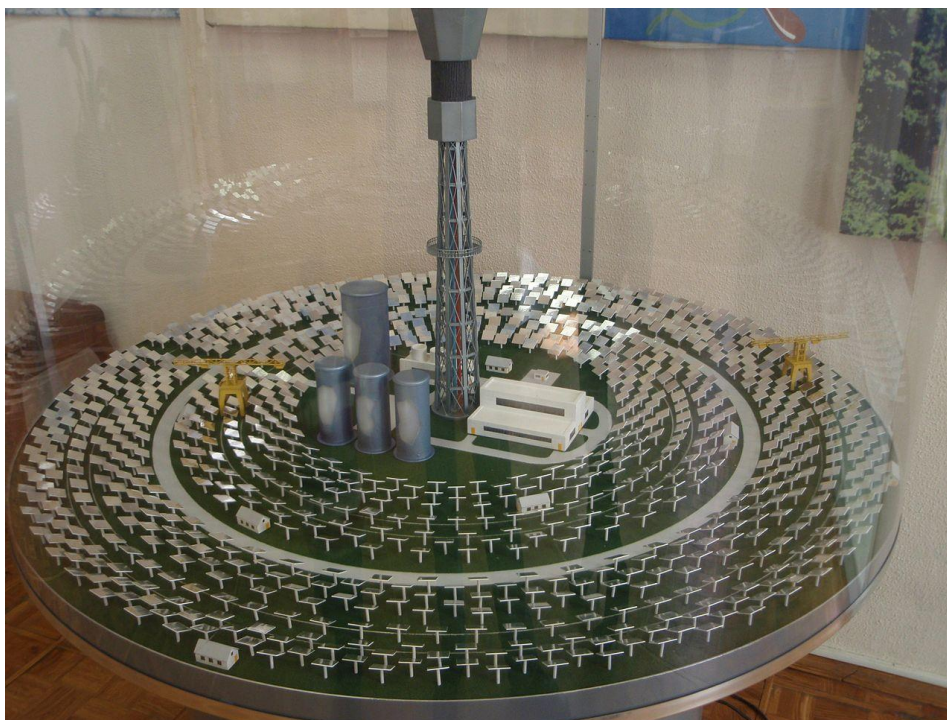


Рис. 3. Экспериментальная солнечная электростанция башенного типа

В солнечных электростанциях башенного типа, которые сейчас находятся в эксплуатации, используются новые конструкции и системы, использующие расплавленные соли (40% нитрата калия, 60% нитрата натрия) в качестве рабочих жидкостей. Эти рабочие жидкости обладают более высокой теплоемкостью, чем морская вода, используемая в ранних экспериментах.

Еще один резерв повышения эффективности башенных СЭС — создание гибридных станций, в которых солнечные установки будут работать совместно с обычными тепловыми на традиционном топливе. На комбинированной станции в часы интенсивного солнечного излучения топливная установка снижает свою мощность, а «разгоняется» в пасмурную погоду и в период пиковых нагрузок.

Самая известная на данный момент из башенных СЭС — электростанция *Gemasolar* мощностью 19,9 МВт, расположенная к западу от города Эсиха в Андалусии (Испания).

Принцип выработки энергии схож с принципом работы тех же АЭС и ТЭЦ, но есть и свои отличия. На той же ТЭЦ идёт выброс большого количества углекислого газа, от сжигаемого топлива. АЭС хоть и считается экологически чистым проектом, но требует огромных затрат на содержание и высоко квалифицированного персонала.

СЭС же не загрязняет окружающую среду. Если взять в пример ту же испанскую *Gemasolar*, то её мощности позволяют сократить выброс двуокси углерода в атмосферу на 30 тыс. тонн в год. А по дороговизне проектов им далеко от АЭС. Нет сомнений, что для работы персонал должен иметь высокую

квалификацию, но всё же требования будут предъявляться никак к сотрудникам атомной отрасли, где любая ошибка может обернуться «новым Чернобылем».

Рассмотрим проблемы занимаемых площадей. Да ТЭЦ и АЭС будут иметь меньшие площади (в среднем 20 га и 80 га), но те же ГЭС, для качественной работы, занимают намного больше территорий, с учётом затопляемых земель (6500 км<sup>2</sup>). СЭС же в среднем занимают около 100-200 га.

Так же возникает проблема территориальной привязанности. Не секрет, что для СЭС лучшим местами расположения являются южные районы, с наибольшим количеством солнечных дней. Но если их использовать в проектах, где электростанции находятся в комплексе с другими источниками энергии, допустим с ветрогенераторами, то зависимость от погоды снижается. ГЭС не может существовать без водных ресурсов, а дороговизна энергии от ТЭЦ напрямую зависит от близости добычи для них топлива.

СЭС могут применяться там, где строить ТЭЦ, ГЭС, и тем более АЭС экономически невыгодно. Современные СЭС теплового типа не могут похвастаться высокими выдаваемыми мощностями, но данных показателей вполне хватает для питания электроэнергией нескольких сёл или небольшого города, особенно с учётом их отдалённости и изолированности от крупных электростанций. Возможно само строительство и электроэнергия на первых этапах будет дороже, чем от стандартных электростанций, но это окупается за счёт отказа проведения многокилометровых ЛЭП, строительства промежуточных подстанций и т.д.

Набор кадров на такие станции может осуществляться путём целевого обучения и подготовки местного населения, или же вахтовым способом квалифицированных инженеров.

Таким образом, использование СЭС теплового типа могут способствовать улучшению экологии, снижению выбросов углекислого газа в атмосферу, а так же обеспечивать электричеством отдалённые засушливые районы, где количество солнечных часов максимально. На территории России такие проекты уже реализовывались, но, к сожалению, не получили распространения из-за недостатка технологий. Но, с использованием современных знаний, эти проекты могут получить новую жизнь.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА СЕГОДНЯ – МИФ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ? [электронный источник] <https://ntc.gazprom-neft.ru/research-and-development/proneft/2852/45683/> (дата обращения: 05.04.22);
2. Тепловые солнечные электростанции башенного типа, системы концентрации солнечной энергии [электронный источник] <http://electricalschool.info/energy/2432-solnechnye-elektrostancii-bashennogo-tipa.html> (дата обращения: 05.04.22);
3. Gemasolar solar thermal power plant [электронный источник] [group.sener/project/gemasolar](http://group.sener/project/gemasolar) (дата обращения: 05.04.22);
4. АТОМНЫЕ СТАНЦИИ [электронный источник] <http://edu.strana-rosatom.ru/glava-5-atomnyie-stanczii/> (дата обращения: 30.04.22);

5. Атомные электростанции. От самых мощных до самых компактных [электронный источник] <https://helperia.ru/a/atomnye-elektrostancii-ot-samyh-moshnyh-do-samyh-kompaktnyh> (дата обращения: 30.04.22);
6. Gemasolar (Гемасолар) — солнечная электростанция (CSP) — 20 МВт, Испания, 2011 [электронный источник] <http://renewnews.ru/gemasolar/> (дата обращения: 30.04.22);
7. Принцип работы и устройство тепловой электростанции (ТЭС/ТЭЦ) [электронный источник] <https://www.techcult.ru/technology/5057-princip-raboty-i-ustrojstvo-tec-tes> (дата обращения: 30.04.22)

*Иванова В. С.*

Калужский филиал Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана, г. Калуга, Российская Федерация

### **ЗЕЛЕННЫЕ ИНГИБИТОРЫ КОРРОЗИИ – ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ СРЕДЫ ДЛЯ ТРАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛА**

*Аннотация.* В работе раскрывается смысл понятий «коррозия», «зеленые ингибиторы». Описывается выбор ингибитора с точки зрения экологической чистоты.

*Ключевые слова:* Коррозия, ингибитор, коррозионная среда.

*Ivanova V. S.*

Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University, Kaluga, Russian Federation

### **GREEN CORROSION INHIBITORS – ENVIRONMENTALLY FRIENDLY ENVIRONMENTS FOR METAL ETCHING**

*Abstract.* The paper reveals the meaning of the concepts of "corrosion", "green inhibitors". The choice of an inhibitor from the point of view of ecological cleanliness is described.

*Key words:* Corrosion, inhibitor, corrosive environment.

На сегодняшний день, металлы являются главным конструкционным материалом в промышленной индустрии, как в производстве, так и в качестве потребительских товаров. При эксплуатации различных металлических изделий и сплавов мы сталкиваемся с явлением разрушения их под действием окружающей среды. Коррозия металла приводит ежегодно к миллиардным убыткам, поэтому разрешение этой проблемы является важной задачей.

Под коррозией подразумевают самопроизвольный процесс, взаимодействия металла со средой. В результате изменяются и ухудшаются характеристики металла. Проводить коррозионные исследования необходимо, ведь они помогают в борьбе с потерей массы металлических конструкций и разрушением оборудования.

Для снижения скорости коррозии материалов используются ингибиторы. Ингибиторы – это химические соединения или соединения на их основе,



которые вводят в небольших количествах (до 1%) в коррозионную среду, при этом сильно снижается скорость коррозии либо совсем приостанавливает ее. Следовательно, поиск и подбор наиболее эффективных ингибиторов не теряет актуальности. Требования, предъявляемые к ингибиторам коррозии, заключаются в наличии у них комплекса свойств, позволяющих не только добиваться проявления высокого защитного эффекта, но и в условиях конкретного производства сохранять технологический режим, а также исключить возможность нанесения экологического ущерба.

Окончательный выбор ингибитора для конкретного применения ограничивается несколькими факторами, включая повышение экологической осведомленности и необходимость поощрения экологически чистых процессов в сочетании со спецификой действий большинства кислотных ингибиторов, которые часто требуют совместного действия соединений для достижения эффективного ингибирования коррозии. Именно по этой причине в последние годы большие усилия были предприняты исследователями в этой области для разработки новых экологически чистых ингибиторов.

С точки зрения экологической чистоты, перспективными компонентами защитных материалов могут быть некондиционные продукты растительного происхождения, одно из основных достоинств которых, помимо решения экологических проблем, заключается в относительной дешевизне и быстрой возобновляемости.

В последние два десятилетия ведутся исследования по поиску и получению так называемых «зеленых» ингибиторов: более дешевых, легко доступных и снижающих риск воздействия на окружающую среду. Источниками таких веществ могут быть нетоксичные и возобновляемые растительные отходы. В источниках описаны экстракты ряда растений, которые проявляют ингибирующие свойства к различным металлам, но механизм их действия практически не изучен. Создание ингибиторов на основе природных соединений является важным решением не только в области защиты металлов, но и в проблеме утилизации многотоннажных отходов сельского хозяйства. Рассмотрим некоторые из них.

Ингибирование коррозии углеродистой стали в хлоридной среде экстрактом листьев хны. Водный экстракт листьев порошка хны используют в качестве ингибитора коррозии при контроле коррозии углеродистой стали, погруженной в водный раствор, содержащий 60 частей на миллион Cl<sup>-</sup>. Для расчета эффективности ингибирования был использован метод потери веса. Эксперименты проводились в отсутствие и в присутствии Zn<sup>2+</sup>. Общеизвестно, что основной составляющей экстракта этого растения является лавсон. Наблюдается, что он имеет хорошую эффективность ингибирования (IE) и показывает превосходный IE при pH 6, 8 и 12. Интересно, что в присутствии Zn<sup>2+</sup> наблюдается синергетический эффект. Для оценки синергетического эффекта рассчитаны параметры синергизма. Дисперсионный анализ (F-тест) показывает, что синергетический эффект, существующий между экстрактом хны и Zn<sup>2+</sup>, является статистически значимым. Защитная пленка

была проанализирована с помощью инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье (FTIR). Пленка состоит из комплекса  $Fe^{2+}$ -Lawsonite и гидроксида цинка [4]. Обнаружено, что она УФ-флуоресцентная. Электрохимические исследования, такие как потенциодинамическая поляризация и импеданс переменного тока (АС), были использованы для обнаружения механистических аспектов ингибирования коррозии.

Использование экстрактов листьев хны для предотвращения коррозии бетона. Зеленые ингибиторы также использовались в бетонной технологии. Исследована коррозионная стойкость низкоуглеродистой стали в моделированном растворе пор бетона, приготовленном в морской воде. В этом исследовании использовались метод потери веса, исследование поляризации и спектры переменного тока. Влияние зеленого ингибитора, экстрагированного из листьев хны, также было исследовано в отсутствие и в присутствии ионов  $Zn^{2+}$ . Отмечено, что в присутствии этого экологически чистого ингибитора зелени (экстракта хны) коррозионная стойкость мягкой стали повышается. Этот состав может найти применение в технологии производства бетона, особенно в морской среде, поскольку эксперименты проводились в морской воде. Эти данные могут быть приняты во внимание при строительстве моста в море.

Ингибирование коррозии углеродистой стали в морской воде экстрактами листьев хны. Эффективность ингибирования (IE) водного экстракта листьев хны в борьбе с коррозией углеродистой стали в морской воде оценивалась методом потери веса. Замечено, что состав, состоящий из 8 мл экстракта хны (HE) и 25 частей на миллион  $Zn^{2+}$ , имеет эффективность ингибирования 94% при контроле коррозии углеродистой стали в морской воде. Поляризационное исследование показывает, что система HE и  $Zn^{2+}$  действует как ингибитор смешанного типа. Спектры импеданса на переменном токе показывают, что на поверхности металла образуется защитная пленка. Природа поверхности металла была проанализирована с помощью спектров FTIR, SEM и AFM [2].

Коррозия металлов и сплавов является важной и хорошо изученной промышленной проблемой, которая, следовательно, нашла плодотворное поле исследований в области зеленой химии. Зеленые ингибиторы привлекают большой интерес к области коррозии благодаря своей безопасности, биоразлагаемости, экологической приемлемости и возобновляемости. К ним относятся, например, аминокислоты, алкалоиды, полифенолы и часто экстракты растений, широко распространенные и имеющие низкую экономическую ценность, включая побочные продукты агропромышленных процессов и сельскохозяйственные отходы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Я.Г.Авдеев. Об ингибировании коррозии низкоуглеродистой стали в лимоннокислых растворах // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – Тамбов: Вып. 5, Т. 18. 2015. С. 262–263.
2. А. Бальбо, С. Чиавари, С. Мартини и С. Монтичелли: Коррозия Наука, 2016, С. 204-212.

3. Г. С. Белоглазов Квантово-химический анализ действия ингибиторов коррозии металлов. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2016. - 176 с.
4. И.О. Григорьева, А.Ф. Дресвянникова., А.С. Зифирова. Влияние анионного состава кислых электролитов на электрохимические характеристики алюминия //Вестник Казанского технологического университета. – Казань: Вып. 20. Т. 16. 2015. - 271с.

*Кулагина Т. А., Гурина Р. В.*

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Российская Федерация

### **ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЕ КОКСОВАНИЕ КАК ЭФФЕКТИВНАЯ ПЕРЕРАБОТКА НЕФТЯНЫХ ОСТАТКОВ**

*Аннотация.* В статье представлены результаты исследования продукта, полученного в результате высокотемпературного коксования нефтесодержащего отхода.

*Ключевые слова:* Нефтяные отходы, высокотемпературное коксование, нефтяной кокс, переработка отходов, воздействие на окружающую среду.

*Kulagina T. A., Gurina R. V.*

Siberian federal university, Krasnoyarsk, Russian Federation

### **HIGH-TEMPERATURE COKING AS AN EFFICIENT PROCESSING OF OIL RESIDUES**

*Abstract.* The article presents the results of a study of the product obtained as a result of high-temperature coking of oil-containing waste.

*Key words:* Oil residues, high-temperature coking, petroleum coke, waste recycling, environmental impact.

Россия по объему добычи нефти занимает ведущую позицию в мире. Ежегодно в стране бурятся тысячи скважин и функционирует свыше 200 тыс. км магистральных нефтепроводов. Вместе с тем Россия является лидером по загрязнению окружающей среды углеводородами, углеводородсодержащей пластовой жидкостью, буровыми растворами и химическими реагентами, применяемыми при добыче и подготовке нефти, транспортировке на экспорт и нефтегазоперерабатывающие заводы.

Это неблагоприятное воздействие связано с образованием загрязненных нефтепродуктами почв, сточных вод, образованием шламов. Нефтяные шламы образуются при строительстве нефтяных и газовых скважин, эксплуатации месторождений, при переработке нефти сточных вод, содержащих нефтепродукты, при чистке резервуаров. В год образуется около 3 млн тонн нефтяных остатков (нефтешламов), из которых около 1,5 млн тонн приходится на НПЗ [1]. Нефтешламы являются наиболее опасным загрязнителем природной среды. Следует отметить, что переработка нефтешламов является актуальным вопросом еще и со стороны невозобновляемости углеводородного сырья [3].

Важнейшим продуктом вторичной нефтепереработки является кокс, который широко используется в металлургической промышленности. При этом среди различных методов воздействия, выделяется процесс высокотемпературного коксования как возможность переработки нефтяных остатков в качественное сырье [2].

На базовой кафедре «Техносферная и экологическая безопасность» Сибирского федерального университета, была выполнена серия экспериментов по высокотемпературному коксованию нефтешламов на лабораторной модели установки коксования. Исследование заключается в определении времени достижения максимальной температуры поверхности экспериментальной установки, времени нагрева нефтесодержащей смеси, времени выдержки до максимальной температуры при подаче нагретого нефтешлама, времени начала снижения температуры [4]. При проведении эксперимента важную роль имеет диапазон температур для создания оптимальных условий разделения фракций нефтяного остатка и дальнейшего получения кокса [5]. В результате исследований в интервале температур от 450°C до 500°C был получен продукт коксования (рисунок 1).



*Рис. 1.* Продукт коксования

На следующем этапе был произведен анализ образца исходного нефтешлама и продукта коксования в сертифицированном центре Исследований и разработок (г. Москва). Для уточнения температурных характеристик коксования был проведен термогравиметрический анализ с дифференциально сканирующей калориметрией (рисунок 2).

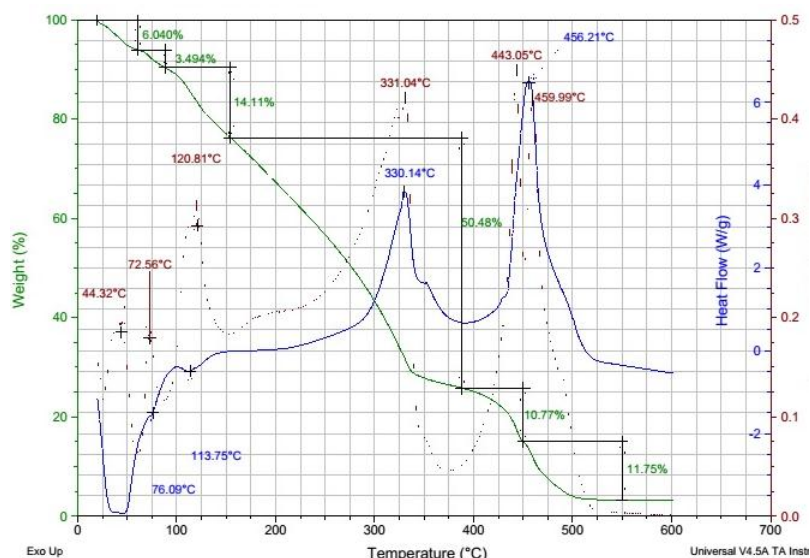


Рис. 2. График термогравиметрического анализа в сочетании с дифференциально сканирующей калориметрией

На термограмме показана скорость изменения массы исследованного образца при воздействии высоких температур.

При помощи высокотемпературной газовой хроматографии был установлен объем выхода летучей фракции (рисунок 3).

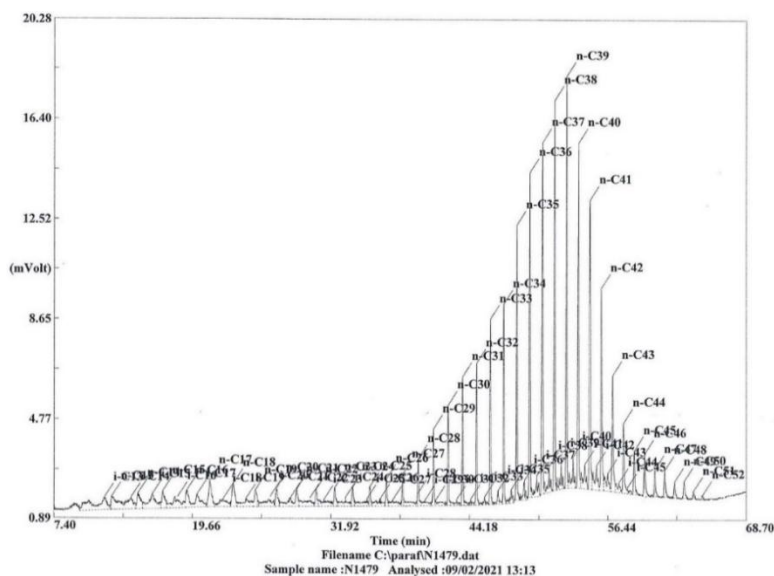


Рис. 3. Графическое изображение выхода объема летучей фракции при подаваемой энергии

Для сравнения в таблице представлено содержание указанных веществ в исходном нефтешламе и продукте коксования.

## Значения компонентов в образцах

Название образца	Определяемый компонент	Результат, мг/кг
Исходный нефтешлам	хлорид-ион	19,4
	сульфат-ион	29,1
	нитрат-ион	< 0,1
	фосфат-ион	< 0,1
Продукт коксования	хлорид-ион	4,6
	сульфат-ион	9,4
	нитрат-ион	< 0,1
	фосфат-ион	< 0,1

Также на хроматографе Trace Ultra с пламенно-ионизационным детектором был проведен анализ исходного нефтешлама и продукта коксования. Определена зависимость выхода объема летучих соединений по времени, а также зависимость изменения объема летучих соединений от температуры.

Исходя из полученных результатов можно констатировать, что в экспериментально полученном продукте зафиксировано изменение объемов и уменьшение выхода летучих соединений.

Таким образом, проведенные исследования показали, что процесс замедленного коксования позволяет переработать нефтешлам в некоторые виды ценного сырья, а точнее, доказана возможность преобразования нефтешлама в продукты коксования. Что однозначно свидетельствует о том, что метод замедленного коксования нефтяных остатков позволяет в значительной степени уменьшить количество накопленных в шламонакопителях отходов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крапивский, Е. И. Нефтешламы: уничтожение, утилизация, дезактивация : монография / Е. И. Крапивский. - Москва ; Вологда : Инфра Инженерия, 2021. -432с.
2. Кулагина Т.А. Хаглеев П.Е., Зайцева Е.Н., Обращение с промышленными и особо опасными отходами / Монография.: Изд-во СФУ; Красноярск, 2021. - 512с.
3. Гутенев В.В., Кулагина Т.А., Кулагина Л.В. и др. Экология техносферы / М.: Изд-во "Маджента", 2008. - 468с.
4. Матюшенко А. И., Кулагина Т. А., Горбунова Л. Н. Энциклопедия обращения с отходами / - Москва; Смоленск: Маджента, 2007. - 472с.
5. Кулагина Т. А. Разработка режимов сжигания обводненных топочных мазутов и водотопливных эмульсий: дис.. кандидата технических наук: 01.04.14 /; КГТУ. - Красноярск, 2000. – 18 с.

*Харькова Ю. А., Мусина С. А.*

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа,  
Российская Федерация

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ВЫБРОСОВ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ (НА ПРИМЕРЕ БАШНЕФТЬ-УНПЗ)**

*Аннотация.* Выявлены основные источники загрязнения окружающей среды нефтеперерабатывающим заводом и приоритетные загрязняющие вещества. Рассмотрена установка Висбрекинг гудрона, как источник выбросов НПЗ. Представлена принципиальная схема реконструкции блока печей установки Висбрекинг гудрона дооборудованная дымососом для рециркуляции дымовых газов.

*Ключевые слова:* нефть, выбросы, установка Висбрекинг гудрона, оксид азота, дымосос, рециркуляция.

*Kharkova Yu. A., Musina S. A.*

Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation

## **DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR PURIFICATION OF EMISSIONS OF AN OIL REFINERING ENTERPRISE (BY THE EXAMPLE OF BASHNEFT-UNPZ)**

*Abstract.* The main sources of environmental pollution by the oil refinery and priority pollutants are identified. The installation of visbreaking tar is considered as a source of refinery emissions. A schematic diagram of the reconstruction of the block of furnaces of the tar Visbreaking unit equipped with a smoke exhauster for flue gas recirculation is presented.

*Key words:* oil, emissions, tar visbreaking unit, nitrogen oxide, smoke exhauster, recycling.

Экологические проблемы, имеющие в настоящее время глобальный социальный характер, наиболее ярко проявились в нефтеперерабатывающей отрасли, где энергонасыщенность предприятий, образование и выбросы вредных веществ создают не только техногенную нагрузку на окружающую среду, но и общественно-политическую напряженность в обществе.

В нефтеперерабатывающей промышленности постоянно интенсифицируются технологии, вследствие чего такие параметры, как температура, давление, содержание опасных веществ, достигают критических величин. Растут единичные мощности аппаратов, количество находящихся в них опасных веществ. Многие виды продукции нефтеперерабатывающих предприятий с передовой технологией, обеспечивающей комплексную переработку сырья и состоящей из сотен позиций, взрыво- или пожароопасны, или токсичны. Экономическая целесообразность расположения нефтеперерабатывающих предприятий приводит к созданию индустриальных комплексов в местах проживания населения. Перечисленные особенности

современных объектов нефтепереработки обуславливают их потенциальную экологическую опасность.

Решение экологических проблем в области нефтепереработки требует разработки и внедрения высокоэффективных, малозатратных технологий переработки нефти и новых систем защиты окружающей среды, что приведет к рациональному использованию сырья и улучшению состояния природной среды.

Основным видом деятельности филиала ПАО АНК «Башнефть» «Башнефть-УНПЗ» является переработка нефти, газа и их продуктов, которая осуществляется в подразделениях основного производства: топливном, газо-каталитическом, товарном. Товарное производство предназначено для приема, хранения и обеспечения всего предприятия сырьем, реагентами, смазочными материалами; для хранения продуктов нефтепереработки, приготовления товарных сортов нефтепродуктов, а также для откачки и отгрузки нефтепродуктов потребителям. Топливное производство включает в себя установки ЭЛОУ-АВТ-6, Висбрекинг гудрона. Газо-каталитическое производство включает в себя установки гидроочистки, АГФУ, каталитический крекинг, гидроочистка дизельного топлива, каталитический риформинг, установка производства серы и водорода [1].

Основными источниками загрязнения атмосферы в результате нефтепереработки являются организованные источники (дымовые трубы) и неорганизованные источники (выбросы с установок за счет не герметичности аппаратов, оборудования, от резервуарных парков, очистных сооружений). Загрязнение атмосферного воздуха углеводородами, угарным и углекислым газом, различными сернистыми соединениями, оксидами азота, твердыми веществами происходит на всех этапах технологического процесса переработки нефти и ее компонентов [2].

Основным источником выбросов в топливном производстве является установка Висбрекинг гудрона. Висбрекинг – наиболее мягкая форма термического крекинга, представляющая собой процесс неглубокого разложения нефтяных остатков (мазатов и гудронов) в относительно мягких условиях (под давлением 1,6-2,5 МПа и температуре 480-510°С) с целью снижения вязкости остатков для получения из них товарного котельного топлива [3].

Выбросы в атмосферу от установки Висбрекинг гудрона включают выбросы от сжигания топлива в печах (таблица 1).

*Таблица 1*

Объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из печей

Наименование	Кол-во ЗВ, тыс. т/год	НДВ, тыс. т/год
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	261,43	195,803
Азот (II) оксид (Азота оксид)	33,805	20,443



1	2	3
Сера диоксид-Ангидрид сернистый	131,413	213,060
Диоксид углерода	64,236	68,268
Метан	5,124	6,826
Бенз(а)пирен	0,000158	0,00126

Из таблицы 1 видно, что превышение идет по таким загрязняющим веществам как диоксид и оксид азота. Все продукты сгорания и выбросы загрязняющих и токсичных веществ с дымовыми газами в атмосферу являются вредными, однако при современной технике сжигания топлива их образование можно предотвратить или свести к минимуму; то же относится и к содержанию оксидов азота в уходящих газах.

На основе патентной проработки и анализа наилучших доступных технологий произведено сравнение существующих методов очистки дымовых газов от оксида азота. Выявлено, что самой эффективной технологией снижения выбросов оксида азота при сжигании газообразного топлива, является рециркуляция дымовых газов.

С учетом выбранной технологии, в основе которой лежит рециркуляция дымовых газов, предлагается принципиальная схема реконструкции блока печей установки Висбрекинг гудрона, представленная на рисунке 1. Предлагается дооборудование существующей системы дымососом для рециркуляции дымовых газов.

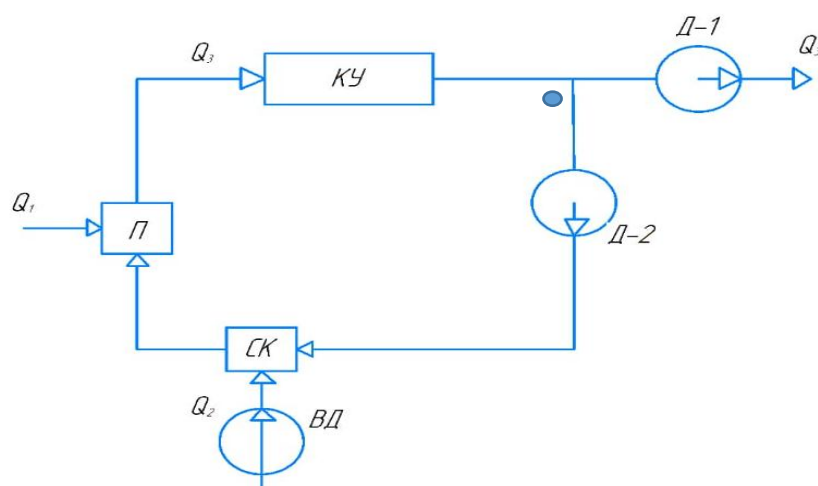


Рис. 1. Принципиальная схема реконструкции блока печей установки Висбрекинг гудрона: П – печь; КУ – котел утилизатор; ВД – воздуходувка; Д-1 – дымосос; Д-2 – дымосос для рециркуляции дымовых газов; СК – смесительная камера;  $Q_1$  – топливный газ;  $Q_2$  – воздух;  $Q_3$  – дымовые газы

Топливный газ  $Q_1$  поступает на форсунки печей П, где смешивается с воздухом, нагнетаемый воздуходувкой ВД. В результате сгорания газа, образуемые дымовые газы с температурой 380-420°C дымососом Д-1 поступают

в котлы утилизаторы КУ для охлаждения путем прохождения через трубный пучок в барабане котла в результате чего охлаждается до температуры 200°C. После этого 15–30% объема дымовых газов шибером дымососа Д-2 поступает в коллектор воздуха, подаваемого на форсунки печи, тем самым достигая снижение образования оксида азота на 60%. Остальная часть сбрасывается в атмосферу через дымовую трубу с температурой не более 100 °С.

В таблице 2 представлен материальный баланс до внедрения рециркуляции дымовых газов.

Таблица 2

Материальный баланс до внедрения рециркуляции дымовых газов

Приход				
Вещ-во	кг/с	т/сут	т/год	%масс
1. Топливный газ	0,717	61,9	20736,5	5,26
2. Воздух, в том числе:	12,9	1114,6	373391	94,74
2.1 O <sub>2</sub>	2,7	233,3	78155,5	19,8
2.2 N <sub>2</sub>	10,2	881,3	295235,5	74,9
Итого	13,617	1176,5	394127,5	100
Расход				
Вещ-во	кг/с	т/сут	т/год	%масс
1. Дымовые газы, в том числе:	13,617	1176,5	394127,5	100
1.1 H <sub>2</sub> O	1,29	111,5	37352,5	9,4
1.2 NO <sub>x</sub>	10,2	881,3	295235,5	74,9
1.3 CO <sub>2</sub>	2,13	183,8	61573	15,6
Итого	13,617	1176,5	394127,5	100

Материальный баланс после внедрения этапа рециркуляции дымовых газов в количестве 20% от общего числа и снижением образование оксида азота на 60% представлен в таблице 3.

## Материальный баланс после внедрения рециркуляции дымовых газов

Приход				
Вещ-во	кг/с	т/сут	т/год	%масс
1. Топливный газ	0,717	61,9	20736,5	5,2
2. Воздух, в том числе:	10,32	891,6	298686	75
2.1 O <sub>2</sub>	2,16	186,6	62511	15,7
2.2 N <sub>2</sub>	8,16	705	236175	59,31
3. Рециркулируемые дымовые газы, в том числе:	2,72	235	78725	19,7
3.1 H <sub>2</sub> O	0,258	22,3	7470,5	1,8
3.2 NO <sub>x</sub>	2,04	176,3	59060,5	14,8
3.3 CO <sub>2</sub>	0,42	36,3	12160,5	3
Итого	13,757	1188,6	398147,5	100
Расход				
Вещ-во	кг/с	т/сут	т/год	%масс
1. Дымовые газы, в том числе:	13,757	1188,6	398147,5	100
1.1 H <sub>2</sub> O	1,5	129,6	43416	10,9
1.2 NO <sub>x</sub>	4,08	352,5	118087,5	29,7
1.3 CO <sub>2</sub>	2,5	216	72360	18,2
Потери	5,7	492,5	164987	41,4
Итого	13,757	1188,6	398147,5	100

Таким образом, рассмотрена деятельность нефтеперерабатывающего завода. Выявлены основные источники загрязнения и их приоритетные загрязняющие вещества. Рассмотрена установка Висбрекинг гудрона, как основной источник выбросов. Представлена принципиальная схема реконструкции блока печей установки Висбрекинг гудрона дооборудованная дымососом для рециркуляции дымовых газов. Также составлен материальный баланс по технологии метода снижения выбросов оксидов азота за счет рециркуляции дымовых газов. За потери принимаем то количество оксида азота, которое в результате рециркуляции дымовых газов не вступает в повторную реакцию в процессе горения, что доказывает эффективность метода.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технологический регламент филиала ПАО АНК «Башнефть» «Башнефть-УНПЗ». Раздел 2 «Характеристика предприятия как источника загрязнения атмосферного воздуха»
2. Воздействие нефтеперерабатывающих предприятий на приземную атмосферу [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://studref.com> Дата обращения 25.04.2022
3. Висбрекинг нефтяного сырья [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://knowledge.allbest.ru/manufacture/3c0b65625b2ac78b4c43a88421316d26\\_0.html](https://knowledge.allbest.ru/manufacture/3c0b65625b2ac78b4c43a88421316d26_0.html) Дата обращения: 25.04.2022

*Хлыбова Н. В., Койбагарова Х. Г.*

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа,  
Российская Федерация

## **КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА**

*Аннотация.* В работе рассмотрены различные катализаторы процесса парового риформинга, определен наиболее приемлемый катализатор для получения водорода. Исследовано влияние добавления лантана к катализатору.

*Ключевые слова:* Водород, паровой риформинг метана, катализатор.

*Khlybova N. V., Koibagarova Kh. G.*

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation

## **CATALYSTS FOR HYDROGEN PRODUCTION**

*Abstract.* Various catalysts of the steam reforming process are considered in the work, the most acceptable catalyst for hydrogen production is selected. The effect of adding lanthanum to the catalyst is investigated.

*Key words:* Hydrogen, steam reforming of methane, catalyst.

Получение водорода является одним из самых перспективных путей развития энергетики будущего. В ближайшем будущем преимущественно сохранится его получение из природного газа, в основном с помощью парового риформинга метана [1].

Ход процесса характеризуют содержание катализатора, его активность, удельная поверхность, микроструктура, пористость, механическое сопротивление, термическая и химическая стабильность, устойчивость к углеотложению. Применение катализатора позволяет сместить равновесие в сторону продуктов, приводя к получению большего выхода газообразного водорода и помогая ему образовываться с большей скоростью [2].

Верный выбор катализатора влияет на эффективность процесса. Катализатор должен быть устойчив к спеканию, а используемый носитель должен быть устойчив к температуре и фазовым изменениям. Катализаторы парового риформинга должны соответствовать жестким критериям, таким как большая активность, приемлемый срок службы, хорошая теплопередача, небольшая разность давлений, большие термическая стабильность и механическая прочность [3].

Одним из главных видов катализаторов парового риформинга считается катализатор на основе благородных металлов. В отличие от Ni-катализаторов, которые имеют значительные проблемы с коксованием, диффузией и растворением углерода в Ni-металлах, на благородных металлах значительно ниже коксование из-за сложности растворения углерода в них. Благородные металлы, например, Ru, Rh, Pd, Ir и Pt, были исследованы относительно их эффективности риформинга, из которых Ru и Rh продемонстрировали высокую

активность риформинга и низкую скорость получения углерода. Из-за противоречий между разными исследовательскими группами все еще невозможно определить правильный порядок каталитической активности благородных металлов и селективности для получения водорода с использованием парового риформинга метана [4].

Несмотря на то, что катализаторы из благородных металлов имеют значительную каталитическую активность и более низкое коксование, большая стоимость ограничивает их практическое использование. Неблагородные металлы группы VIII тоже активны для парового риформинга метана. Но железо будет сразу окисляться при условиях реакции, а кобальт не выдержит парциального давления пара.

Было обнаружено, что цеолиты не стоит применять при паровом риформинге, потому что они термически стабильны лишь до 600 °С, а водяной пар разрушает их структуру при такой температуре [5].

Поэтому катализаторы на основе никеля представляют собой наиболее исследованные и широко распространенные катализаторы парового риформинга метана в промышленности, главным образом, из-за их меньшей стоимости.

Было установлено, что каталитическая активность Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> возрастает с повышением содержания никеля. Однако, чем больше количество никелевых участков, тем больше их слипание. Обычное содержание никеля в катализаторе для парового риформинга равно примерно 12 мас. %, чтобы предотвратить слипание и снизить спекание в процессе [6].

Наличие соединений La в структуре никелевого катализатора парового риформинга метана повышает устойчивость катализатора к коксообразованию. Этот факт объясняется образованием оксокарбоната лантана и его дальнейшим взаимодействием с образующимся углеродом.

Другим фактором, повышающим активность катализатора в процессе риформинга, является возрастание дисперсности частиц Ni при добавлении лантана [7].

Таким образом, Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> представляет собой перспективный катализатор благодаря своей низкой стоимости и высокой активности. При добавлении лантана к никелевому катализатору повышается активность и устойчивость катализатора к коксообразованию, что позволяет увеличить срок службы катализатора.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крылов О.В. Промышленные методы получения водорода / О.В. Крылов // Катализ в химической и нефтехимической промышленности. 2007. №2. С. 13-29.
2. Bakey K. The production of hydrogen gas. Steam methane reforming / K. Bakey. 2015. 9 pp.
3. Angeli S.D. State-of-the-art catalysts for CH<sub>4</sub> steam reforming at low temperature/ S.D. Angeli, G. Monteleone, A. Giaconia, A.A. Lemonidou // Hydrogen Energy. 2014. Vol. 39. №5. P. 1979-1997.

4. Song Y. Dry reforming of methane by stable Ni-Mo nanocatalysts on single-crystalline MgO / Y. Song, E. Ozdemir, S. Ramesh, A. Adishev, S. Subramanian, A. Harale // Science. 2020. Vol. 367. № 6479. P. 777–781.
5. Hagen J. Industrial catalysis: A practical approach / J. Hagen. Weinheim: Wiley-VCH. 2015. 522 pp.
6. Chen D. Deactivation during carbon dioxide reforming of methane over Ni catalyst. Microkinetic analysis / D. Chen, A. Anundskes, O. Olsvik, A. Holmen // Chemical Engineering Science. 2001. Vol. 56. № 4. P. 1371–1379.
7. Константинов Г.И. Бифункциональный катализатор парового риформинга метана, устойчивый к H<sub>2</sub>S: Активность и структурная эволюция / Г.И. Константинов, С.С. Курдюмов, Ю.В. Максимов, О.В. Бухтенко, М.В. Цодиков // Катализ в химической и нефтехимической промышленности. 2017. Т. 17. №3. С. 201-209.

*Чернова Е. С.*

Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова,  
г. Магнитогорск, Российская Федерация

### **АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕНДЕНЦИЙ НА РЫНКЕ ЭКОЛОГИЧНЫХ ТКАНЕЙ**

*Аннотация.* В статье проведён анализ проблемы экологичности материалов на современном рынке тканей. Выявлены основные направления на современном рынке экологичных тканей.  
*Ключевые слова:* тенденции, волокно, ткань, экология, мода.

*Chernova E. S.*

Magnitogorsk State Technical University named after G. I. Nosov, Magnitogorsk,  
Russian Federation

### **ANALYSIS OF MODERN INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND TRENDS IN THE MARKET OF ECO-FRIENDLY FABRICS**

*Abstract.* The article analyzes the problem of environmental friendliness of materials in the modern fabric market. The main directions in the modern market of eco-friendly fabrics are revealed.  
*Key words:* trends, fiber, fabric, ecology, fashion.

В настоящий момент всё менее востребованными становятся синтетические ткани, которые разлагаются несколько сотен лет, а так же ткани производимый из нефти (нейлон) и неорганические материалы. Дизайнеры следят за безопасностью своего производства и стремятся свести свой углеродный след к нулевым показателям. Вегетарианство набирает все большую популярность, что ведет к возникновению и производству максимально этичных растительных видов текстиля [6, 7]. По данным DW, объем выбросов CO<sub>2</sub> от текстильной промышленности ежегодно составляет более миллиарда тонн. Сюда же добавим загрязнение мирового океана микропластиком из текстильных волокон и использование токсичных

химических веществ. Полиэфирные, нейлоновые, акриловые и другие синтетические волокна — это формы пластика, составляющие 60% материала, из которого сшита одежда. Синтетические волокна считаются дешевыми и универсальными, они обеспечивают необходимый комфорт и воздухопроницаемость при занятиях спортом, сохраняют тепло и прочность в зимней одежде [5, 9]. Эти волокна способствуют незаметному, но повсеместному загрязнению океана пластиком. Он вымывается при стирке из смесовых тканей, состоящих из синтетических и натуральных волокон. Одна загрузка белья может спустить сотни тысяч волокон из нашей одежды в водопровод.

В настоящее время огромное количество пластиковых изделий, которые мы используем, попадает в океан, один из главных источников загрязнения пластиком — наша одежда. Разработка инновационных технологий биоразлагаемых тканей на основе натуральных субпродуктов — это ответ на проблему экологичности и перепроизводства (ежегодно на свалках оказываются миллионы не нужных изделий).

Инновационные технологии в производстве экотекстиля дают старт бионике и экодизайну в интерьере [2], а также экологичной моде — это здоровье человека и животных. Это вещь, которая не нанесёт вреда здоровью человека; при её изготовлении не пострадало ни одно животное. Предполагает натуральные ткани и природные красители. Органические ткани — это натуральные материалы животного или растительного происхождения (хлопок, лен, шелк и т.д.). Такие ткани не вредят здоровью человека и состоянию природы, потому что биоразлагаемы и не имеют в своем составе потенциально вредных компонентов. Примеры экотканей: бамбук, эвкалипт (экологичный аналог вискозы), эконил (переработанный морской мусор).

Ткани, из которых изготавливают швейные изделия, вместо того чтобы вредить планете, могут ей помогать, например, поглощать из атмосферы углекислый газ в процессе фотосинтеза. Водоросли — самые яркие представители этого направления, они обитают в прудах, реках и океанах.

Дизайнеру из Нью-Йорка Шарлотт Маккарди удалось создать из водорослей водонепроницаемую ткань (биопластик из водорослей), в составе которой — микс измельченных в пудру водорослей и водорослевых жиров. Готовое полотно пропитывают растительным воском, чтобы оно не пропускало воду. «По ощущениям — нечто между вошеной холщовой тканью и поливинилхлоридом», — описывает свое изобретение Шарлотт.

Берлинская компания Algalife, которая изготавливает из водорослей очень похожий на хлопок материал, уже доказала, что такие ткани применимы в швейном производстве, так как у водорослей большой потенциал в производстве базовых футболок и нижнего белья.



*Рис. 1. Algae Raincoat из биопластика, Charlotte McCurdy*

Piñatex, или ананасовая кожа, — одна из самых популярных альтернатив натуральной коже на современном рынке (среди других опций — кожа из грибов и кактуса). Волокна из листьев извлекают естественным образом, сушат на солнце, потом смешивают с веществом на основе кукурузы и формируют похожие на войлок нити, структура которых куда интереснее структуры обычной коровьей кожи. Этот материал используют такие бренды, как H&M, Hugo Boss и Paul Smith. Piñatex был создан доктором Кармен Ихосой в 1990-е. Узнав какой вред планете наносит промышленное производство натуральной кожи, Кармен решила, что нужно что-то менять, и придумала кожу из листьев ананаса. «Это довольно долговечный материал, и в его производстве не задействованы нефтехимикаты, без которых не обходится изготовление обычной «искусственной кожи», — объясняет Марензи из The Sustainable Angle.



*Рис. 2. Пальто из ананасовой кожи, Mariam Alsibai*

Подводя итоги, можно резюмировать, что сегодня на Российском рынке экологических тканей можно найти следующие варианты: хлопок, органический хлопок, конопля, крапива, конопляный деним, рами, кокосовая кожа (натуральный кожзаменитель, который за 90 дней разлагается в природе), тайвек, неотбеленный лен, кокосовая кожа, Pinatex. Это находит своё



отражение в принципах проектировании костюма [3, 5], в выборе композиции, цвета [4, 8], в культуре [1] и образе жизни.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антоненко, Ю. С. Этапы формирования проектной культуры посредством непрерывности графического образования / Ю. С. Антоненко, А. В. Екатеринушкина, В. В. Ячменева // Философия образования. – 2021. – Т. 21. – № 4. – С. 228-240. – DOI 10.15372/PHE20210411.
2. Антоненко, Ю. С. Бионика в дизайне : Электронное издание. Учебно-методическое пособие / Ю. С. Антоненко, Т. В. Саляева. – Магнитогорск : Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2020. – ISBN 978-5-9967-2004-0. – EDN IYHTGF.
3. Ильяшева, Е.В. Конструирование изделий легкой промышленности: курсовое проектирование и методические указания по его выполнению для студентов специальности 262200.62 / Конструирование швейных изделий/ - 2-е изда.доп. и перераб. – Магнитогорск: МаГУ, 2014. – 40с.
4. Саляева, Т. В. Колористика и цветоведение в дизайн-проектировании : Электронное издание / Т. В. Саляева, В. В. Ячменева. – Магнитогорск : Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2019. – ISBN 978-5-9967-1708-8. – EDN KOIWNQ.
5. Сборник рабочих программ по направлению подготовки 29.03.05 "Конструирование изделий легкой промышленности", профиль "КШИ" : Электронное издание / Е. В. Ильяшева, Ю. В. Лымарева, С. А. Титова, В. В. Ячменева. - Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2018. – 185 с.
6. Сохачевская, В. В. Художественный текстиль: материаловедение и технология : Учебное пособие для вузов / В. В. Сохачевская. – Москва : ВЛАДОС, 2010. – 126 с.
7. Ячменева, В. В. Инновационные приемы в создании авторского текстиля / В. В. Ячменева // Инновационный Вестник Регион. – 2013. – № 4-2. – С. 78-83.
8. Ячменева, В. В. Геометрия в композиции костюма / В. В. Ячменева, А. О. Питиримова // Творческое пространство образования : Сборник материалов внутривузовской (очно-заочной) научно-практической конференции, Магнитогорск, 15–16 мая 2018 года. – Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2018. – С. 105-108.
9. Ячменева, В. В. Одежда в жизни человека / В. В. Ячменева, Н. А. Ломако, И. В. Танаева // Творческое пространство образования : Сборник материалов внутривузовской (очно-заочной) научно-практической конференции, Магнитогорск, 15–16 мая 2018 года. – Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2018. – С. 113-115.

*Чернышев В. В., Дроздова Т. И.*

Иркутский национальный исследовательский технический университет,  
г. Иркутск, Российская Федерация

## **АНАЛИЗ НЕФТЕПРОДУКТООБЕСПЕЧЕНИЯ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Аннотация.* В работе проведен анализ системы нефтепродуктообеспечения Иркутской области.

*Ключевые слова:* Нефтепродукты, автозаправочные станции.

*Chernyshev V. V., Drozdova T. I.*

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

## **ANALYSIS OF THE STATE OF THE OIL PRODUCTS SUPPLY SYSTEM OF THE IRKUTSK REGION**

*Abstract.* The paper analyzes the state of the oil products supply system of the Irkutsk region.

*Key words:* Petroleum products, oil, gas stations.

Экономика России очень сильно зависит от нефти и нефтепродуктов. Капитал современных нефтяных компаний состоит из следующего цикла «нефтедобыча – нефтепереработка – нефтесбыт», с учётом экономической ситуации переходит из одного компонента в другой. С учётом структуры спроса и потребления изменяются приоритеты.

В данной работе исследована система нефтепродуктообеспечения, сложившаяся на территории Иркутской области.

Из нормативных документов следует, что «Нефтепродуктообеспечение - процесс перемещения нефтепродуктов основными видами транспорта (железнодорожный, трубопроводный, автомобильный, речной и морской) от районов производства в районы потребления. Прием, хранение и отпуск нефтепродуктов в организациях (нефтебазы, склады горюче-смазочных материалов, стационарные и передвижные автозаправочные станции и автозаправочные комплексы) осуществляют в необходимых количествах и ассортименте нефтепродуктов с целью удовлетворения потребительского спроса» [1].

Система нефтепродуктообеспечения представляет единый информационный и экономико-математический комплекс, с четко разработанной системой автоматизированного проектирования транспортировки и хранения нефти и нефтепродуктов, включающей пункты реализации нефтепродуктов через нефтебазы, наливные пункты и стационарные и передвижные АЗС, а также систему транспортировки нефтепродуктов на эти пункты.

В Иркутской области используются все виды транспортировки нефтепродуктов и нефти, кроме морского. Перевозки нефтяных грузов по Транссибирской магистрали – Восточно - Сибирской железной дороге –

филиала ОАО «Российские железные дороги» (ВСЖД) составляют примерно 25 миллионов тонн. Так же по территории области проходит нефтепровод до Ангарского нефтеперерабатывающего завода. Ежегодно завод перерабатывает 9 миллионов тонн нефти. На автомобилях нефтепродукты и нефть доставляются до нефтебаз, а уже после непосредственно распределяются в пункты реализации автозаправочные станции (АЗС) и автозаправочные комплексы (АЗК). В северные территории Иркутской области нефтепродукты доставляются речным транспортом. Так как АЗС и АЗК это часть автодорожного комплекса, то так же они являются неотъемлемой частью системы нефтепродуктообеспечения. Автозаправочные станции (АЗС) это комплекс зданий, сооружений и оборудования, ограниченный участком площадки и предназначенный для приёма, хранения и выдачи нефтепродуктов транспортным средствам. Особенность автозаправочных комплексов (АЗК) является же размещение технологического оборудования на открытых площадках, где естественными воздушными потоками рассеиваются выделяемые токсичные пары. Ещё одной из особенностей АЗК является размещение на территории площадки оборудования сервисного обслуживания автотранспорта такие как: мойка, шиномонтажная, подкачка шин, кафе, магазины и др.

Нефтепродуктообеспечение это сложный технологический процесс компонентами которого являются крупные предприятия, производящие нефтепродукты. После их производства нефтепродукты транспортируются по трубопроводам, по железным дорогам в цистернах на перевалочные и распределительные нефтебазы. После нефтепродукты через сеть нефтебаз распределяются между многочисленной сетью АЗС и другими потребителями.

Большое значение на развитие системы нефтепродуктообеспечения влияет значительное увеличение автомобильного парка, что способствует активному развитию сети АЗС и АЗК, с одной стороны, а с другой, увеличению конкуренции между поставщиками топлива.

В настоящий момент в Иркутской области реализуются нефтепродукты более чем на 450 АЗС.

На территории области действуют 78 АЗС (АЗК), которые принадлежат компании Иркутскнефтепродукт [8]. Компания обслуживает практически всю Иркутскую область: Территория южного Байкала, Тункинская долина, большое количество пунктов вдоль трассы АН-6 и Качугского тракта.

Состав АЗС (АЗК) на территории г. Иркутска представлен в таблице 1.

Таблица 1

## Размещение АЗК (АЗС) в муниципальных районах г. Иркутска

Компания	Количество АЗК (АЗС) по районам города				Итого
	Ленинский	Свердловский	Октябрьский	Право-бережный	
АО «Иркутск-нефтепродукт»	7	2	3	5	<b>17</b>
ООО «БРК»	4	3	3	3	<b>13</b>
ООО «КрайсНефть»	4	5	6	3	<b>19</b>
ООО «ОМНИ»	7	6	1	5	<b>19</b>
ООО «Юрал Нефть»		1			<b>1</b>
ПАО «Газпромнефть»		1	2		<b>3</b>
ООО «Дизель»	2				<b>2</b>
ООО «Энергис»		1			<b>1</b>
ООО «Лидер»			1		<b>1</b>
АЗС (прочие)	2			2	<b>4</b>
	26	19	16	18	<b>80</b>

Основным поставщиком нефтепродуктов является АО «Иркутскнефтепродукт», поставляющий топливо во все города Иркутской области (рисунок 1).

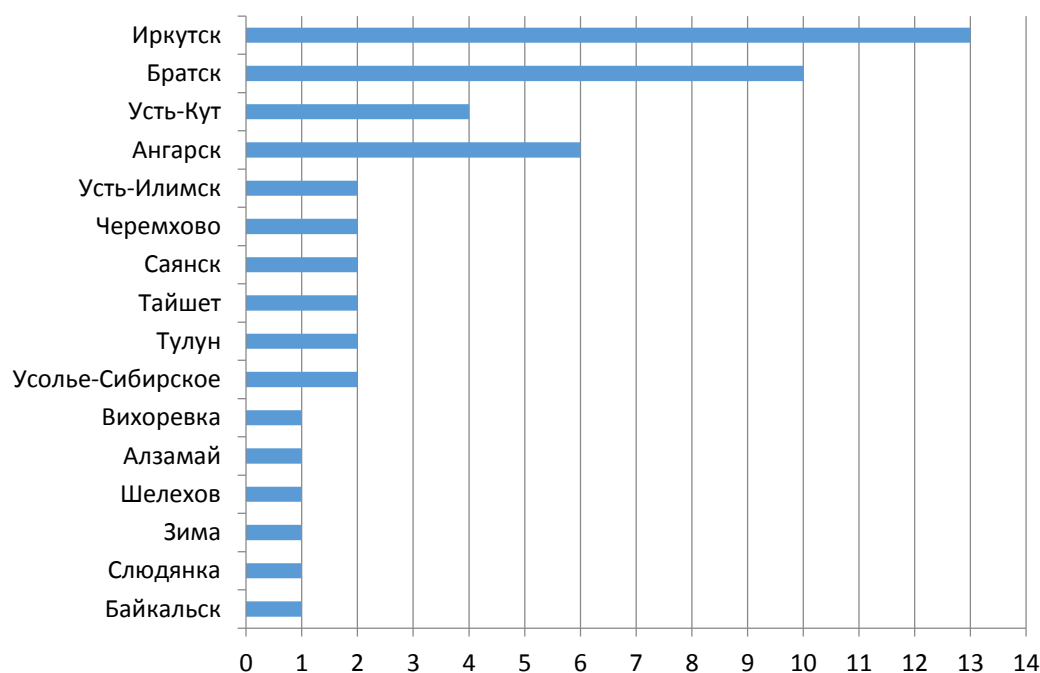


Рис. 1. Количество АЗК (АЗС) компании АО «Иркутскнефтепродукт» в городах Иркутской области

На втором месте крупнейших продавцов нефтепродуктов в иркутской области стоит компания ООО «Крайснефть». На территории Иркутской области построены 49 заправочных пункта (рисунок 2).

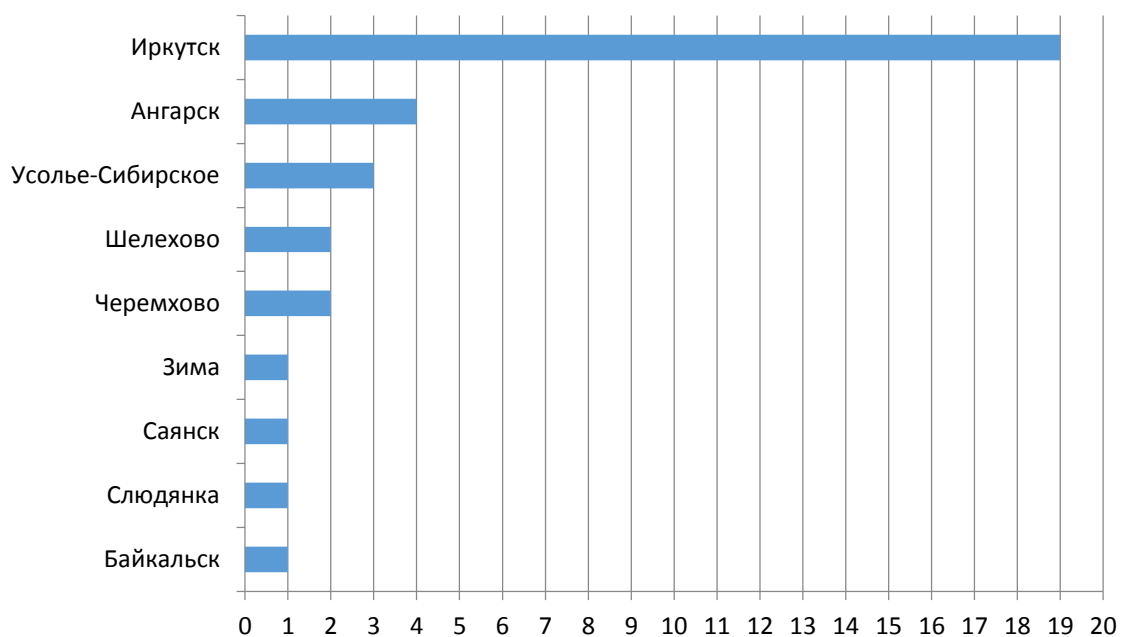


Рис. 2. Количество АЗС (АЗК) компании ООО «Крайснефть» в городах Иркутской области

Третьей же крупной компанией является компания ООО «ОМНИ», в её владениях состоит 35 автозаправочных пунктов (рисунок 3).

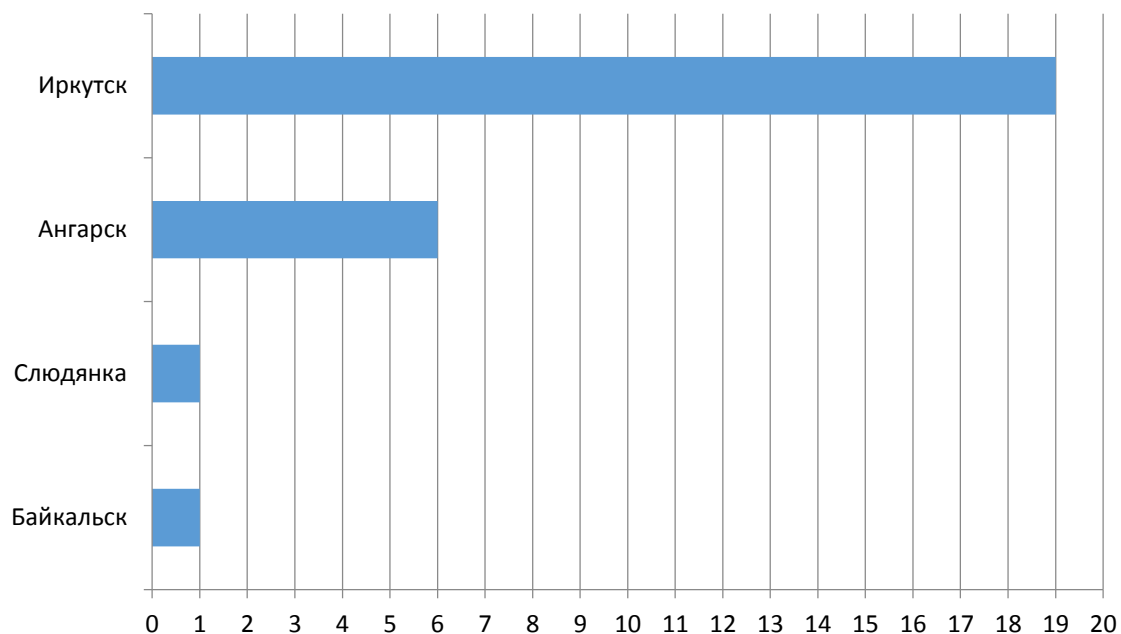


Рис. 3. Количество АЗС (АЗК) компании ООО «ОМНИ» в городах Иркутской области

Таким образом, на данный момент в Иркутской области конкурируют между собой как крупные, так и мелкие поставщики нефтепродуктов, обслуживающие АЗС.

АЗС является сложным инженерным сооружением, эксплуатация которого связана как с рядом опасностей, реализация которых может привести к аварии, связанным с проливом топлива и последующим воспламенением [3].

Такие аварийные ситуации оказывают негативное влияние на окружающую среду, что требует внедрения культуры безопасности, разработку организационных и технических решений, а именно создание экологически чистых АЗК, внедрение строгой системы учета и контроля за приемом, отпуском топлив с использованием автоматических систем управления.

Уменьшения выбросов в атмосферу при эксплуатации АЗС (АЗК) можно достигнуть при оборудовании установок улавливания паров бензина, ДТ на резервуарах хранения топлив, а также на топливораздаточные колонки (ТРК), что значительно снизит нагрузку на окружающую среду.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция «По контролю и обеспечению сохранения качества нефтепродуктов в организациях нефтепродуктообеспечения»
2. Фурманова С. С. Оценка пожарных рисков на основе статистической информации / С. С. Фурманова, С. С. Тимофеева // Материалы XVIII Всероссийской студенческой научно-практической конференции с международным участием. – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2013. – С. 160–163.
3. Фурманова С. С. Оценка пожарных рисков автозаправочных станций в г. Иркутск / С. С. Фурманова, С. С. Тимофеева // Материалы XVIII Всероссийской студенческой научно-практической конференции с международным участием. – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2013. – С. 157–160.
4. Белов Ю. Ф. Автоматизация контроля и учёта нефтепродуктов на автозаправочных станциях на основе SCADA–СИСТЕМЫ / Ю. Ф. Белов // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2010. – № 01. – С. 82–89.
5. Павленко О. В. Промышленные АСУ и контролёры / О. В. Павленко // Система технологического контроля АЗС и управления инженерным оборудованием. – 2008. – № 03. – С. 20–2
6. Цены на бензин и карта АЗС России URL: <https://www.benzin-price.ru>
7. Официальный сайт компании ОМНИ URL: <https://www.omni-irk.ru>
8. Официальный сайт компании Иркутскнефтепродукт URL: [https://www.rosneft-opt.ru/Krupnim\\_kontragentam/AO\\_Irkutsknefteprodukt\\_Irkutskaja\\_oblast](https://www.rosneft-opt.ru/Krupnim_kontragentam/AO_Irkutsknefteprodukt_Irkutskaja_oblast)
9. Официальный сайт компании Крайснефть URL: <https://kraisneft.ru>

*Шишова Л. С.<sup>1</sup>, Санжаровский А. Ю.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Российский государственный университет туризма и сервиса, г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>Федеральное государственное автономное учреждение «Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики»

## **ЗЕЛЕНАЯ ХИМИЯ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

*Аннотация.* В данной статье речь пойдёт о перспективах ресурсосберегающих технологий в России. Такая работа актуальна, потому что существует потребность объективной оценки и комплексного анализа перспектив зелёной химии и ресурсосберегающих технологий в России с использованием исследовательского, сравнительного и статистического материалов. Основное внимание акцентируется на возможностях и перспективах современной зелёной химии в России, на основных принципах зелёной химии, современных достижениях в сфере зелёной химии и ресурсосберегающих технологий.

*Ключевые слова:* зелёная химия, ресурсосберегающие технологии, экология, переработка, безотходное производство.

*Shishova L. S.<sup>1</sup>, Sanzharovsky A. Yu.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Russian State University of Tourism and Service, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup>Federal State Autonomous Institution "Scientific Research Institute "Center for Environmental Industrial Policy"

## **GREEN CHEMISTRY AND RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES**

*Abstract.* This article will focus on the prospects of resource-saving technologies in Russia. Such work is relevant because there is a need for an objective assessment and comprehensive analysis of the prospects of green chemistry and resource-saving technologies in Russia using research, comparative and statistical materials. The main attention is focused on the opportunities and prospects of modern green chemistry in Russia, on the basic principles of green chemistry, modern achievements in the field of green chemistry and resource-saving technologies.

*Key words:* green chemistry, resource-saving technologies, ecology, recycling, waste-free production.

Введение.

Любое государство стремится использовать в своей деятельности передовые современные технологии. Их соответствие международным стандартам качества и повсеместное применение является одним из наглядных показателей уровня развития государства. В настоящее время человечество всё чаще сталкивается с негативными последствиями химической промышленности.

Химическое производство в том виде, в котором оно есть сейчас, недопустимо для существования, отрасли необходима полномасштабная экологическая модернизация. Внедрение в химическую и другие промышленности нововведений, благоприятствующих сохранению экологии, в первую очередь безотходных и ресурсосберегающих.

Актуальность.

За двадцать первый век планета Земля увидела самое большое количество экологических и техногенных катастроф, что является результатом постепенного и необдуманного потребления природных ресурсов, увеличивающегося со временем в силу глобализации и общедоступности устаревшей информации.

В настоящий момент большая часть используемых технологий в области ресурсосбережения – придуманные ещё в советские времена методы. Данные подходы уже не применимы к текущему положению вещей. Российская Федерация сильно уступает в вопросах ресурсосбережения Америке и странам Европы, где к этому вопросу привлекают больше как государственного, так и общественного внимания. Отечественная промышленность и люди продолжают производить все больше отходов – как промышленных, так и бытовых.

Дальнейшее движение в данном направлении приведёт к систематичному выпуску неэффективной и неконкурентоспособной продукции, непригодной для использования ни в одной из областей, а также ухудшению среднестатистического уровня жизни россиян. Такие изменения повлекут за собой необратимые последствия в виде отрицательного воздействия на здоровье населения и потери текущего статуса страны на мировой арене.

Методы исследования. Сравнение, анализ, обобщение, статистический метод.

Цель. Проведение объективной оценки и комплексного анализа перспектив зелёной химии и ресурсосберегающих технологий в России с использованием исследовательского, сравнительного и статистического материалов.

Основная часть.

Зелёная химия является новым научным направлением в химии, появившееся около тридцати лет назад. К зелёной химии можно отнести любое усовершенствование уже существующих химических процессов, которое имеет положительное воздействие на экологию и окружающую среду [1].

Зелёная химия направлена на изобретение инновационных схем химических реакций и процессов, призванных максимально сократить отрицательное влияние химических токсичных производств. Также она направлена на обдуманный отбор первичных материалов, а также схем, подходов и процессов, которые, по возможности, полностью исключают использование вредных веществ.

Основной целью данного научного направления является не простое получение нужного для производственного процесса вещества, а также разработка максимально экологичного способа его добычи и/или производства [4].

В своей основе зелёная химия содержит двенадцать основных принципов, их последовательное использование приводит к постепенному снижению общих затрат на производство и экономию энергии (в силу вывода из основных



стадий производства этапов уничтожения и/или переработки побочных веществ).

Упомянутые выше принципы были описаны в 1998 году П. Т. Анастас и Дж. С. Уорнер в своей книге «Зеленая химия: теория и практика», которыми следует руководствоваться исследователям, работающим в данной области [2]:

1. Лучше предотвратить потери, чем перерабатывать и чистить остатки.

2. Методы синтеза надо выбирать таким образом, чтобы все материалы, использованные в процессе, были максимально переведены в конечный продукт.

3. Методы синтеза по возможности следует выбирать так, чтобы используемые и синтезируемые вещества были как можно менее вредными для человека и окружающей среды.

4. Создавая новые химические продукты, надо стараться сохранить эффективность работы, достигнутую ранее, при этом токсичность должна уменьшаться.

5. Вспомогательные вещества при производстве, такие, как растворители или разделяющие агенты, лучше не использовать совсем, а если это невозможно, их использование должно быть безвредным.

6. Обязательно следует учитывать энергетические затраты и их влияние на окружающую среду и стоимость продукта. Синтез по возможности надо проводить при температуре, близкой к температуре окружающей среды, и при атмосферном давлении.

7. Исходные и расходуемые материалы должны быть возобновляемыми во всех случаях, когда это технически и экономически выгодно.

8. Где возможно, надо избегать получения промежуточных продуктов (блокирующих групп, присоединение и снятие защиты и т. д.).

9. Всегда следует отдавать предпочтение каталитическим процессам (по возможности наиболее селективным).

10. Химический продукт должен быть таким, чтобы после его использования он не оставался в окружающей среде, а разлагался на безопасные продукты.

11. Нужно развивать аналитические методики, чтобы можно было следить в реальном времени за образованием опасных продуктов.

12. Вещества и формы веществ, используемые в химических процессах, нужно выбирать таким образом, чтобы риск химической опасности, включая утечки, взрыв и пожар, были минимальными.

Основной метрикой в зелёной химии является E-фактор - соотношение массы произведенного вещества и отходов. Он помогает проанализировать, насколько много отходов приходится на одну единицу произведенного вещества. По такой метрике оценивают множество отраслей, выясняя, какая из них является наиболее экологичной по отношению к людям и окружающей среде.

Данная метрика легко применима в промышленных масштабах из-за своей несложной измеримости – производство без труда может измерить,

сколько материала попадает на площадку и сколько остается в виде продукта и отходов, напрямую выдавая точный E-фактор для площадки.

E-фактор, включающий выход, стехиометрию и использование растворителя, является отличным показателем. E-факторы могут быть как объединены для оценки многоступенчатых реакций шаг за шагом, так и в одном вычислении (табл.1.)

Таблица 1

E-Факторы в химической промышленности

Промышленный сектор	Годовая добыча (т)	E-фактор	Произведено отходов (т)
Нефтепереработка	$10^6 - 10^8$	Ок. 0,1	$10^5 - 10^7$
Массовые химикаты	$10^4 - 10^6$	<1–5	$10^4 - 5 \times 10^6$
Тонкие химикаты	$10^2 - 10^4$	5–50	$5 \times 10^2 - 5 \times 10^5$
Фармацевтические препараты	$10 - 10^3$	25–100	$2,5 \times 10^2 - 10^5$

Также метриками зелёной химии являются: процентный выход, эффективность реакционной массы, эффективная массовая эффективность, EcoScale, BioLogicTool plots. Все они существуют для того, чтобы позволить сравнение различных производств, отраслей. Если существует несколько экономически целесообразных способов производства продукта, рациональнее будет выбрать именно тот, что наносит наименьший вред окружающей среде.

6-8 декабря 2021 года в Перми в рамках Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Ресурсосберегающие и эколого-безопасные процессы в химии и химической технологии» было представлено множество потенциальных технологий, относящихся к направлению зелёной химии и стремящихся значительно снизить пагубное влияние промышленности на окружающую среду, но увеличить ресурсо- и материалоемкость производства, экологическую чистоту и возможность утилизации, переработки и вторичного использования материалов [3]. Например: химико-каталитическое осаждение сплава Ni-Mo-P; синтез нового мультирадикального соединения – 1,3,5-три-3'-(1,5-дифенилвердазил) бензола; фенолформальдегидные смолы для теплоизоляционных материалов с увеличенным сроком хранения; плоды перца сладкого оранжевой окраски как источник зеаксантина; формирование супергидрофобных покрытий на меди с применением электрохимических методов; водные расслаивающиеся системы, содержащие антипирин, салициловую (сульфосалициловую) и неорганические кислоты для извлечения макроколичеств солей металлов; дизайн экстракционных систем на основе поверхностно-активных веществ; сорбция ионов молибдена(vi) и рения(vii) на кремнеземах, модифицированных диметилгидразидами и пр. [5].

Все они имеют огромный потенциал для того, чтобы производство химических веществ, расширяясь, снижало количество отраслевых отходов [7].

Для большинства населения рост и развитие зелёной химии может остаться незамеченным, но люди потребляют большое количество химической продукции, она присутствует во всём, что нас окружает. К сожалению, в России на данный момент промышленные предприятия совсем не торопятся массово внедрять зеленые химические технологии.

Однако уже сейчас многие организации инвестируют в молодые умы: продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (FAO) и международный союз по теоретической и прикладной химии (IUPAC) финансируют исследования молодых ученых в области зеленой химии [6].

Активное развитие и разработка зелёных технологий является хорошей предпосылкой для построения «Зелёного» государства в будущем, но пока что экономия на зеленой химии для большинства производств не слишком очевидна и изменение технологических процессов сопряжено с очень большими рисками и потерями.

Выводы.

Подводя итоги, современные инновационные технологии дают производителям возможность совершить качественный технологический скачок в развитии отечественной промышленности и снизить негативное воздействие на экологию. Уже сейчас производители могут заменять растворные связующие на расплавные, использовать по возможности натуральные наполнители, автоматизированные и энергосберегающие технологии, сокращать количество стадий разработки различных веществ, заменять токсичные элементы.

Заключения.

Для устойчивого развития России нужны четко сформулированная государственная политика и поддержка зеленых технологий. Когда зелёное производство станет выгоднее обычного и затраты производителя при той же цене на его продукцию окажутся ниже, начнётся рост зелёных технологий. Бесконечный рост промышленности невозможен, миру нужны новые безвредные и безотходные технологии. То, что еще 20 лет назад казалось фантастикой – реакции в воде, сверхкритические условия – сейчас внедряется на крупных предприятиях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алферова Н.А. Зеленая химия и тенденция ее развития / Н. А. Алферова, А. М. Минакова, Ю. М. Аверина, В. В. Меньшиков // Успехи в химии и химической технологии. – 2017. – Т. 31. – № 15(196). – С. 84-85. – EDN ZWUMIH.
2. P.T.Anastas, J.C.Warner, Green Chemistry: Theory and Practice, Oxford University Press, New York, 1998, p.30
3. Доронкина, И. Г. Эволюция технологических подходов при решении проблемы твердых бытовых отходов / И. Г. Доронкина, О. Н. Борисова // Сервис в России и за рубежом. – 2015. – Т. 9. – № 4(60). – С. 102-111. – DOI 10.12737/16089. – EDN VDALEZ.
4. Nur, A. K. Green chemistry and its role in human life / A. K. Nur // Herald of the Pedagogical University. Natural Sciences. – 2019. – No 3-4(3-4). – P. 236-242. – EDN NZIATK.

5. Ресурсосберегающие и экологобезопасные процессы в химии и химической технологии [Электронный ресурс] : тезисы докладов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (г. Пермь, 6–8 декабря 2021 г.) / отв. за вып. А. М. Елохов ; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Электронные данные. – Пермь, 2021. – 5,5 Мб; 101 с. – Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/resursosberelayushchie-i-ekologobezopasnyeprocessy-v-himii.pdf>.
6. Тимофеева, Т. С. Зеленая химия: принципы и перспективы / Т. С. Тимофеева // Современные условия взаимодействия науки и техники : сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции: в 3 частях, Омск, 13 декабря 2017 года. – Омск: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2017. – С. 7-9. – EDN XIJVDX.
7. Шубов, Л. Я. Стратегия оптимизации комплексного управления твердыми бытовыми отходами в Российской Федерации / Л. Я. Шубов, О. Н. Борисова, И. Г. Доронкина // Экология промышленного производства. – 2017. – № 4(100). – С. 16-25. – EDN ZVRVBT.

## **СЕКЦИЯ 4. УТИЛИЗАЦИЯ И КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ПРОМЫШЛЕННЫХ И КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ**

*Аппоротова Ю. А., Борщев В. Я.*

Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Российская Федерация

### **ОТХОДЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Аннотация:* Проведен анализ ситуации с отходами промышленных предприятий в Тамбовской области. Рассмотрены основные виды промышленных отходов на различных предприятиях. Установлено некоторое снижение отходов на промышленных предприятиях области.

*Ключевые слова:* промышленные предприятия, отходы, экологические проблемы, хранение и захоронение отходов.

*Apporotova Yu. A., Borshchev V. Ya.*

Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation

### **WASTE FROM INDUSTRIAL ENTERPRISES OF THE TAMBOV REGION**

*Abstract.* The analysis of the situation with industrial waste in the Tambov region is carried out. The main types of industrial waste at various enterprises are considered. Some reduction of waste at industrial enterprises of the region has been established.

*Key words:* industrial enterprises, waste, environmental problems, waste storage and disposal.

Отходы производства и потребления являются одной из основных современных экологических проблем, создающих потенциальную опасность как для здоровья людей, так и для окружающей природной среды.

Известно, что отходами производства являются остатки сырья, материалов и продуктов, которые образуются в условиях производства, и которые частично или полностью утратили потребительские свойства [1, 2]. В процессе деятельности с промышленными отходами на предприятиях главной целью является предотвращение их вредного влияния как на персонал, так и на окружающую природную среду. Обращение с промышленными отходами предполагает, как правило, их сбор, использование, обезвреживание, транспортировку, хранение и захоронение. Выполнение этих операций с отходами необходимо производить с обеспечением максимальной безопасности как для здоровья населения, так и окружающей среды [3]. Все это свидетельствует о том, что деятельность промышленных предприятий в области обращения с отходами чрезвычайно важна и актуальна.

Основными загрязнителями атмосферного воздуха в регионе являются предприятия городов Тамбов, Мичуринск, Котовск, Моршанск, Жердевка,

Уварово, а также Тамбовского, Мичуринского, Моршанского, Кирсановского, Первомайского, Никифоровского и Знаменского районов области. В качестве основных загрязнителей можно выделить такие предприятия, как АО «Пигмент» (производство пигментов и лакокрасочных материалов); Завод-филиал «Тамбовский ВРЗ» АО "ВРМ» (плановый ремонт всех типов пассажирских вагонов и вагонов специального назначения, ремонт колесных пар); завод теплоизоляционных материалов АО «Изорок» (производство неметаллических минеральных продуктов); АО «Мичуринский завод «Прогресс»; сахарные заводы в районах области и другие предприятия [4].

Ежегодное количество отходов на территории Тамбовской области составляет несколько миллионов тонн. Так в соответствии с ежегодным докладом о состоянии окружающей среды на территории Тамбовской области [4, 5] в 2020 году всего на территории области было образовано 4001,8 тыс. тонн отходов. По сравнению с 2019 годом (5114,8 тыс. тонн) произошло сокращение объемов отходов. Снижение общих объемов отходов обусловлено, на наш взгляд, двумя факторами. Во-первых, ряд крупных аграрных предприятий не представили отчетные сведения по образованным отходам. Во-вторых, наблюдается сокращение объема отходов вследствие эффективной модернизации и реконструкции основного технологического оборудования, а также более широкого использования современных ресурсосберегающих технологий.

Несмотря на рост экономического потенциала Тамбовской области объем переработки отходов в 2020 году оказался достаточно высоким – 98,07% (2019 - 83,8%) (рис. 1).

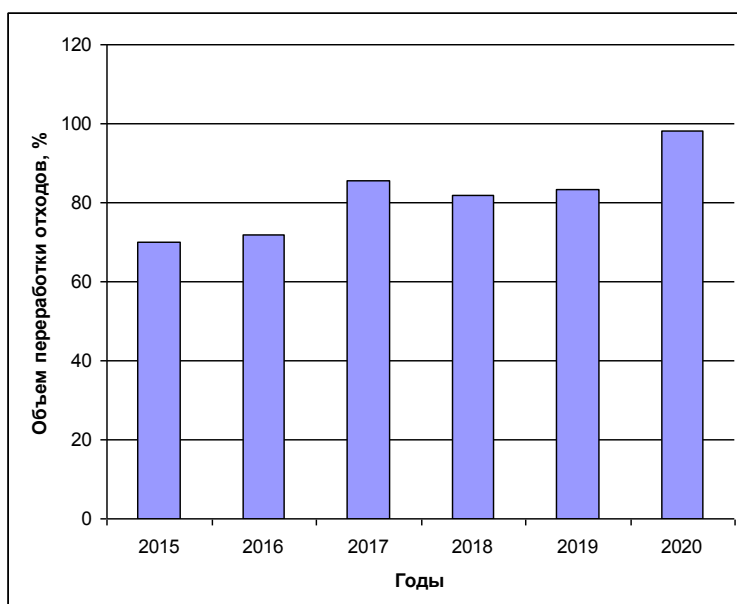


Рис. 1. Переработка отходов на промышленных предприятиях региона в период 2015 – 2020 гг.

Большинство отходов представляют собой отходы I – IV классов опасности и образуются преимущественно на промышленных предприятиях региона. Особое место среди них занимают многотоннажные отходы животноводческих, перерабатывающих предприятий и предприятий сахарной промышленности.

На всех предприятиях проводится большая работа по обращению с образовавшимися отходами. Так, если на начало 2020 года на предприятиях области скопилось 614486 тонн отходов, то к концу 2020 года их осталось 336 185 тонн, т.е. примерно с половиной всех отходов были произведены те или иные операции. В течение 2020 года из 4001,8 тыс. тонн образовавшихся отходов 273,8 тыс. тонн обработано, 2832,4 тыс. тонн утилизировано, в том числе 298,6 тыс. тонн направлено для повторного применения, 1089,5 тыс. тонн отходов обезврежено (см. рис. 2).

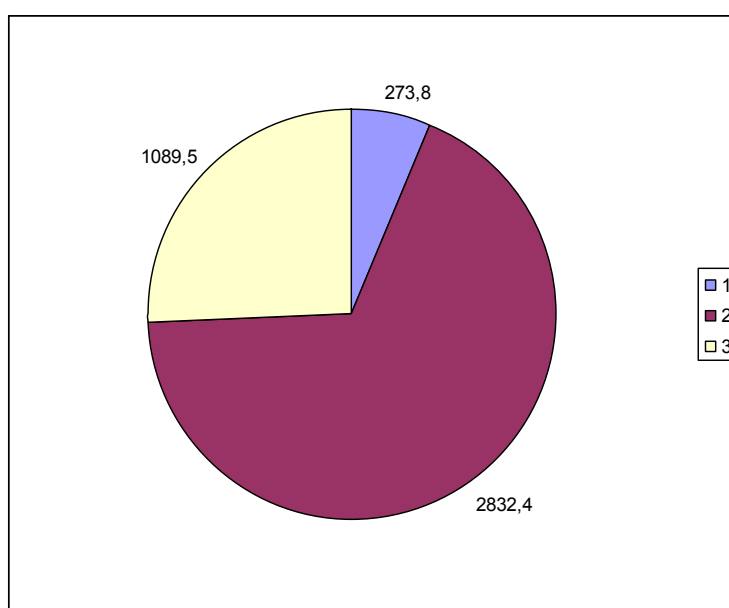


Рис. 2. Деятельность промышленных предприятий с производственными отходами (тыс. т): 1 – обработано; 2 – утилизировано; 3 – обезврежено

Представленные выше данные свидетельствуют об относительно высокой доле отходов, идущих на повторное применение (немногом более 27%).

В Тамбовской области ежегодно растет производство мяса скота и птицы на убой. Одновременно с увеличением объемов производства мяса увеличивается количество отходов, а также их негативное воздействие на окружающую среду. В 2020 году в Тамбовской области объем отходов животноводческой отрасли сельского хозяйства (навоз всех видов животных) был равен 300714 тонн; отходов птицеводства (помёт) – 179709 тонн; отходов производства сахара и спирта, состоящих из: жома свекловичного свежего – 1545869 тонн, жома свекловичного отжатого – 113646 тонн; барды мелассной – 106645 тонн, а также илового осадка – 6216 тонн (рис. 3).

Конечно, на фоне таких внушительных значений отходов животноводческой, птицеводческой, сахарной и спиртовой отраслей отходы промышленных предприятий Тамбовской области в количественном выражении значительно меньше [6].

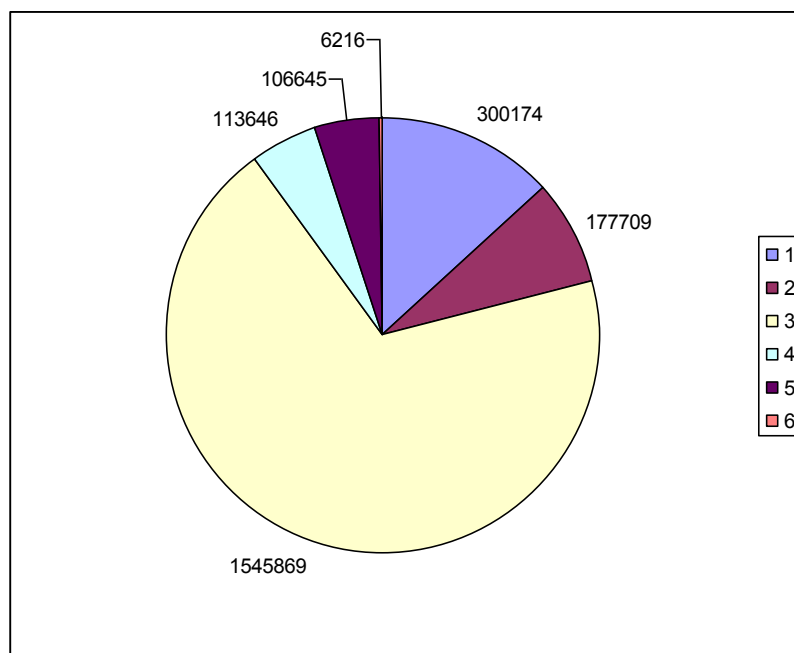


Рис. 3. Общее количество образовавшихся отходов животноводства (1), птицеводства (2), сахарного (3 и 4), спиртового (5 и 6) производств

Таким образом, промышленные предприятия Тамбовской области характеризуются наличием большого разнообразия и количества отходов. Следует отметить, что работа на предприятиях в сфере обращения отходов организована достаточно четко и характеризуется высокой эффективностью. Однако, незначительная часть отходов подвергается переработке и вторичному использованию на предприятиях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный Закон от 24.06.1998 № 89 "Об отходах производства и потребления"
2. Утилизация и переработка твердых бытовых отходов : учебное пособие / А. С. Клинков, П. С. Беляев, В. Г. Однолько, М. В. Соколов, П. В. Макеев, И. В. Шашков. Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. 188 с.
3. СанПиН 2.1.7.1322-03. Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления.
4. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Тамбовской области в 2020 году. – Тамбов, 2021.
5. [https://opr.tmbreg.ru/files/LibraryDocs/Report/env\\_stat](https://opr.tmbreg.ru/files/LibraryDocs/Report/env_stat).
6. Вигдорович В.И., Пудовкина А.Ю. Вопросы техногенной ситуации в городе Тамбове // Вопр. соврем. науки и практики. Ун-т им. В.И. Вернадского. – 2010. – № 4–6 (29). С. 39–47.



*Гнездилова А. А., Мерзликин И. Н., Николайкин Н. И.*

Московский государственный технический университет гражданской авиации,  
г. Москва, Российская Федерация

## **ЛИКВИДАЦИЯ РАЗЛИВОВ ТОПЛИВА НА АВИАЦИОННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ С ПОМОЩЬЮ ПРИРОДНЫХ СОРБЕНТОВ**

*Аннотация.* В данной работе изучается перспективная технология применения сорбента из диоксида кремния, полученного путем переработки таких сельскохозяйственных отходов, как рисовая шелуха, для ликвидации разливов нефтепродуктов на авиационных предприятиях, а также обосновывается важность и актуальность данной технологии для экологии.

*Ключевые слова:* топливо, сорбент, диоксид кремния, экология, авиационные предприятия.

*Gnezdilova A. A., Merzlikin I. N., Nikolaykin N. I.*

Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russian Federation

## **THE OIL SPILL RESPONSE AT AVIATION ENTERPRISES USING NATURAL SORBENTS**

*Abstract.* In this article a perspective technology for using a sorbent made of silicon dioxide, obtained by processing agricultural waste such as rice husk, for oil spill response at aviation enterprises is investigated, and, moreover, the importance and relevance of this technology for the environment is substantiated.

*Key words:* fuel, sorbent, silicon dioxide, ecology, aviation enterprises.

В настоящее время участились случаи разливов нефти и продуктов ее переработки ввиду стремительного развития нефтехимической промышленности. Аварии, связанные с утечками нефтепродуктов, требуют быстрого реагирования экстренных служб с целью предотвращения экологических катастроф. На сегодняшний день существует множество способов локализации и ликвидации разливов нефти. Один из наиболее распространенных – применение сорбентов – специальных нефтепоглощающих материалов [1].

По способу изготовления сорбентов различают: органические (природные), изготовленные на основе угля или торфа, и синтетические, состоящие из волокнистых материалов на основе пенополистирола и полипропилена [2]. Однако утилизация сорбентов такого происхождения может приводить к еще большему негативному воздействию на окружающую среду (ОС), т.к. при сжигании данных материалов начинают выделять высокотоксичные газы. Более того, применение существующих сорбентов не всегда соответствует главным задачам ликвидации экологических катастроф – эффективность, быстрота и минимальные экономические затраты. Таким,

образом, разработка сорбентов на основе сельскохозяйственных отходов является актуальной.

При производстве риса образуется большое количество растительных отходов – шелухи и соломы, утилизация которых является весьма проблематичной задачей. На данный момент существует три способа утилизации рисовой шелухи [3]:

1. Создание специальных отвалов. Такой метод утилизации негативно воздействует на ОС, т.к. шелуха, содержащая в составе диоксид кремния, не распадается в земле и приводит к окислению и деградации почвы. Более того, для подобных отвалов требуются большие территории земли.

2. Сжигание. В настоящее время данный метод является наиболее распространенным, и, к сожалению, крайне небезопасным. Помимо негативного воздействия на ОС, данный метод способен нанести серьезный ущерб здоровью человека. При сжигании соломы и шелухи выделяются мелкодисперсные частицы, которые, попадая в дыхательные пути, способны вызывать тяжелое заболевание – силикоз.

3. Вторичная переработка. Переработанная шелуха, содержащая в составе 92...97% диоксида кремния, может служить ценным сырьем в различных сферах промышленности. Так, например, использование диоксида кремния  $\text{SiO}_2$  96% может применяться в качестве природного сорбента с низкой себестоимостью для ликвидации разливов нефтепродуктов.

На территории авиапредприятий ежедневно проводится множество различных операций, связанных с нефтью и продуктами ее переработки. К ним относятся [4]:

1. Заправка воздушных судов (ВС), а также служебных транспортных средств топливом, авиационными горюче-смазочными материалами (ГСМ) и различными специальными жидкостями;

2. Хранение, транспортировка и контроль качества авиационными ГСМ и топлива;

3. Техническое обслуживание объектов и оборудования, используемое предприятием для заправки ВС топливом и авиационными ГСМ.

Больше всего утечек топлива на территории аэродрома происходит при выполнении операций по заправке ВС. Такие разливы приводят к невозможности использовать части перрона, залитых топливом (например, места стоянок ВС) из-за угрозы возникновения пожара. Это также вызывает затруднения в управлении воздушным движением на территории аэропорта. Таким образом, все эти факторы влекут за собой не только негативное воздействие на ОС, но и экономические потери для авиапредприятия, поэтому необходимо разрабатывать эффективные технологии для ликвидации разливов топлива.

Наиболее распространенными факторами, приводящими к аварийным разливам нефти и продуктов ее переработки, становятся [5]:

- неисправное оборудование, значения параметров которого выходят за пределы, установленные в технической документации;

- неправильные действия авиационного персонала и другие события, связанные с человеческим фактором;

- влияние внешних факторов природного или техногенного характера.

Операции по локализации разливов топлива и ликвидации негативных последствий предполагают использование эффективных технологий и средств по таким видам работ, как [4]:

- локализация разливов нефтепродуктов путем установки препятствующих дальнейшему распространению загрязнений ограждений;

- сбор нефтепродуктов механическим оборудованием;

- применение сорбентов для рассеивания нефтепродуктов;

- очистка и восстановление загрязненных территорий;

- временное размещение отходов.

Природный сорбент из диоксида кремния, полученного путем переработки рисовой шелухи, можно использовать с уже имеющимся на авиационных предприятиях оборудованием для уборки разливов топлива. Тем не менее наиболее эффективным средством для нанесения сорбента данного типа будет являться автономный распылитель сорбента РАС. Данное устройство предназначено для нанесения сорбентов на водную или твердую поверхность для сбора нефти и продуктов ее переработки. РАС состоит из алюминиевой емкости, выполненной в виде ранца для переноски оборудования на спине персонала; воздуходувки, работающей на бензине; и соединительного рукава. Дальность распыления сорбентов регулируется специальным дросселем, управляющим оборотами двигателя [6].

В результате нанесение сорбента из рисовой шелухи из распылителя данного типа имеет следующие преимущества [6]:

1. Улучшение производительности нанесения природного сорбента данного типа;

2. Экономичное использование сорбента из-за возможности наносить сорбент равномерно;

3. Возможность работы в труднодоступных местах.

Таким образом, применение сорбента из диоксида кремния, полученного из отходов зерновых культур с использованием указанных технологий при условии быстрого реагирования экстренных служб при аварийном разливе топлива на авиационном предприятии позволит снизить экологический ущерб не только от утечек различных нефтепродуктов, но и от сжигания большого количества сельскохозяйственных отходов, уменьшить себестоимость производства сорбентов, а также минимизировать время, необходимое для очистки и восстановления производственных территорий, что, в свою очередь, приводит к уменьшению экономических потерь аэропорта.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Луценко А.Н. О применении инновационных сорбентов и устройств для ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов // Технологии техносферной безопасности. – 2012. – Т. 3. – С. 1.
2. Чикина Н.С., Мухамедшин А.В. Снижение экологической нагрузки от разливов нефти и нефтепродуктов с помощью сорбента на основе пенополиуретана и отходов зерновых культур // Вестник Казанского технологического университета. – 2009. – №. 6. – С. 184-192.
3. Гребенкина А.В. Перспективные направления утилизации рисовой лузги // "Электронный сетевой политематический журнал" Научные труды КубГТУ". – 2017. – №. 7. – С. 177-184.
4. Кочергин Я.И. Минимизация экологического ущерба при разливе нефтепродуктов в аэропорту // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2015. – №. 218 (8). – С. 111-113.
5. Дегтярев В.В. Охрана окружающей среды. М.: Транспорт, 1989. – 207 с.
6. Арнс В.Ж., Гридин О.М. Эффективные сорбенты для ликвидации нефтяных разливов // Экология и промышленность России. – 1997. – №. 2. – С. 102-110.

*Диденко М. А., Муравьева Н. А.*

Калужский филиал Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана, г. Калуга, Российская Федерация

## УТИЛИЗАЦИЯ ЛОМА ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ

*Аннотация.* В работе раскрывается сущность процесса утилизации лома черных металлов. Описываются преимущества переработки металлолома, приводится баланс рынка лома черных металлов на 2021-2022 г., а также описываются основные стадии переработки металлолома.

*Ключевые слова:* Утилизация металлолома, преимущества переработки, вторичная переработка металлолома, методы переработки металлолома.

*Didenko M. A., Muravyova N. A.*

Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University, Kaluga, Russian Federation

## RECYCLING OF FERROUS SCRAP

*Abstract.* The article reveals the essence of the process of processing ferrous scrap. The advantages of scrap metal processing are described, the balance of the ferrous scrap market for 2021-2022 is given, the main stages of scrap metal processing are described.

*Key words:* Scrap metal recycling, advantages of recycling, scrap metal recycling, scrap metal recycling methods.

Металлургическая промышленность – это одна из важнейших отраслей экономики России. Часть ее строится на переплавке черных и цветных металлов, что позволяет сократить расходы на плавку металла из рудного сырья.

Черные металлы при грамотной очистке и переплавке приобретают свойства первичного сырья, поэтому успешно используются в промышленности. В результате получается качественный металлопрокат.

Самый большой спрос на заготовки из металлического вторсырья в производстве стальной тары и проволоки. Далее, по убыванию идут отрасли изготовления стальных металлоконструкций, строительство и машиностроение. Заготовки из лома используются предприятиями, изготавливающими металлопрокат, метизы, конечную продукцию из разных марок стали. По своим характеристикам сталь из вторсырья и руды практически идентична, поэтому ограничения на использование заготовок из лома минимальны.

Утилизация металлического лома позволяет рационально использовать не возобновляемые природные ресурсы, сокращая объемы добычи и необходимую для размещения отходов площадь. Переработка металлолома позволяет получить вторичное сырье, которое не уступает по свойствам первичному.

Переработка металлолома обладает следующими преимуществами:

- сохранение природной руды;
- экономия энергетических ресурсов;
- уменьшение загрязнения окружающей среды;

Заготовка лома черных металлов в России за 12 месяцев 2021 года составила 30,1 млн.т, что стало рекордом за последние 10 лет.

*Таблица 1*

Баланс рынка лома черных металлов в РФ на 2020-2021 г.

Баланс рынка лома черных металлов в РФ, тыс. т		
Показатель/период	12 месяцев	
	2020 г	2021 г
Потребление внутри России	22 833	26 613
Экспорт в Беларусь	1 121	1 093
Экспорт вне ЕЭС	3 816	3 218
Ломозаготовка в России	27 374	30 130
Декабрь		
Показатель/период	2020 г	2021 г
Потребление внутри России	2 133	2 180
Экспорт в Беларусь	100	54
Экспорт вне стран ЕЭС	400	382
Ломозаготовка в России	2 541	2 547

Выделяют три основных источника образования металлических отходов:

1. бытовой;
2. промышленный;
3. транспортный.

Транспортные металлические отходы отличаются от бытовых и промышленных значительным объемом. Отработавшие срок транспортные

средства обычно имеют отдельные от остальных отходов площадки для утилизации.

Металлические отходы промышленного происхождения образуются в большей мере при деятельности металлургических комбинатов. Как правило, такие отходы на этапе образования сортируются и отправляются на переработку или утилизацию силами производственного предприятия. Бытовой мусор, содержащий металл, сдается обычно в пункты приема металлолома.

Лом металлов последовательно включает в себя следующие стадии переработки:

Сортировка. Первая стадия обработки металлолома – это сортировка. На данном этапе происходит разделение металлических отходов по габаритам, химическому составу, а также происходит отделение мусора. Основное разделение лома металлов осуществляется на основании принадлежности металлов к черным или цветным. В нашем случае отбираются черные металлы. Разделение металлов происходит простыми методами: вручную, кранами, сепараторами, дозаторами.

Измельчение металла. Для сокращения объема площади занимаемой металлическими отходами поступающий металлолом разрезают, измельчают или дробят. Для этого используется 5 основных способов:

1. термическое измельчение;
2. взрывное дробление;
3. копровое дробление;
4. механическое разрезание;
5. дробление металлической стружки.

Такой метод используется для разделения крупных листовых изделий: автомобилей, судов, вагонов. Температура воздействия – более 1000 градусов.

Пакетирование металлолома и подготовка к плавлению. После сортировки и дробления металл размещают в специальную тару по видам. Для этого сырье прессуют. Следовательно, уменьшается объем занимаемого пространства. Применение данного метода позволяет рационально загружать транспорт для перевозки сырья на следующий этап – плавление.

Переплавка в печах. Используется 2 вида печей, в которые помещают металлические бруски:

1. электрические;
2. плазменные.

Основные отличия данных печей заключаются в производительности, а также в безопасности для работников и окружающей среды, стоимости. Одним из главных плюсов применения плазменных печей заключается в меньшей стоимости, но данная печь имеет худшие характеристики относительно электрических.

Переработка металлолома в печи происходит под воздействием расплавленного чугуна, который заливают на размещенные брикеты. Залитая масса обдувается кислородом, что провоцирует химические реакции, избавляющие расплав от ненужных примесей: серы, фосфора, например.

Достижение необходимых характеристик вторичного сырья происходит за счет добавок других элементов: кобальта, никеля, хрома, ванадия.

Схема переработки металлолома представлена на рисунке 1.

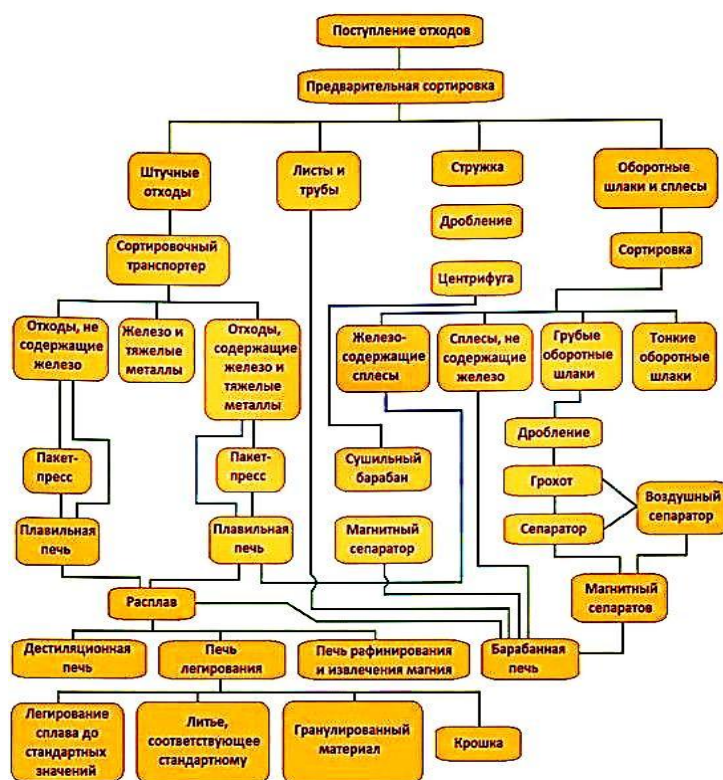


Рис. 1. Схема переработки металлолома

Основной проблемой при переработке считается большое количество отходов. При разделке черных металлов с помощью механических пил остается 10–15% отходов с каждой тонны сырья. Другие технологии резки предполагают установку немобильного оборудования на фундаменте, которое стоит дорого и потребляет много энергии.

Переработка металлолома – выгодное предприятие, так как в процессе переплавки получается качественное сырье. Его можно использовать в автомобильной, судостроительной, машиностроительной сфере. Утилизация черного – важный аспект в сохранении окружающей среды.

## СПИСОК ЛИТЕРАУРЫ

1. Гоник И. Л. Оксидоуглеродный брикет – современный способ переработки железосодержащих металлургических отходов / И. Л. Гоник, Н.А. Зюбан, Н.А. Новицкий // *Фундаментальные основы технологий переработки и утилизации техногенных отходов «ТЕХНОГЕН – 2012»* : тр. Междунар. конгресса, посвящ. 80-летию науки Урала. – Екатеринбург, 2012. – С. 259-261. – Библиогр.: 5 назв.
2. Сергеев С.В. Совершенствование процесса измельчения отходов металлов и пластмасс при их переработке : моногр. / С.В. Сергеев, Е.Н. Гордеев ; Юж.-Урал. гос. ун-т. – Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2010. – 110 с. : ил. – Библиогр.: 40 назв. Шифр РНБ: 2011-3/32384

3. А.М. Паньшин, С.И. Евдокимов, А.Б. Солоденко, А.Б. Дзайнуков. Утилизация отходов горно-металлургических предприятий / – Владикавказ : Мавр, 2009. – 195 с. : ил., карт. – Библиогр. в конце гл. Шифр РНБ: 2009-3/14977

*Дружаккина О. П.*

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, Российская Федерация

## **ВНЕДРЕНИЕ РАЗДЕЛЬНОГО СБОРА ОТХОДОВ В ВУЗЕ**

*Аннотация.* Показан опыт организации системы раздельного сбора отходов по двух контейнерному принципу в корпусах ВУЗа. Контейнеры соответствуют противопожарным требованиям, места их размещения – требованиям эвакуации при ЧС. Площадки оснащены информационными стендами. Показаны результаты мониторинга баков на первом этапе реализации проекта раздельного сбора отходов в ВУЗе.

*Ключевые слова:* раздельный сбор отходов, коммунальные отходы, вторичное сырье, переработка отходов.

*Druzhakina O. P.*

Udmurt State University, Izhevsk, Russian Federation

## **INTRODUCTION OF SEPARATE WASTE COLLECTION AT THE UNIVERSITY**

*Abstract.* The author pointed out the experience of organizing separate waste collection in two tanks in the buildings of the university. The containers comply with fire protection requirements and their locations comply with emergency evacuation requirements. The platforms are equipped with information stands. The results of monitoring tanks at the first stage of the implementation of the project of separate waste collection at the university are shown.

*Key words:* separate waste collection, municipal waste, secondary raw materials, waste recycling.

Сегодня ВУЗы становятся активными участниками в реализации приоритетных направлений развития нашего общества, не исключение и реформа системы обращения с твердыми коммунальными отходами (ТКО) и внедрение раздельного сбора отходов (РСО). [4, 5, 6]

С апреля 2020 года ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет» реализует проект раздельного сбора ТКО в двух корпусах студенческого городка. Новизна проекта заключается в уникальном для Удмуртии опыте создания комплексной системы раздельного сбора отходов непосредственно на местах образования – в учебном заведении.

Актуальность проекта: В 2020 году в Удмуртии числилось 952 контейнера для раздельного сбора отходов на придомовых площадках накопления ТКО: Ижевск – 817, Глазов – 100, Вавож – 20, Завьяловский район – 15. В рейтинге регионов, которые внедряют раздельный сбор отходов, по данным Российского экологического оператора Удмуртия заняла 8-е место. В исследовании оценивался охват населения, по оценкам экспертов это 56 %.



Данные на ноябрь 2021 г. в Удмуртии говорят о более 1100 специальных баков. К раздельному сбору присоединилось несколько городов – Сарапул, Воткинск, Можга. Однако, качество сортируемых в специализированные контейнеры отходов низкое, доля ошибок превышает 50%. [1, 7]

Актуальна задача обучения населения правилам РСО. Для реализации проекта был выбран ВУЗ, поскольку перечень образующихся отходов уже, чем у обычных ТКО. В составе доминирует ПЭТ-бутылка, упаковки тэтрапака, алюминиевые банки из-под соков и напитков, одноразовая посуда от кафетериев, бумага и пакеты. Работа с молодежью по формированию навыков РСО имеет особое значение – формирование экологически ответственного поколения. Основываясь на этих факторах, ФГБОУ ВО «УдГУ» и ООО «САХ» - Региональный оператор по обращению с ТКО в Удмуртской Республике реализовали проект РСО в ВУЗе. В соответствии с Территориальной схемой по обращению с отходами в Удмуртии [4, 6] принята двух контейнерная система сбора отходов: вторичное сырье и не перерабатываемые фракции. Поэтому в описываемом проекте РСО было принято решение организовать сбор отходов в два бака.

Описание проекта: оснащено 9 площадок РСО, на которых размещены 10 специализированных двух секционных контейнеров для сбора отходов (рисунок 1). Места дислокации контейнеров РСО определялись в соответствии с требованиями: не создавать преград при эвакуации студентов и сотрудников при ЧС, не заужать проходы и коридоры, располагаться в доступных местах и вблизи потенциальных источников образования ТКО (столовая, кафетерии).

Накапливаемые в баках отходы выносятся на уличную площадку накопления ТКО, которая организована в соответствии с нормативными требованиями. Площадка оснащена как баками для сбора смешанных отходов, так и двумя баками для РСО. [2, 3]

Для реализации движения собранных отходов проведена разъяснительная работа с сотрудниками клининговой компании, обслуживающей ВУЗ, о правилах и направлении потоков, собранных ТКО.



Рис. 1. Техничко-информационное оснащение площадок РСО в ВУЗе

На стендах присутствует специально разработанный QR-код (рисунок 1) – графическая схема для быстрого перехода на интернет-страницу проекта <https://регоператорудмуртии.рф/zelenii-vuz>, которая содержит более подробную информацию о правилах раздельного сбора отходов в УдГУ, наглядную тексто-графическую инструкцию, мотивирующую информацию о пользе сортировки, о путях движения отходов в зависимости от того в какую из секций они попадают – на полигон или на перерабатывающее предприятие.

В ходе реализации проекта осуществлялся мониторинг отходов в баках РСО с целью выявления самых частых ошибок при размещении в них отходов по видам. Сбор данных о правильности сортировки проводился согласно следующим пунктам:

1. Сбор содержимого с 10 зеленых отсеков контейнеров РСО;
2. Сортировка на правильные и ошибочные компоненты;
3. Взвешивание и фото фиксация результатов;
4. Запись полученных данных в журнал;
5. Вынос отходов в уличные контейнеры.

Результаты проекта: Оборудовано 9 площадок для РСО в двух корпусах ВУЗа с соблюдением правил эвакуации и противопожарной безопасности. Разработаны инструменты информационно-разъяснительного сопровождения проекта для формирования навыков РСО у студентов и сотрудников Университета. Проведен мониторинг отходов в баках РСО. Как видно по рисункам 2 и 3 совершалось достаточно много ошибок: максимальное значение достигало почти 30%. В основном ошибки были представлены следующими позициями: одноразовые стаканчики, органические отходы, одноразовая

посуда, не подлежащая переработке упаковочная тара, трубочки от напитков, макулатура, батарейки.

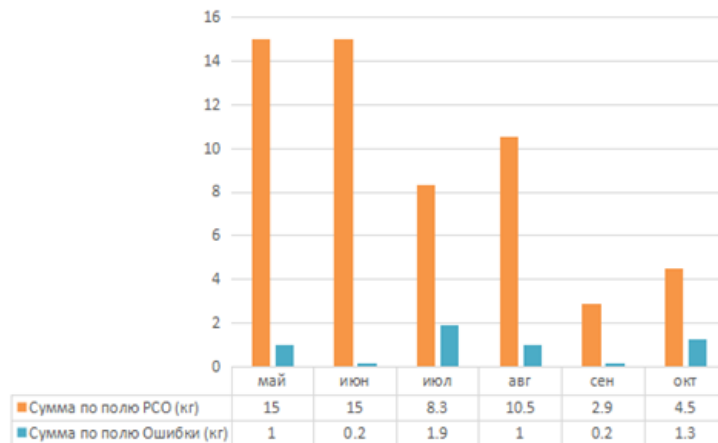


Рис. 2. Данные мониторинга состава контейнеров PCO, бак для вторичного сыря

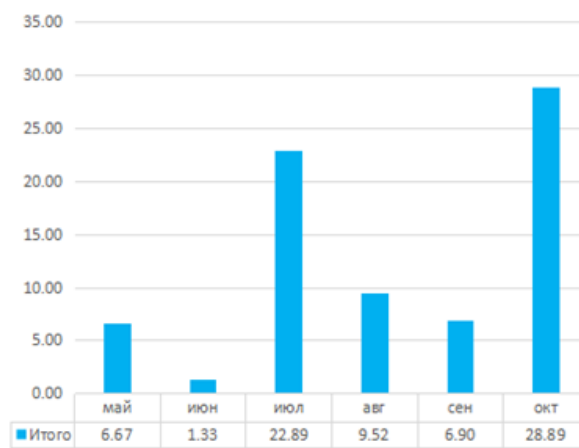


Рис. 3. Доля ошибок при размещении отходов в бак PCO

На рисунке 4 представлены примеры совершаемых ошибок, фиксируемых при фотоотчете мониторинга по проекту.



Рис. 4. Наиболее частые ошибки при мониторинге состава контейнеров РСО

По такому количеству ошибок можно говорить о низкой экологической грамотности и знаниях правил РСО у студентов и сотрудников университета к системе раздельного сбора отходов, т.к. эта система внедряется лишь с 2019 года. Для лучшего будущего необходимо продвижение данной системы. Она позволит сохранить природные ресурсы, снизить антропогенную нагрузку на территории Республики, продлит срок работы существующих полигонов, а также будет способствовать развитию сырьевой базы вторичного сырья для предприятий по переработке отходов в регионе. Поэтому актуальна просветительская работа.

Дуальная система сбора отходов является наиболее оптимальным вариантом внедрения по нескольким причинам: такой метод сбора удобен для студентов и сотрудников университета, т.к. нет необходимости сортировать на множество фракций и обладать глубокими знаниями о правилах сортировки. Для университета дуальная система – простой и экономичный способ подключиться к раздельному сбору и начать формировать культуру ответственного потребления у студентов и сотрудников.

Для качества реализации проекта требуется систематическая информационно-разъяснительная работа со студентами и сотрудниками в интерактивных и доступных форматах. Такая задача может быть реализована студенческим волонтерским экодвижением.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуальные вопросы обращения с твердыми коммунальными отходами [Электронный ресурс] // Режим доступа: C:/Users/Admin/Downloads/aktulnye\_voprosy\_obrashcheniya\_s\_tko.pdf - Дата обращения 29.03.2022.
2. Дружакина, О.П. Культура раздельного сбора отходов: опыт Удмуртского государственного университета [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://elibrary.udsu.ru/xmlui/handle/123456789/20432>. - Дата обращения 29.03.2022.

3. Нужна культура РСО / О. П. Дружакина // Удмуртский университет. - 2020. - 26 февр. 2020г., № 2. - С. 11.
4. Проект территориальной схемы обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами, в Удмуртской Республике. (в редакции от 23.10.2019) [Электронный ресурс] // <http://www.minpriroda-udm.ru/deyatelnost/2018-04-24-09-39-08.html> – Дата обращения 29.03.2022.
5. Реформа обращения с твердыми коммунальными отходами. Справочное пособие. – Ижевск: Общественная организация потребителей услуг ЖКХ «Объединение советов домов Удмуртской Республики», 2019 – 36 с.
6. Территориальная схема Удмуртской Республики [Электронный ресурс] // Режим доступа: - <http://minpriroda-udm.ru/novosti-ministerstva/936-v-udmurtii-predstavili-obnovlennuyu-territorialnuyu-skhemu-po-obrashcheniyu-s-tverdymi-kommunalnymi-otkhodami.html> – Дата обращения 29.03.2022.
7. 438 200 тонн отходов в год. Что с ними делать? / Д. Удалов, А. Корюгин, Р. Сатаев [и др.]; подгот. текста Ю. Ардашевой // Республика. - 2021. - № 3. - С. 36-39.

*Ефимова Н. Б.*

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград,  
Российская Федерация

## **ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА НА ПЕРЕВОД ОТХОДА В ПРОДУКТ**

*Аннотация.* В статье рассмотрен технологический регламент на технологию получения инертного грунта, образующегося в результате проведения землеройных работ в гражданском строительстве, в том числе при возведении жилых домов, административных зданий, объектов образовательного назначения и других объектов, при строительстве которых осуществляется выемка грунта на примере организации ООО «СтройТехИнвест» г. Волгограда.

*Ключевые слова:* технологический регламент, инертный грунт, ООО «СтройТехИнвест».

*Efimova N. B.*

Volgograd state agrarian University, Volgograd, Russian Federation

## **THE MAIN PROVISIONS OF THE TECHNOLOGICAL REGULATIONS FOR THE TRANSFER OF WASTE INTO THE PRODUCT**

*Abstract.* The article considers the technological regulations for the technology of obtaining inert soil formed as a result of earthmoving in civil construction, including the construction of residential buildings, administrative buildings, educational facilities and other facilities, during the construction of which excavation is carried out on the example of the organization of organization «Stroytechinvest» in Volgograd.

*Key words:* technological regulations, inert soil, organization «Stroytechinvest».

Рассматриваемый технологический регламент разработан на технологию получения инертного грунта (далее – продукта), образующегося в результате проведения землеройных работ в гражданском строительстве, в том числе при

возведении жилых домов, административных зданий, объектов образовательного назначения и других объектов, при строительстве которых осуществляется выемка грунта. Основным видом деятельности ООО «СтройТехИнвест» является строительство жилых и нежилых помещений.

Полученный инертный грунт должен соответствовать по своему составу отходам V класса опасности «Грунт, образовавшийся при проведении землеройных работ, не загрязненный опасными веществами» (ФККО 81110001495) по ФККО (приказ Росприроднадзора от 22.05.2017 г. №242). В этом случае инертный грунт может использоваться как продукт для применения:

- при обратной засыпке траншей и котлованов;
- при устройстве насыпей земляного полотна дорог;
- при выполнении промежуточной и окончательной изоляции твердых коммунальных и промышленных отходов на полигонах;
- при рекультивации полигонов твердых коммунальных и промышленных отходов;
- при засыпке карьеров и других искусственно созданных полостей;
- при обратной засыпке гидротехнических сооружений;
- при засыпке нижних и средних слоев земляных выработок;
- в дорожном строительстве;
- при выполнении других видов работ, где применяются традиционные грунты.

Для применения продукта в иных целях, не указанных в данном регламенте, необходимо провести дополнительные исследования и разработать соответствующую методику применения инертного грунта.

Технологический регламент применяется для всех строительных площадок предприятия ООО «СтройТехИнвест» при условии лабораторного подтверждения соответствия получаемого инертного грунта требованиям СанПин 1.2.3685-21 [2] по химическим, радиологическим, санитарно-гигиеническим показателям.

Инертный грунт образуется в результате проведения землеройных работ в гражданском строительстве, в том числе при возведении жилых домов, административных зданий, объектов образовательного назначения и других объектов, при строительстве которых осуществляется выемка грунта. Полученный инертный грунт временно накапливается на строительных площадках ООО «СтройТехИнвест».

Земляные работы ведутся при помощи экскаватора ЭО-3323А с ковшем обратная лопата, бульдозера Д-110А, с погрузкой в автосамосвалы и вывоза до места складирования выработанного грунта. Для вывоза грунта используются самосвалы КАМАЗ 65115 грузоподъемностью 14 т.

Выемка грунта производится последовательно, по захваткам, согласно Технологической карте на выемку грунта под котлован и устройство насыпного основания на строительных объектах ООО «СтройТехИнвест». Производство

земляных работ соответствует положениям СП 45.13330.2017 «Земляные сооружения, основания и фундаменты». Основное применяемое оборудование:

- экскаватор обратная лопата ЭО-3323А;
- автосамосвал КАМАЗ 65115;
- бульдозер Д-110 А.

Земляные работы, включающие разработку, засыпку рекомендуется осуществлять при помощи: экскаватор обратная лопата ЭО-3323А и бульдозера Д-110 А. В состав инертного грунта, получаемого в результате проведения землеройных работ, не входит плодородный слой почвы. Плодородный слой почвы подлежит снятию с застраиваемых площадей, для чего срезается, перемещается и складывается вдоль ограждения объекта на специально отведенном участке шириной 5-8 м. Плодородный слой грунта не смешивается с нижележащим грунтом, и на нем не допускается размещение отходов производства и потребления. При проведении землеройных работ обеспечивается выполнение технологических подготовительных и производственных операций, с учетом задействованного оборудования и при соблюдении условий безопасности.

Технология проведения землеройных работ идентична на всех строительных площадках предприятия ООО «СтройТехИнвест».

Инертный грунт представляет собой техногенно перемещенные природные грунты - твердый инертный материал, не содержащий негабаритных включений (валунов, камней и т. д.), образуется во время проведения земляных работ в гражданском строительстве, в том числе при возведении жилых домов, административных зданий, объектов образовательного назначения и других объектов, при строительстве которых осуществляется выемка грунта из траншей, котлованов и т.д.

Для подтверждения безопасности компонентного состава полученного инертного грунта в целях его дальнейшего использования в качестве продукта проводятся лабораторные исследования химических, радиологических, санитарно-гигиенических показателей, которые должны быть выполнены аккредитованной испытательной лабораторией (таблицы 1-3). Затем, с целью подтверждения соответствия получаемого инертного грунта требованиям безопасности проводится сравнительный анализ с нормативными значениями, установленными СанПиН 1.2.3685-21.

Результаты лабораторных исследований инертного грунта применительно к каждой конкретной строительной площадке являются приложением к Технологическому регламенту.

Таблица 1

## Химические показатели инертного грунта

№ п/п	Перечень показателей	Единицы измерения	Норматив ПДК*	Норматив ОДК*
1	Свинец	мг/кг	6,0	130,0
2	Кадмий	мг/кг	---	2,0
3	Медь	мг/кг	3,0	132,0
4	Никель	мг/кг	4,0	80,0
5	Цинк	мг/кг	23,0	220,0
6	Мышьяк	мг/кг	---	10,0
7	Ртуть	мг/кг	2,1	---
8	рН	ед.	---	---
9	Бенз(а)пирен	мг/кг	0,02	---
10	Нефтепродукты	мг/кг	---	---
11	Санитарное число		---	---

\*СанПин 1.2.3685-21

Таблица 2

## Радиологического показатели инертного грунта

№ п/п	Наименование показателя	Единицы измерения	Норматив
1	Торий-232	Бк/кг	---
2	Радий-226	Бк/кг	---
3	Калий-40	Бк/кг	---
4	Цезий-137	Бк/кг	---

Таблица 3

## Санитарно-гигиенические показатели инертного грунта

№ п/п	Наименование показателя	Единицы измерения	Норматив*
1	Индекс БГКП	КОЕ/г	Не выше 10
2	Индекс энтерококков	КОЕ/г	Не выше 10
3	Шигеллы, сальмонеллы	КОЕ/г	Не допускается
4	Жизнеспособные яйца гельминтов	шт.	Наличие не допускается
5	Жизнеспособные цисты кишечных простейших	шт.	Наличие не допускается
6	Жизнеспособные личинки гельминтов	шт.	Наличие не допускается

\*СанПин 1.2.3685-21

Инертный грунт должен соответствовать требованиям СанПин 1.2.3685-21 по химическим, радиологическим, санитарно-гигиеническим показателям, что подтверждается заключением аккредитованной лаборатории.



Подтверждение соответствия продукта всем санитарно-гигиеническим требованиям дает возможность осуществлять коммерческую деятельность в отношении этого продукта.

В случае обнаружения при разработке грунта негабаритных включений, проводятся мероприятия по их разрушению или удалению за пределы площадки. Негабаритными считаются валуны, камни, куски разрыхленного мерзлого и скального грунта, наибольший размер которых превышает:

- 2/3 ширины ковша - для экскаваторов, оборудованных обратной лопатой или оборудованиием прямого копания;
- 1/2 ширины ковша - для экскаваторов, оборудованных драглайном;
- 2/3 наибольшей конструктивной глубины копания - для скреперов;
- 1/2 высоты отвала - для бульдозеров и грейдеров;
- 1/2 ширины кузова и по весу половину паспортной грузоподъемности - для транспортных средств;
- 3/4 меньшей стороны приемного отверстия - для дробилки;
- 30 см - при разработке вручную с удалением подъемными кранами.

Технологический регламент применяется для всех строительных площадок предприятия ООО «СтройТехИнвест» при условии лабораторного подтверждения соответствия получаемого инертного грунта требованиям СанПин 1.2.3685-21 по химическим, радиологическим, санитарно-гигиеническим показателям.

Контроль качества работ по разработке грунта заключается в систематическом наблюдении и проверке соответствия выполняемых работ проектной документации, требованиям нормативных документов, инструкций и руководств по специальным видам работ. Контроль качества показателей инертного грунта осуществляется в соответствии со следующими нормативными документами (НД) (таблицы 4-6):

Таблица 4

НД на определение химических показателей инертного грунта

№ п/п	Наименование показателя	НД на метод испытаний
1	Свинец	РД 52.18.191-2018
2	Кадмий	
3	Медь	
4	Никель	
5	Цинк	
6	Мышьяк	ПНД Ф 16.1:2.2:3.17-98
7	Ртуть	ГОСТ Р 51768
8	pH	ГОСТ 26423
9	Бенз(а)пирен	ПНД Ф 16.1:2.2:2.2:2.3:3.39-2003
10	Нефтепродукты	ПНД Ф 16.1:2.2:2.2:2.3:3.64-10
11	Санитарное число	Справочник по санитарно-гигиеническим исследованиям

Таблица 5

## НД на проведение радиологических исследований инертного грунта

№ п/п	Наименование показателя	НД на метод испытаний
1	Торий-232	МВИ №400903Н700 от 22.12.2003 г.
2	Радий-226	
3	Калий-40	
4	Цезий-137	

Таблица 6

## НД на определение санитарно-гигиенических показателей инертного грунта

№ п/п	Наименование показателя	НД на метод испытаний
1	Индекс БГКП	МР 4.2.0220-20
2	Индекс энтерококков	
3	Шигеллы, сальмонеллы	
4	Жизнеспособные яйца, личинки гельминтов, цисты кишечных патогенных простейших	МУК 4.2.2661-10

Допускается применять другие методы исследований, утвержденные в установленном порядке. Проверка химических, радиологических, санитарно-гигиенических характеристик инертного грунта проводится по необходимости.

Отбор и подготовка проб продукта к исследованиям осуществляются с привлечением аккредитованной лаборатории в установленном порядке.

Инертный грунт следует считать прошедшим контроль при отсутствии каких-либо отклонений от допустимых норм, установленных данным технологическим регламентом.

Взвешивание инертного грунта, отгружаемого в автомобили, производят на автомобильных весах. Поставку и приемку инертного грунта производят партиями. Партией считается любое количество инертного грунта, однородного по своим качественным показателям, предназначенного к одновременной сдаче-приемке и оформленное технологическим документом, удостоверяющим безопасность и качество.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГОСТ 25100-2020. Межгосударственный стандарт. Грунты. Классификация. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200174302>.
- СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», утвержденные постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 г. № 2. - Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>.
- СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-

противоэпидемических (профилактических) мероприятий», утвержденные постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 г. № 3. - Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573536177>.

4. Федеральный закон от 24.06.1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления». - Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901711591>.

*Ишбулатова А. И., Кусова И. В.*

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа, Российская Федерация.

## **РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО УТИЛИЗАЦИИ ПОДСОЛНЕЧНОЙ ЛУЗГИ МАСЛОЭКСТРАКЦИОННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

*Аннотация.* В работе проведена оценка воздействия маслоэкстракционного производства на окружающую среду. Установлено, что наибольшему воздействию подвержена педосфера. Разработаны мероприятия по утилизации подсолнечной лузги маслоэкстракционного производства.

*Ключевые слова:* Маслоэкстракционный завод, подсолнечная лузга, утилизация, мероприятия.

*Ishbulatova A. I., Kusova I. V.*

Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation

## **DEVELOPMENT OF MEASURES FOR THE UTILIZATION OF SUNFLOWER HUSKS OF OIL EXTRACTION PRODUCTION**

*Abstract.* The paper assesses the impact of oil extraction production on the environment. It has been established that the pedosphere is most affected. Measures have been developed for the utilization of sunflower husks of oil extraction production.

*Key words:* Oil extraction plant, sunflower husk, recycling, events.

Производство растительного масла - быстро развивающаяся отрасль пищевой промышленности. В Российской Федерации 62 крупных и средних предприятий обрабатывают масличные культуры, а также около 1312 небольших масличных заводов, которые ежегодно производят более 9 миллионов тонн подсолнечного масла. Процентное содержание лузги семян современных сортов подсолнечника колеблется в пределах 24 - 32% по массе, таким образом, при производстве подсолнечного масла в РФ ежегодно образуется от 2 до 3 млн. тонн отходов в виде лузги. Масложировые предприятия несут расходы по хранению, охране окружающей среды, утилизации и захоронению отходов на полигонах. Предприятия также осуществляют предусмотренные законом установленные отчисления за наличие отходов производства, поскольку у них нет возможностей для их переработки. Отсутствие технологий переработки и управления отходами при

переработке сельскохозяйственного сырья неизбежно приводит к негативным последствиям для окружающей среды [1].

На основании вышеизложенного, рассмотрение данной темы является актуальным.

В связи с этим, целью данной работы является разработка технологии утилизации подсолнечной лузги масложирового производства.

Основной масличной культурой в нашей стране является подсолнечник [2]. При переработке семян и зерен, богатых растительными жирами, получают масла и побочные продукты – жмыхи, шроты, фосфатидные концентраты, шелуху и лузгу. Лузга, которую отделяют от семян подсолнечника при подготовке к экстракции масла, представляет собой древесную растительную ткань с однородной физической структурой, постоянным химическим составом и физико-механическими свойствами. Технологический выход лузги подсолнечника всегда ниже содержания оболочки в семени и зависит от технологической схемы получения масла, а также от сорта [3]. Частицы лузги имеют длину 3 – 9 мм, ширину 1,6 – 2,8 мм. Объемная масса лузги 91– 152 кг/м<sup>3</sup> при гигроскопической влажности около 17%. Малая объемная масса обуславливает ее низкую транспортабельность.

В настоящее время существует несколько областей применения лузги:

- использование лузги в строительстве: существуют запатентованные технологии для изготовления декоративных теплоизоляционных и звукоизоляционных панелей;
- использование лузги в качестве удобрения и средства для улучшения почвы;
- использование лузги для получения биотоплива [4].

Биотопливо используется для производства электроэнергии, тепла или пара, как альтернативное топливо в котельных. Теплотворная способность 1 тонны сухого вещества подсолнечной лузги эквивалентна 19,2 МДж. По этому показателю лузга превосходит дрова – 16,7-17,8 МДж/кг и бурый уголь – 13,2 МДж/кг, а коэффициент перевода лузги в условное топливо достигает 0,81 единиц [5].

Лузга подсолнечника используется в качестве сырья в гидролизной промышленности. Из продуктов переработки лузги вырабатывают этиловый спирт и кормовые дрожжи. Из 1 тонны лузги получают 33 л этилового спирта или 100 - 150 кг кормовых дрожжей, или 100 кг заменителя глицерина [6].

Традиционное использование лузги в качестве кормовой добавки в животноводстве и птицеводстве. Подсолнечная лузга богата пентозинами и используется в измельченном виде в качестве добавки к грубому корму. В сыпучем виде используется как подстилка для сохранения тепла.

Несмотря на достаточно широкую область применения подсолнечной лузги от маслоэкстракционного предприятия, проблема утилизации является актуальной на сегодняшний день. Отходы характеризуются высокой воспламеняемостью, что доставляют дополнительные трудности, малым весом, но большим объемом.

Однако одним из основных направлений утилизации лузги подсолнечника является производство твердого биотоплива, которое всё активнее завоевывает профильный рынок, благодаря своим многочисленным преимуществам:

- высокая теплотворная способность;
- экологичность;
- простота транспортировки и хранения;
- низкий выброс углекислого газа;
- простота использования.

Разработаем технологическую схему утилизации лузги от маслоэкстракционного производства для получения твердого биотоплива. На первом этапе подсолнечная лузга с помощью шнека, поступает в молотковую дробилку, где измельчается до мелкой фракции. Следующим этапом является улавливание пыли в циклон с использованием конического коалесцера для частиц размером  $>1\text{мм}$ . Последним этапом является прессование неоднородной смеси и последующее охлаждение в колонне.

На рисунке 1 представлена принципиальная технологическая схема утилизации главного отхода производства лузги.

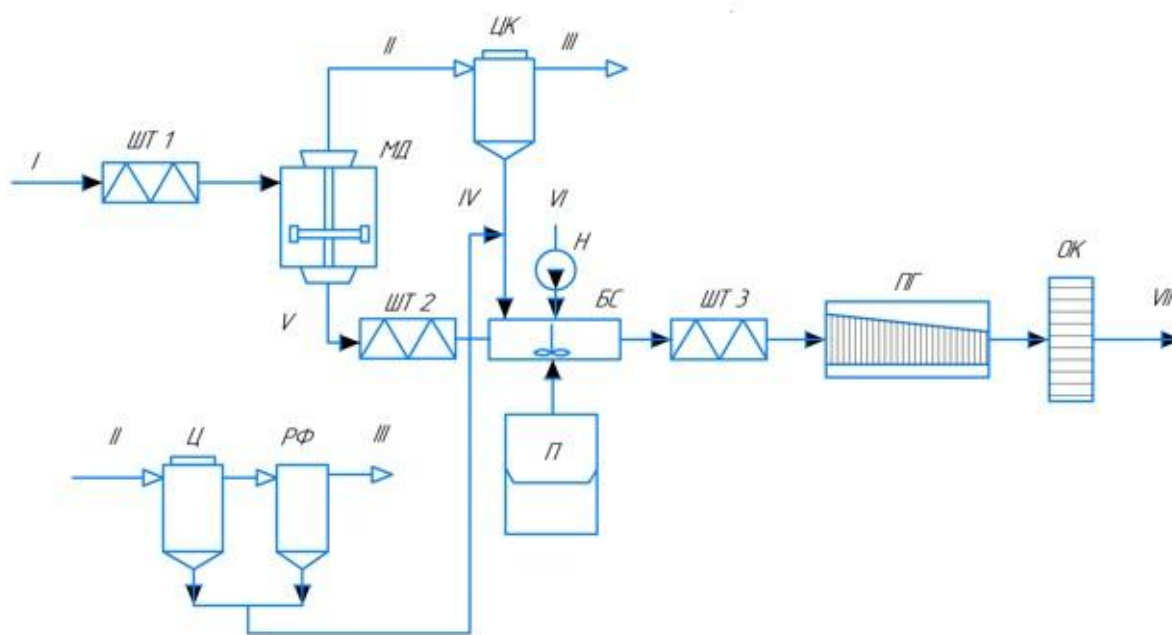


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема утилизации лузги.

Потоки: I – лузга подсолнечная; II – запыленный воздух; III – очищенный воздух; IV – уловленная пыль; V – дробленая лузга; VI – вода; VII – пеллет

От производства подсолнечного масла отходы в виде лузги собираются и транспортируются с помощью шнека (ШТ1) в молотковую дробилку (МД) марки ДМВ – 480, производительностью 6,17 т/ч, где измельчаются до фракции 2,5-7,5 мм, оптимальной для процесса формирования брикетов. Измельченная

лузга поступает с помощью шнекового транспортера (ШТ2) в бункер смеситель (БС). Запыленный воздух из молотковой дробилки (МД) поступает в циклон конусом-коагулятора (ЦК), при этом частицы пыли поступают в бункер смеситель (БС), а очищенный воздух выводится наружу. Уловленная пыль от производства подсолнечного масла поступает в циклон с эффективностью очистки 91,1%, что недостаточно для очистки воздуха, и дополнительно применяют рукавный фильтр с эффективностью 99%. Чистый воздух выводится наружу, а уловленная пыль подается в поток от циклона конуса-коагулятора (ЦК). В приемный бункер смеситель (БС) поступает измельченная лузга, пыль и пар, при недостаточной влажности лузги (менее 13%) из насоса подается вода в количестве, необходимом для увлажнения лузги до 16-19%. В бункере смесителя (БС) все перемешивается и ворошится, с помощью шнекового транспортера (ШТ3) равномерно подается в пресс-гранулятор серии ОГМ-1,5М-75, производительностью от 500 кг/ч и мощностью 67 квт. В основе процесса грануляции лежит метод экструзии — продавливания сырья с помощью прессовочного вала и катков через отверстия в кольцевой матрице. Попадая под катки, сырье прессуется под воздействием высокой температуры (250-300<sup>0</sup>С). При выходе из пресс-гранулятора температура готовых гранул достигает 125 и более градусов. Горячие гранулы обладают низкой прочностью и легко деформируются, поэтому после стадии гранулирования сразу загружаются в охлаждающую колонку. Гранулы охлаждаются до температуры окружающей среды и теряют несколько процентов влаги. Они затвердевают и становятся устойчивыми к механическим повреждениям.

Производство подсолнечного масла может быть практически безотходным. Ведь современные сорта подсолнечника позволяют получить около 72% растительного масла и около 30% возвратных отходов, которые используются для других целей. Основным способом снижения отходов при производстве масла является использование их в качестве вторичного сырья, совершенствование технологии производства, а также создание малоотходных комбинированных производств лузги и других продуктов на основе комплексного использования сырья.

Таким образом, по мере увеличения полноты протекания процесса повышается эффективность производства и уменьшается количество отходов. Поэтому создание малоотходных технологий позволяет решать проблему охраны природы не только технически, но и экономически целесообразно.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние деятельности пищевых предприятий на окружающую среду [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nomnoms.info/vliyanie-deyatelnosti-pischevyh-predpriyatiy-na-okruzhayushuyu-sredu/#:~:text=Выбросы> (дата обращения 06.04.2022).
2. Подсолнечник [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://universityagro.ru/растениеводство/подсолнечник/> (дата обращения 10.04.2022).
3. Технология получения растительных масел: Учеб. пособие/ ГОУВПО Иван. гос. хим.-технол. ун-т; Москва, 2018. – 128 с.

4. Бикбулатов И.Х., Насыров Р.Р., Даминев Р.Р., Бакиев А.Ю. Способ утилизации основного отхода производства подсолнечного масла Электронный научный журнал, 2007 – 8 с.
5. Подсолнечная лузга как возобновляемый источник энергии [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.oilworld.ru/news/33977> (дата обращения 10.04.2022).
6. Лузга [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tdsigma.ru/product/derivatives/luzga/> (дата обращения 10.04.2022).

*Коновалов М. Н.<sup>1</sup>, Максимов В. И.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Курганский государственный университет, г. Курган, Российская Федерация

<sup>2</sup>Фонд общественного контроля за состоянием окружающей среды и благополучием населения, г. Курган, Российская Федерация

### **КРИТИЧЕСКИЕ ЗАМЕЧАНИЯ В ОТНОШЕНИИ РАЗВИВАЕМОГО ПОДХОДА К ПЕРЕРАБОТКЕ ОТХОДОВ I И II КЛАССА ОПАСНОСТИ НА ПЛОЩАДКАХ БЫВШЕГО ОБЪЕКТА ПО УНИЧТОЖЕНИЮ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ «ЩУЧЬЕ»**

*Аннотация.* По имеющейся в открытом доступе информации, в статье анализируется подход к развитию деятельности с опасными отходами в результате перепрофилирования бывшего завода по уничтожению химоружия «Щучье» Курганской области, с точки зрения реализации основных принципов безопасности жизнедеятельности.

*Ключевые слова:* безопасность жизнедеятельности, вредное (опасное) производство, оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС), общественное мнение, отходы 1 и 2 классов опасности.

*Konovалov M. N.<sup>1</sup>, Maksimov V. I.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Kurgan State University, Kurgan, Russian Federation

<sup>2</sup>Foundation for Public Control over the State of the Environment and the Well-being of the population, Kurgan, Russian Federation

### **SOME CRITICS TO THE DEVELOPED HAZARDOUS WASTE TREATMENT APPROACH REALIZED ON THE STOPPED ELIMINATION CHEMICAL WEAPON PLANT “SHCHUCH’JE”**

*Abstract.* The hazardous waste treatment approach based on the place of stopped elimination chemical weapon plant “Shchuch’je” developed in Kurgan region is analyzed from open information accessed, applied by fundamental principles of civil defence.

*Key words:* civil defense, hazardous production facility, environmental impact analysis (EIA), public opinion, hazardous waste.

Вопрос о возможности организовать высокомошную переработку опаснейших химических отходов на месте площадок заводов по уничтожению химоружия (в т.ч. и под Щучье Курганской области) кулуарно прорабатывался в Правительстве РФ с 2015 года в рамках нацпроекта «Экология». Окончательно сформированные намерения начали получать широкую огласку

весной-летом 2019 года от активной оппозиции. Более ясные сведения от официально ответственного за переработку промышленного мусора 1 и 2 классов опасности ФГУП РосРАО (дочерняя структура Росатома, с недавнего времени «Федеральный экологический оператор», далее ФЭО), вместе с одобрением намечаемой деятельности видными экологами появились позднее. Из озвученных соображений, что по России ежегодно образуется порядка 300-350 тыс. тонн мусора классов 1 и 2, в Росатоме намерены пустить 7 специализированных производств, каждое мощностью 50 тыс. тонн в год [1-3].

Ввиду замалчивания «до последнего» о решении и о намеченном формате работы с вреднейшей отработанной грязью, когда в первую очередь выпятились не обоснованность идей и опасность от их реализации для природы и соседствующего с объектами населения, представленные планы мгновенно возмутили активную общественность до реакции с чертами общероссийского протеста.

В настоящее время, проект производственно-технического комплекса (ПТК) по переработке, утилизации и обезвреживанию химических отходов 1 и 2 классов опасности «Щучье» (известного на сегодня как Экотехнопарк) получил все необходимые официальные разрешения на реализацию, из Росатома анонсировано его строительство, что подтверждают из структур Росприроднадзора по запросам граждан. Существует Распоряжение Правительства РФ от 26.03.2022г. № 635-р об осуществлении бюджетных инвестиций за счёт бюджетных ассигнований федерального бюджета на реконструкцию объектов капитального строительства ПТК по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов I и II классов опасности «Щучье» и «Горный» в рамках федерального проекта «Инфраструктура для обращения с отходами I и II классов опасности национального проекта «Экология» (согласно Приложению к которому можно оценить, на оба указанных объекта «Росатом» получит порядка 22.85 млрд. руб. из средств бюджета).

Однако же, заслуживает внимание мнение, согласно которому строительство всех планируемых в Росатоме ПТК-Экотехнопарков по переработке опаснейших отходов незаконно, а вред от них оценен неправильно. Данное мнение исходит от экспертного сообщества, отчасти подтверждается бездействием надзорных органов по запросам граждан, что вызывает понятную и обоснованную напряженность в отношении вопросов безопасности жизнедеятельности при реализации одного из таких объектов в Курганской области. При этом недостаток информации в открытом доступе в отношении ликвидации последствий деятельности завода по уничтожению химического оружия (УХО) «Щучье» со стороны официально ответственных за выполнение работ (Минпромторг) усиливает поводы для беспокойства.

Целью настоящего исследования было проанализировать имеющуюся в общем доступе информацию о планируемых Экотехнопарках Росатома и сделать обоснованные выводы, отвечает ли работа, проведённая заказчиком Экотехнопарка «Щучье» в отношении его реализации, основным принципам безопасности жизнедеятельности.



В исследовании, результаты которого представлены настоящей статьёй, основополагающим методом авторы использовали качественный контент-анализ документов: 1) статей открытой печати из официальных СМИ местного, регионального и федерального уровня, статей и заметок Интернет-источников (в т.ч. альтернативных СМИ телеграм-каналов, новости в группах социальных сетей и пр.); 2) текстов обосновывающих материалов, проектной документации и оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) планируемых ПТК, свободно предоставленных ФГУП «ФЭО» и АО «Росатом Гринвэй» [2-3] в открытый доступ с целью обеспечения участия общественности в обсуждениях намечаемой деятельности согласно Положению об ОВОС (до 1 сентября 2021г.) и Требованиям к оценке воздействия на окружающую среду от планируемой деятельности (вступили в силу после 1 сентября 2021г., взамен Положению об ОВОС); 3) ответов авторам из органов власти и надзорных органов по запросам физлиц в силу и на основании Федерального закона «О порядке рассмотрения обращений граждан Российской Федерации» № 59-ФЗ.

Основной целью безопасности жизнедеятельности (БЖД) как науки является защита человека от негативных опасностей (воздействий) антропогенного и естественного происхождения и достижения комфортных или безопасных условий жизнедеятельности. На примере имеющихся данных, характеризующих подготовку к реализации ПТК «Щучье» в Курганской области, попытаемся проанализировать, насколько деятельность Росатома в отношении организации переработки промышленных отходов 1 и 2 классов опасности в формате ограниченного количества высокомошных предприятий отвечает перечисленным принципам.

Официально заявляется, что Экотехнопарк «Щучье» будет решать, якобы, никак на сегодня не решаемую проблему утилизации опасных отходов. Суть идеи переработки – каждый Экотехнопарк изначально задуман как три производства: 1) физико-химическое разложение, 2) обезвреживание ртути-содержащих отходов и, наконец, 3) термическое обезвреживание или сжигание. Цифры распределения отходов по переработкам из последнего, бывшего в открытом доступе, варианта документации ПТК «Щучье», соответственно, 1) 24 800 т/год, 2) 200 т/год, 3) 25 000 т/год [2]. Публично утверждается следующее [2-3].

1. В России перерабатывается только лишь 1.5% образующихся опасных отходов.

2. Планируемые в Росатоме объекты высокомошной переработки промышленных отходов – экологически чистые производства, с «нулевыми» выбросами в окружающую среду, абсолютно безопасные для природы и населения, высоко прибыльные, своим появлением способны обеспечить 1000 достойно оплачиваемых рабочих мест каждый. При этом населённые пункты территорий присутствия будут вовлечены в практикуемые в Росатоме программы поддержки, в т.ч. финансовой, интересные и выгодные для жителей.

3. При переработке отходов будет реализован замкнутый цикл: производства предполагаются безотходными, все конечные продукты полностью возвращаются в хозяйственный оборот как полезные.

При этом, в октябре-ноябре 2019 года встречи представителей РосРАО-ФЭО с общественностью по поводу грядущей во всероссийском масштабе реорганизации работы с отходами 1 и 2 классов не были полностью открытыми, широко не освещались. Так, например, в Щучье представители заказчика выступили о новой деятельности только перед местными депутатами. В свою очередь, с первых же шагов к реализации одобренных правительством мер (а именно, из представленных на общественные обсуждения материалов), при реальности проблемы накопления отходов 1 и 2 классов опасности в России, выпятилась не проработанность её аспектов. Согласно данным [4], с одной стороны, чётко прослеживается тенденция увеличения объёмов перерабатываемых опаснейших отходов в последние годы (из анализа общих данных официальной статистики, вплоть до исчезновения проблемы их накопления в России), а с другой – ясные указания на «скрытость» и наличие «теневого стороны» проблемы, объёмы и характеристики чего не раскрыты по простой причине, что целенаправленный анализ не проведён.

В последующем, из версии окончательной ОВОС ПТК «Щучье» (полученной из ФЭО исключительно по депутатскому запросу) вскрылась практическая не вовлечённость общественности в процессы обсуждения и оценки предложенного формата работы с опаснейшими отходами: 1) не проведение первого этапа ОВОС ПТК-Экотехнопарка «Щучье», на основе результатов которого должно было быть составлено техническое задание; 2) не информирование о планируемых общественных экспертизах и ГЭЭ проекта «Щучье» своевременно; 3) число участников общественных обсуждений предварительной ОВОС и предпроекта ПТК «Щучье» 15 человек, незначительно; 4) экспертные заключения общественных экологических экспертиз (ОЭЭ) ПТК «Щучье», проведенных Всероссийским обществом охраны природы и Некоммерческим партнёрством «Экологическое Международное Аудиторское Сообщество. Сертификация.» фактически не предоставляются по запросам общественности.

В свою очередь, поток официальной информации из Росатома о планируемой деятельности представляет собой рекламу новых производств, лишённую конкретики и объективности (ср. [5] и [6]).

Из чего, становление новой деятельности с отходами на объекте ПТК «Щучье» происходит при информационной закрытости в отношении ключевых моментов. Другими словами, общественная оценка обеспечению безопасности жизнедеятельности в отношении планируемого потенциально-опасного объекта отсутствует.

Согласно общему обзору предварительной документации ПТК-Экотехнопарков, информация по обеспечению основных принципов безопасности жизнедеятельности в отношении планируемой реализации производств представлена. Однако, результаты общественной экспертизы [7],

проведённой СО НКО Союз «За химическую безопасность» в отношении проекта Марадыковский в Кировской области вскрывают факты непроработанности организационных вопросов, неустранимых недостатков выбранных к реализации технологий, возможной существенной заниженности предполагаемых заявленных выбросов – на фоне указаний на серьёзнейшие нарушения норм действующего законодательства и нормативно-технической документации (что подробно раскрыто в рецензии НП «Саморегулируемая организация судебных экспертов», данной на основании обращения КРНОЭО «Союз «За химическую безопасность» [8]).

Равноценная непроработка проблем и не соответствий действующим нормам обнаружена нами в результате анализа содержания документации ПТК «Щучье», что по мере раскрытия фактов потребовало составления обращений в надзорные органы. При идентичности проектов ПТК «Щучье» и «Марадыковский», наиболее волнующий с точки зрения безопасности жизнедеятельности вопрос – невозможность оценить реальное загрязнение в результате функционирования ПТК «Щучье» (равно как и любого предложенного из Росатома ПТК по обработке отходов 1 и 2 классов) количественно за всё предполагаемое время его работы, из представленных в документации данных. Из результатов расчетов загрязнения (приземных концентраций, рассеивания и т.д.), приведённых в предварительных ОВОС, в версиях окончательных ОВОС и предпроектов следует, что превышения нормативов нет ни по одному загрязнителю. Независимые эксперты в заключениях по ПТК «Камбарка» и «Марадыковский» заявили о некорректности данных расчетов в связи с тем, что они проводились на основе нормативов выбросов загрязняющих веществ (ЗВ), утвержденных Минприроды, а не экспериментально установленных значений выбросов от конкретных установок (например, от установки термического обезвреживания, далее – УТО). В доступной нам версии окончательной ОВОС ПТК «Щучье» можно проследить попытки подтвердить «безвредность» установок ссылками на информацию о количестве выбросов, предоставленную фирмой-поставщиком. Однако конкретной экспериментальной информации (за исключением установки для ртуть-содержащих отходов) в версии документа не представлено. При этом для составления реалистичной модели ожидаемого загрязнения необходимо знать экспериментально установленные значения выбросов от конкретной работающей установки. Если УТО, которые хотят реализовать на ПТК, не запускались в опытно-промышленном варианте, нужные для оценок загрязнения расчеты можно сделать только по результатам их работы. Но, в случае реализации ПТК, корректная оценка будет уже поздней, поскольку никакой введенный в эксплуатацию агрегат никто не решится остановить ради внесения изменений для улучшения «экологичности».

По раскрытому выше примеру, неясность в отношении реального загрязнения вызывает недоверие в выполнении принципа нормирования при реализации ПТК-Экотехнопарка «Щучье» в Курганской области. При этом, скудная, не достаточная вовлечённость общественности в проведение оценок и

экспертиз документации ПТК «Щучье» создаёт прецедент к недоверности в выполнении технических, организационных и управленческих принципов безопасности жизнедеятельности при реализации проекта.

Из показанного примера, одним из ключевых методов снижения возможных рисков и ущерба природе (а также сельскому хозяйству, традиционному для Зауралья) видится необходимым добиться от заказчика открытости информации о намечаемой деятельности, с целью всесторонней и качественной проработки вопросов и планируемых к решению проблем. В противном случае, насаждение вредного производства вопреки предусмотренным принципам, направленным на соблюдение безопасности и заложенным в процедурах проектирования и оценки намечаемой деятельности, выходит за рамки допустимого. Это одновременно создаёт реальную угрозу природе и здоровью жителей, заранее формирует обоснованные опасения общественности, которые могут резко трансформироваться в массовую негативную реакцию в отношении объекта и способствовавших его реализации лиц, если ожидания от уже реализованного проекта не сбудутся.

При этом, факт не предоставления из ФЭО экспериментальных данных для объективных расчетов загрязнения окружающей среды от планируемого ПТК-Экотехнопарка «Щучье» (как и других объектов этой серии) необходимо как можно шире придавать огласке, настаивать на проведении опытно-промышленной эксплуатации предлагаемой УТО с целью отработки ее узлов и получения данных по выбросам при сжигании задекларированных отходов. Вполне возможно, что максимально тщательная проработка проблемы опаснейших отходов в России приведёт к её переосмыслению и пониманию неверно выбранного пути в её решении, а значит, к необходимости в отказе от предложенных из Росатома 7-ми высоко мощных перерабатывающих ПТК-Экотехнопарков.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обращение с отходами I и II классов // Федеральный экологический оператор: сайт. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosfeo.ru/deyatelnost/obrashhenie-s-otxodami-i-i-ii-klassov-opasnosti/> (дата обращения 22.04.2022).
2. Производственно-технический комплекс по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов I и II классов опасности «Щучье». Предварительная оценка воздействия на окружающую среду. Ч.1-2. – Текст: электронный / ООО «НИИТОНХ» // АО «ГСПИ» (Заказчик). – г.Саратов. – 2020. – Режим доступа: <https://rosfeo.ru/oxrana-prirodyi/materialyi/obshhestvennyie-obsuzhdeniya-proektov-po-sozdaniyu-infrastrukturyi-po-pererabotke-promyishlennyix-otxodov-v-saratovskoj,-kirovskoj,-kurganskoj-oblastyax-i-udmurtskoj-respublike.html> (дата обращения 20.07.2020).
3. Общественный обсуждения. // Русатом Гринвэй: сайт. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rusatomgreenway.ru/ekologiya/obshhestvennyie-obsuzhdeniya/> (дата обращения 22.04.2022).
4. Есина Е. Обращение с отходами I и II класса опасности (текущая ситуация и перспективы) [электронный ресурс]: доклад / Е. Есина, А. Кузнецов, В. Маркова, К. Вахрушева // ЭПЦ «Беллона». – 2019. – 107 с. – Режим доступа:

[https://network.bellona.org/content/uploads/sites/4/2019/06/OO\\_cover\\_site.pdf](https://network.bellona.org/content/uploads/sites/4/2019/06/OO_cover_site.pdf) (дата обращения 22.04.2022).

5. От химоружия – к промышленным отходам / Е. Давтян (сост.) // Газета Звезда. – 2020. – № 24 (10811). – С. 3.

6. Итоги подведены. Работа в регионах продолжается / Е. Сафонова (ред.) // Газета Звезда. – 2020. – № 49 (10836). – С. 6.

7. Максимальный репост, ради будущего нас и наших детей! / Ю. Кислицына, О. Светлова // Комитет защиты Вятки, группа [электронный ресурс]: ВКонтакте. Социальная сеть России. – 2021. – режим доступа: [https://vk.com/komitetyatki?w=wall-148090342\\_35](https://vk.com/komitetyatki?w=wall-148090342_35) (дата обращения 22.04.2022).

8. Таранов А. Заключение Государственной экологической экспертизы «экотехнопарка» Марадыковский должно быть отменено / А. Таранов // Комитет защиты Вятки, группа [электронный ресурс]: ВКонтакте. Социальная сеть России. – 2022. – Режим доступа: [https://vk.com/id11499291?w=wall-148090342\\_168](https://vk.com/id11499291?w=wall-148090342_168) (дата обращения 22.04.2022).

*Королева В. В.<sup>1</sup>, Сохачевский М. К.<sup>2</sup>, Сохачевский Я. К.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Российская Федерация

<sup>2</sup>Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова, г. Магнитогорск, Российская Федерация

## **ИЗУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССЕ СОЗДАНИЯ РОБОТА-МУСОРЩИКА**

*Аннотация.* В статье рассматривается вопрос изучения и применения цифровых технологий в процессе выполнения проекта. Дана краткая историческая справка появления цифровых технологий и современное применение их в процессе обучения. Приведено задание по дисциплине и примеры студенческих работ.

*Ключевые слова:* цифровые технологии, дизайн, робот-мусорщик, обучение, проектирование, компьютерная графика.

*Koroleva V. V.<sup>1</sup>, Sokhachevsky M. K.<sup>2</sup>, Sokhachevsky Ya. K.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Kazan State Agrarian University, Kazan, Russian Federation

<sup>2</sup>Magnitogorsk State Technical University named after G. I. Nosov, Magnitogorsk, Russian Federation

## **THE STUDY AND APPLICATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE PROCESS OF CREATING A SCAVENGER ROBOT**

*Abstract.* The article deals with the issue of studying and applying digital technologies in the process of project implementation. A brief historical background of the emergence of digital technologies and their modern application in the learning process is given. The task of the discipline and examples of student papers are given.

*Key words:* digital technologies, design, scavenger robot, training, design, computer graphics.

Цифровые технологии — от лат. Digital technology — технологии со своим программным обеспечением, которые созданы с помощью вычислительной техники. Цифровые технологии часто путают с информационными, но на самом деле одно является частью другого. К информационным относят все технологии создания, сохранения, управления и обработки данных, а также технологии, связанные с обменом информацией, даже с помощью аналоговых устройств. В свою очередь, аналоговые технологии — это те, где информация не унифицирована, а хранится и передается в разных форматах, под каждый тип носителя. По сравнению с аналоговыми, цифровые технологии лучше подходят для хранения и передачи больших массивов данных, обеспечивают высокую скорость вычислений.

Сегодня изучение и применение цифровых технологий в процессе обучения в СПО и вузе является естественным и, даже, необходимым. Изучение курсов «Информационные технологии» и «Компьютерные технологии» (ИТ и КТ) студентами предполагает плавное погружение в дальнейший процесс проектирования объектов среды. Целью изучаемых курсов является закрепление и расширение знаний в области компьютерной графики с помощью современных графических пакетов, а также основ материаловедения и проектирования в соответствии с рабочей программой и со степенью сложности. Полученные знания студенты закрепляют в дизайн-проектах, разрабатываемых на дисциплине «Проектная деятельность».

Рассмотрим более подробно дизайн-проект, выполненный студентами СПО по теме «Экология». Так как ситуация с экологией является одной из глобальных проблем человечества [10], затрагивает все страны в мире без исключения и была выбрана для выполнения дизайн-проекта. Вопрос загрязнения вод, лесов и посевных угодий - все чаще поднимается в средствах массовой информации и на телевидении.

Решение проблемы ищут не только передовые умы науки [4, 5], но и жители больших городов и простые школьники [8]. Но пока мусор продолжает скапливаться не только на свалках, но и в океанах (острова из пластикового мусора), на берегах и в самих водоёмах, вдоль тротуарных дорожек и т.д. Специалисты и волонтеры проводят Дни природы и различные акции по уборке мусора, но, к сожалению, этого мало. Например, как говорит статистика, на одного жителя любой страны приходится от 3 до 5 кг мусора в день. Соответственно это от 500 до 800 кг отходов в год, а в некоторых странах эта цифра доходит до 1000 кг. Ведь некоторые из этих отходов отравляют окружающую нас среду, а также они могут навредить диким животным вплоть до летального исхода. В городах частично эти отходы убираются сотрудниками ЖКХ, а именно дворниками, но этого недостаточно.

Идея работы: Облегчить уборку мусора в городе при помощи новых изобретений и smart-технологий.

Исторически применение роботов началось с развития производства. В период скачка научно-технического прогресса. Самыми первыми были созданы роботы для выполнения отдельных операций.

Потом роботы для выполнения функций человека на определённом производственном участке или в сфере непрерывного потока конвейера и, сейчас - это гибкие производственные системы заменяющие несколько десятков людей на производстве [6].

Поэтому современный робот должен быть нацелен на выполнение ряда следующих функции:

- захват мусора и отправка его в общий контейнер;
- сортировка, с помощью различных датчиков;
- упаковка мусора в контейнеры;
- разгрузка контейнеров в определённом месте.

Работа с аналогами. 1-й вид робота - мусорщика “Сортировщик” (см. рис. 1). Владелец Google создал роботов-мусорщиков [4, 5].



*Рис. 1. Робот-сортировщик*

Научно-исследовательская лаборатория X, принадлежащая владельцу Google — компании Alphabet, создала роботов для сортировки мусора и выполнения повседневных задач. Причём сортировку мусора они выполняют точнее людей. Если люди ошибаются с типом мусора в 20% случаев, то роботы всего в 5%.

Проект лаборатории называется Everyday Robot Project. Создаваемые в его рамках роботы оснащены определенными опциями. А именно - камерами, которые позволяют им адаптироваться к обстоятельствам. Изображения с этих камер передаются в единый центр и используются для машинного обучения. В связи с чем разработчикам не нужно постоянно прописывать для роботов код.

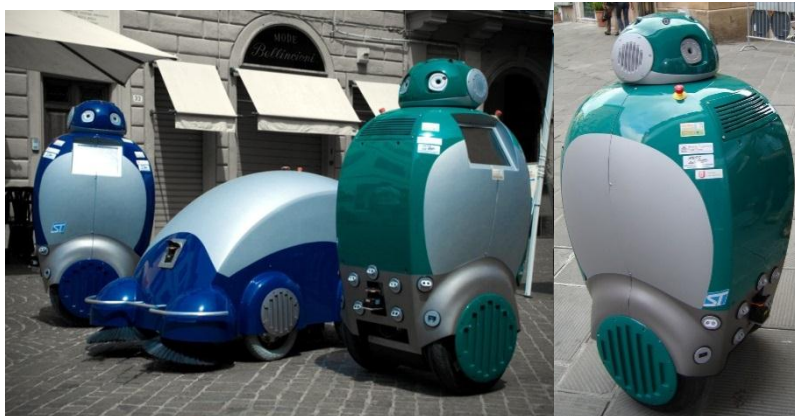
2-й вид роботов – мусорщиков - Volvo разработала робота-мусорщика, управляемого летающим дроном (см. рис.2-3).

Совершенно новое предложение в этой области.



*Рис. 2-3. Вид роботов-мусорщиков – Volvo ROAR*

### 3. Проект DustBot - роботы-мусорщики на улицах Европы (см.рис.4).



*Рис. 4-5. Проект DustBot*

Данный проект под названием DustBot организован для отработки различных технологий робототехнической уборки и вывоза мусора. В нем задействованы многие учёные и специалисты из Италии, Испании, Британии, Швейцарии и Швеции

Вышеописанные роботы-мусорщики дают нам представление о том какой и с каким функционалом должен быть, разрабатываемый объект. Но нам стало интересно, есть ли исследования в области программного обеспечения для данной категории роботов. Интересную идею мы нашли у простого российского школьника С.Фадеева. Он прописал программу с помощью LEGO WEDO (см.рис 6-7). Робот распознает и собирает мусор. Единственное - в нем отсутствуют «функции сортировщика и брикетирования» [7].



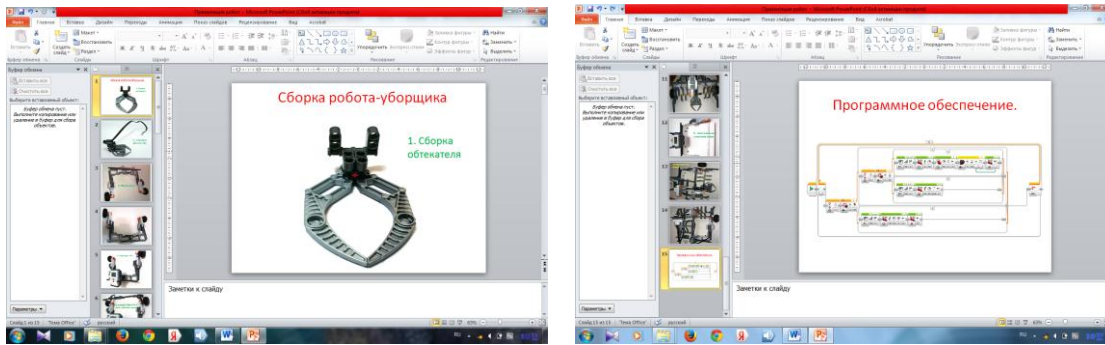


Рис. 6-7. Фадеев С. Программное обеспечение робота-мусорщика

Используя данный проект, появляется возможность в дальнейшем создать робота-мусорщика с несколькими функциями.

Проект может быть реализован нескольких направлениях:

- 1) разработка эскиза робота-мусорщика (см. наш проект рис 8-10);
- 2) разработка логотипа для робота-мусорщика;
- 3) разработка робота-мусорщика и производственных технологий [1] с использованием 3D [9] печати.

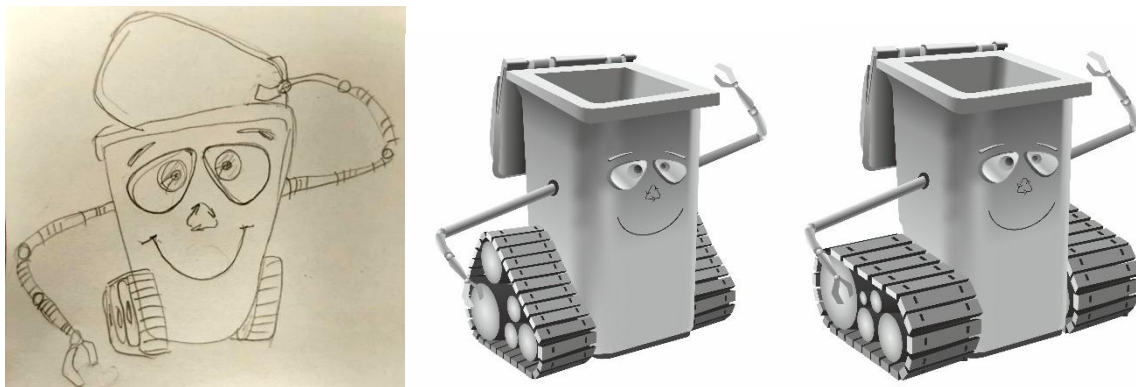


Рис. 8-10. Эскиз (авторы идеи: Сохачевский М.К., Сохачевский Я.К.) и дизайн-проекты (исполнитель: Рагозина А.А.)

Работа над проектом робота-мусорщика показала, что существование подобной техники не только возможно, но и реально. В данном направлении работает много исследователей и даже студентов и школьников, некоторые исследователи ещё подчеркивают, что компьютерные технологии [2, 3] в таких работах должны быть ориентированы на выполнение проектов в городской среде. Уже сейчас с помощью ЛЕГО WEDO можно собрать подобного робота с набором определённых функций. Причём, такой робот будет способен убирать мусор, передвигаться посредством управления оператора. Подобного рода работы продвигают нас в изучении темы создания роботов-мусорщиков.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антипина Е.В. Метод формообразования сервисных персональных роботов на основе производственных технологий. Дисс.к.т.н., Ижевск, 2020.
2. Гончарова Т.В., Ячменева В.В. Применение «умных» технологий в процессе выполнения дизайн-проектов / Философские, социологические и психолого-педагогические проблемы современного образования. 2020. № 2. С. 159-161.
3. Использование инновационных технологий при создании роботов-мусорщиков / В. В. Королева, В. В. Ячменева, М. К. Сохачевский, Я. К. Сохачевский // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса : Научные труды Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мудрова П.Г., Казань, 28–29 октября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 440-447. – EDN IRCCHJ.
4. Применение роботов в мире. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://robosapiens.ru/stati/primenenie-robotov-v-sovremennom-mire/> (дата обращения: 01.04.2019)
5. Японские роботы: достижения робототехники страны восходящего солнца. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://robo-sapiens.ru/stati/yaponskie-robotyi/> (дата обращения: 15.10.2021).
6. <http://robotrends.ru/robotpedia/1711-uborka-i-sortirovka-musora> Сортировка мусора и отходов - Умный город и роботы. декабрь. 2018. \_Институт теплофизики СО РАН, Новосибирск, Россия 2019.03.21 В Санкт-Петербурге идет разработка робота для сортировки мусора.
7. <https://pandia.ru/text/82/068/1127.php> Исследовательский проект на тему: «Робот – мусоросборщик - «Радуга – 2000»
8. <https://tass.ru/v-strane/6186508> Чистый эксперимент. Как школьники создают роботов, которые освободят города от мусора. (дата обращения 5.10.2021).
9. <https://robot-on.ru/articles/obzornaya-statya-pro-mir-3d-tehnologiy> Обзорная статья про мир современных 3D-технологий (дата обращения 28.10.2021.)
10. <https://tass.ru/opinions/10927333> Мусор: обыденная проблема как глобальная угроза (дата обращения 21.09.2021)

*Кулагина Т. А., Кириллова И. В.*

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Российская Федерация

### **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СОСТАВА ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ ПУТЕМ ВКЛЮЧЕНИЯ ОТХОДОВ КРОЛИЧЬИХ ФЕРМ**

*Аннотация.* Актуальность выбранной темы обусловлена тем, что проблема накопления органических отходов животноводства и отходов лесопиления стоит достаточно остро. Органические отходы кроличьих ферм, занимая огромные территории, не используются в полном объеме в качестве удобрений, по причине высокого содержания азота в массе и образования метана и аммиака после его распада. При этом, такие отходы могут найти свое применение в составе композиционного топлива по причине высокой калорийности.

*Ключевые слова:* топливный брикет, отходы животноводства, отходы лесопиления, композиционное топливо.

## **IMPROVING THE COMPOSITION OF FUEL BRIQUETTES BY INCLUDING RABBIT FARM WASTE**

*Abstract.* The relevance of the chosen topic is due to the fact that the problem of accumulation of organic animal husbandry waste and sawmilling waste is quite acute. Organic waste from rabbit farms, occupying vast territories, is not used in full as fertilizers, due to the high nitrogen content in the mass and the formation of methane and ammonia after its decay. At the same time, such waste can find its use in the composition of composite fuel due to its high caloric content.

*Key words:* fuel briquette, animal husbandry waste, sawmill waste, composite fuel.

Брикеты представляют собой плотные куски, получаемые из сыпучей древесины или измельченной коры, посредством её прессования. В настоящее время распространены технологии получения топливных брикетов без использования связующих веществ, в качестве естественного связующего при получении такого топлива выступает лигнин, который выделяется из клеток древесины под действием температуры и давления.

Производство в мире композиционных топлив – древесных пеллет и брикетов достигло более 30 млн. тонн в год за последние 25 лет [1]. Брикеты имеют объемную плотность энергии. Одним из достоинств топливных брикетов стоит отметить постоянную высокую температуру при их сгорании на протяжении всего процесса горения.

Известны работы по способу формирования топливных брикетов из отходов коксохимического производства: мелкодисперсных отходов кокса или угля и раствора поливинилового спирта. Брикеты имеют высокую теплотворную способность [2].

В Томском политехническом университете разработана теплотехнология переработки низкосортного топлива в универсальные топливные брикеты. В качестве сырья для приготовления брикетов были использованы следующие низкосортные топлива месторождений Томской области – торф, бурый уголь, сапрпель и древесные отходы. По результатам экспериментов было доказано, что наилучшими характеристиками располагают брикеты, полученные переработкой древесной щепы, топливо в своем составе практически не имеет влаги и зольности и обладает высокой теплотой сгорания [3].

Известны работы по разработке технологии получения брикетного топлива посредством переработки влажных антрацитовых штыбов и шлама без предварительной сушки, для связующего предлагается использовать природный полимерный материал – технический лигносульфонат, при этом полученные данные показали высокую эффективность применения модифицированных лигносульфонатов, теплота сгорания топливных брикетов составила 6100 ккал/кг [4]. Стоит отметить, что согласно исследованиям [5], проводимых в Технологическом университете Граца, Австрия, применение в

качестве связующего лигносульфонатов ведет к повышенному содержанию в золе сернистых соединений.

В Швеции проведены исследования по разработке схемы получения топливного брикета из сосновых опилок с добавлением стебля голубинового гороха. Результаты показали меньшую плотность и твердость брикетов с биомассой по отношению к брикетам, полученных на основе сосновых опилок. Также в работе была предложена технология получения брикета без использования отходов лесопиления, а посредством переработки стебля серповидного куста и голубинового гороха. Такие образцы имели плотность и твердость выше, чем у брикетов из сосновых опилок и стебля голубинового гороха [6].

В Гане (Западная Африка) предложена технология получения топливных брикетов из опилок тропических лиственных пород и сельскохозяйственных отходов, в частности початков кукурузы. Доказано, что топливные свойства тропических лиственных пород могут быть значительно улучшены за счет применения технологии уплотнения под низким давлением [7].

Перспективным, экологически безопасным и экономически выгодным является использование органических отходов кроличьих ферм в составе топливного брикета. Органические отходы таких ферм практически не используются в качестве удобрений по причине высокого содержания азота в массе и образования метана и аммиака после его распада. В работах [8] и [9] рассмотрена возможность применения отходов кроличьих ферм в составе водоугольного топлива, доказана эффективность сжигания такой смеси в топках малого объема.

Другим направлением создания композиционного топлива для территорий с большим количеством древесных отходов является включение в их матрицу отходов жизнедеятельности кроликов.

В лаборатории кафедры «Техносферная и экологическая безопасность» Сибирского федерального университета для эксперимента были приняты отходы лесоперерабатывающих предприятий и органические отходы кроликов, искусственные связующие компоненты не использовались. Предварительная сушка материалов проводилась отдельно.

Для определения влажности органических отходов сушка материала проводилась в соответствии с ГОСТ Р 54192-2010 в несколько этапов (табл. 1). Таким образом было определено оптимальное время обработки материала в сушильном шкафу.

*Таблица 1*

**Определение влажности органических отходов кроличьих ферм**

	Исходный вес, г	Продолжительность сушки при температуре 100°C, мин	Вес материала, г
<b>1 этап</b>	26,55	30	24,32
<b>2 этап</b>	24,32	60	24,25
<b>3 этап</b>	24,25	30	24,25

После температурной обработки материал измельчался до состояния мелкодисперсных частиц для оптимального замешивания с древесными отходами. Полученные исследования получили подтверждение на предприятии по производству топливных брикетов ООО «Гуй-Жень-И».

Отходы лесопиления подвергались температурной обработке в сушильном барабане роторного типа горизонтального расположения, сушка проводилась при температуре 400°C. Сырье высушивалось до влажности 12%. Далее доведенные до определенной влажности материалы поступали в пресс, где под высоким давлением экструзионным методом происходило формирование брикета. Стоит отметить, что отходы животноводства добавлялись в объеме 20% от объема отходов лесопиления.



*Рис. 1.* Брикеты, состоящие из отходов лесопиления (1) и с добавлением органических отходов кроличьих ферм (2).

Полученные топливные брикеты не уступают брикетам, получаемых на основе отходов лесопиления по твердости и прочности, имеют достаточно плотную структуру.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. E. Hansen, R. Panwar, R. Vlosky. «The Global Forest Sector: Changes, Practices, and Prospects» Taylor & Francis Group, 2017, NY, 462 p., ISBN: 978-1-4398-7927-6.
2. Манжай В.Н., Фуфаева М.С., Егорова Л.А. Топливные брикеты на основе мелкодисперсных частиц кокса и криогелей поливинилового спирта. Химия твердого топлива. 2013. № 1. С. 44.
3. Табакаев Р.Б., Казаков А.В., Васильева А.В. Оценка целесообразности теплотехнологической переработки местных низкосортных топлив томской области в топливные брикеты. В сборнике: Теплофизические основы энергетических технологий. Сборник научных трудов IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. 2013. С. 294-297.
4. Евстифеев Е.Н., Попов Е.М., Рассохин Г.И. Переработка антрацитовых шламов и штыбов в топливные брикеты. Современные наукоемкие технологии. 2014. № 10. С. 118-120.

5. Obernberger I., Thek G. Physical characterisation and chemical composition of densified biomass fuels with regard to their combustion behaviour. *Biomass and Bioenergy*, №27, 2004. pp. 653-669
6. Samuelsson R., Thyrel M., Sjöström M., Lestander T. Effect of biomaterial characteristics on pelletizing properties and biofuel pellet quality. *Fuel Processing Technology*, №90, 2009. pp. 1129-1134.
7. Mitchual, Stephen, Frimpong-Mensah, Kwasi, A. Darkwa, Nicholas. Evaluation of fuel properties of six tropical hardwood timber species for briquettes. *Journal of Sustainable Bioenergy Systems*, №04, 2014. pp. 1-9.
8. Гурина Р.В., Кириллова И.В. Комбинированное использование отходов в северных территориях красноярского края. В сборнике: Экология и безопасность жизнедеятельности. Сборник статей XXI Международной научно-практической конференции. Под редакцией В.А. Селезнева, И.А. Лукшина. Пенза, 2021. С. 93-97.
9. Кулагина Т.А., Кулагина Л.В., Кириллова И.В. Усовершенствование состава водотопливной смеси путем добавления органических компонентов. В сборнике: Борисовские чтения. Материалы III Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Отв. за выпуск Е.С. Воеводин. Красноярск, 2021. С. 138-141.

*Ломтева Р. В., Белоусова С. А., Жукова Ю. М.*

Калужский филиал Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана, г. Калуга, Российская Федерация

## **НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ ОТ АВТОТРАНСПОРТА**

*Аннотация.* В работе рассматриваются современные подходы к обеспечению экологической безопасности автомобилей. Описывается основное воздействие автомобильного транспорта на атмосферный воздух, приводятся основные загрязнители и возможные пути решения данной проблемы.

*Ключевые слова:* Автотранспорт, вредные загрязняющие вещества, двигатель внутреннего сгорания, загрязнители, выбросы, атмосферный воздух.

*Lomteva R. V., Belousova S. A., Zhukova Yu. M.*

Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University, Kaluga, Russian Federation

## **SOME ASPECTS OF THE IMPACT OF EMISSIONS INTO THE ATMOSPHERE FROM MOTOR TRANSPORT**

*Abstract.* The paper discusses modern approaches to ensuring the environmental safety of cars. The main impact of road transport on atmospheric air is described, the main pollutants and possible solutions to this problem are given.

*Key words:* Motor transport, harmful pollutants, internal combustion engine, pollutants, emissions, atmospheric air.

Экологическая составляющая жизненного цикла современного автомобильного транспорта является актуальной и приоритетной задачей в

настоящее время. Экологическая безопасность – это свойство автомобиля снижать негативное воздействие влияния эксплуатации автомобиля на человека и окружающую среду. Она направлена на снижение токсичности выбросов вредных отработанных газов, снижение уровня шума на прилегающую территорию от двигателя внутреннего сгорания, снижение радиопомех при движении автотранспорта.

В мировой структуре парка двигателей внутреннего сгорания транспортного назначения дизели составляют от 49 до 63 % (в зависимости от страны). Двигатели внутреннего сгорания являются и основным источником выбросов токсичных веществ в атмосферу.

В настоящее время альтернативы двигателю внутреннего сгорания нет, несмотря на большое количество попыток перейти на более экологичный вариант. При появлении нового двигателя со сниженными показателями экологического загрязнения окружающей среды, переход производства для полномасштабного крупносерийного выпуска потребует больших капиталовложений и времени[1].

Наибольшее количество выбросов окислов азота, а именно 40-80% от общего числа, приходится на автотранспортный сектор, что заставляет задуматься о создании экологически чистого для человека и окружающей среды автомобиля.

Обеспечение экологической безопасности автомобилей начинается еще на этапе проектирования новых моделей на уровне компании по производству. Для того, чтобы российский автотранспорт соответствовал установленным стандартам и перспективным национальным и международным экологическим законам и нормативным актам в составе проектной документации разрабатываются специальные разделы, которые содержат необходимые требования и целевые параметры по обеспечению экологической безопасности разрабатываемого семейства автомобилей. Такие требования распространяются на:

- токсичность вредных отработавших газов двигателей внутреннего сгорания;
- эмиссию диоксида углерода ( $CO_2$ );
- внешний и внутренний уровень шума автомобилей;
- эмиссию летучих органических соединений из автомобилей;
- содержание вредных веществ в материалах и автокомпонентах;
- утилизацию автомобилей, вышедших из эксплуатации.

К основным вредным токсичным выбросам загрязняющих веществ автомобиля относятся: отработавшие газы (ОГ), картерные газы и топливные испарения. Отработавшие газы, выбрасываемые двигателем, содержат окись углерода (СО), углеводороды ( $C_xH_y$ ), оксиды азота ( $NO_x$ ), бенз(а)пирен, альдегиды и сажу[2]. Картерные газы – это смесь части отработавших газов, проникшей через полости поршневых колец в картер двигателя, с парами моторного масла. Топливные испарения поступают в окружающую среду из системы питания двигателя: стыков, шлангов и т.д. Распределение основных

компонентов выбросов у карбюраторного двигателя следующее: отработавшие газы содержат 95% CO, 55% C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> и 98% NO<sub>x</sub>, картерные газы по – 5% C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>, 2% NO<sub>x</sub>, а топливные испарения – до 40% C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>.

Содержание токсичных выбросов в отработавших газах двигателей внутреннего сгорания представлена в табл.1

Таблица 1

Содержание токсичных выбросов в отработавших газах двигателей

Компоненты	Доля токсичного компонента в ОГ ДВС			
	Карбюраторные		Дизельные	
	В %	на 1000л топлива, кг	В %	на 1000л топлива, кг
CO	0,5-12,0	до 200	0,01-0,5	до 25
NO <sub>x</sub>	до 0,8	20	до 0,5	36
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	0,2 – 3,0	25	0,009-0,5	8
Бенз(а)пирен	-	до 10 мкг/м <sup>3</sup>	-	-
Альдегиды	до 0,2мг/л	-	0,001-0,09мг/л	-
Сажа	до 0,04 г/м <sup>3</sup>	1	0,01-1,1г/м <sup>3</sup>	3

По данным таблицы наглядно видно, что количество выделяемых веществ, при использовании дизельного топлива, значительно ниже, а значит и объем выбросов основных загрязняющих веществ.

Отработавшие газы дизелей представляют собой сложную многокомпонентную смесь газов, паров, капель жидкостей и дисперсных твердых частиц. Нормируемыми токсичными компонентами отработавшие газы дизелей являются оксиды азота (NO<sub>x</sub>), монооксид углерода (CO), углеводороды (CH) и твердые частицы. Наибольшую сложность в достижении норм токсичности представляет уменьшение выбросов NO<sub>x</sub> и твердых частиц в отработавших газах, это во многом обусловлено тем, что снижение выбросов одного из них, как правило, сопровождается ростом выбросов другого.

Дизельные частицы – это сложный комплекс веществ органической и неорганической природы, выбрасываемых в атмосферу с ОГ в твердом и капельно-жидком состояниях. В наиболее общем виде материал дизельных частиц (particulate matter – PM) подразделяется на четыре группы (или фракции) соединений: углеродную, органическую, сульфатов и нитратов, неорганических примесей[3].

Органическую фракцию еще иногда называют растворимой органической фракцией (РОФ), так как она может быть выделена из материала частиц экстрагированием в органических растворителях. Органическая фракция,



в свою очередь, подразделяется на субфракции несгоревших соединений топлива и моторного масла.

Соотношение отдельных фракций в материале дизельных частиц, как и их химический состав, определяется группой факторов, среди которых основные: состав топлива и моторного масла; тип двигателя; условия эксплуатации или испытаний; технология снижения выбросов; способ отбора проб и проведения измерений[4].

Новые технологии снижения выбросов значительно изменяют соотношение отдельных фракций в составе частиц, уменьшая содержание некоторых из них до значений, находящихся на грани возможностей современной измерительной техники.

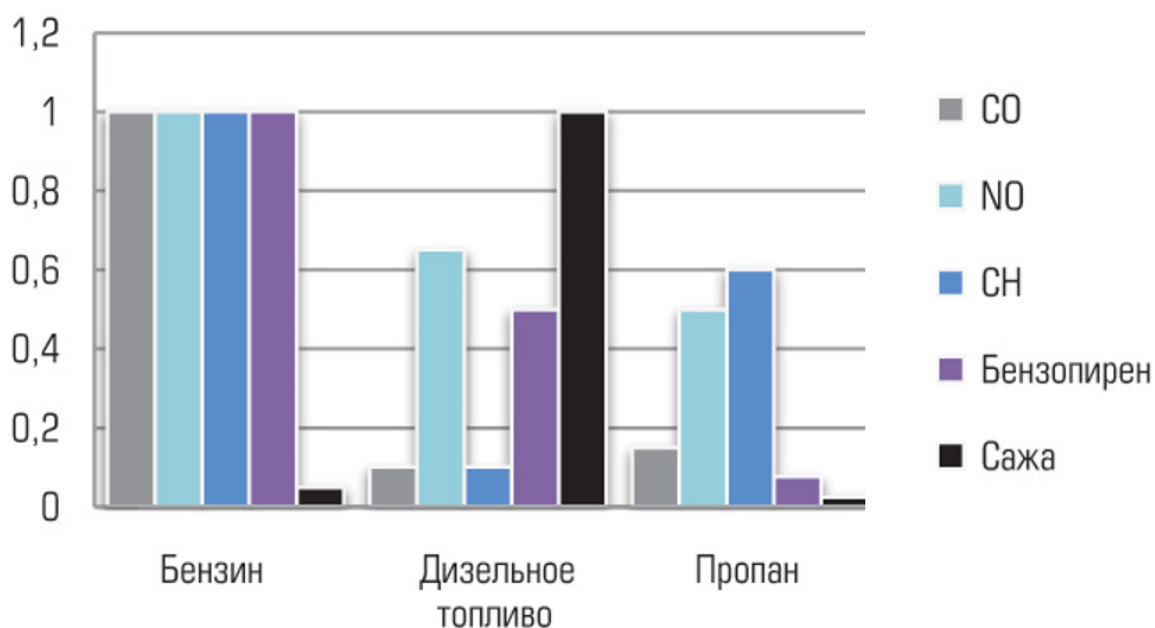


Рис. 1. Относительное содержание токсичных компонентов в отработанных газах

Таким образом, проблема загрязнения окружающей среды и атмосферы автомобильным транспортом, в частности, двигателем внутреннего сгорания является актуальной экологической проблемой в связи с возрастающим количеством автомобильного транспорта в современном мире и требует поиска возможных путей решения.

Возможными путями решения данной проблемы являются: использование дизельных двигателей и двигателей на природном газе, создание и выпуск автомобилей с высокоэкономичным и малотоксичным двигателями, создание и внедрение эффективных систем нейтрализации отработанных газов; – снижение токсичности моторных топлив; применение альтернативных видов топлива.

В дальнейшей перспективе:

- развитие общественного транспорта, в частности, электротранспорта;

- разработка транспорта, работающего на альтернативных источниках энергии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенов И. Я., Аксенов В.И. Транспорт и охрана окружающей среды. — Москва: Транспорт, 2004. — 176 с.
2. Денисов В.Н., Рогалев В.А. Проблемы эколизации автомобильного транспорта. — СПб: ЭКО, 2004. — 194 с.
3. Чомаева М.Н. Автомобиль в жизни человека // Единство и идентичность науки: проблемы и пути решения: сборник статей по итогам Международной научно - практической конференции. — Часть 2. — г. Стерлитамак: АМИ, 2018. — 11-13 с.
4. Калачева, О. А. Химический состав дизельных частиц / О. А. Калачева // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020): труды Международной научно-практической конференции, Воронеж, 09-11 ноября 2020 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. — г. Воронеж: Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения", 2020. — 49-53 с.
5. Исследование загазованности воздуха автотранспортом в г. Калуга / В. В. Гришакова, С. Н. Никулина, М. В. Цымбалюк, Т. А. Чудакова // Богатство России: сборник докладов, Москва, 10-11 декабря 2018 года. — Москва: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), 2019. — 204-205 с.

*Рагозина А. А., Ячменёва В. В.*

Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова,  
г. Магнитогорск, Российская Федерация

### **РАЗРАБОТКА ДЕКОРА ОБЪЕКТОВ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ**

*Аннотация.* В статье представлен теоретический материал по изучению объектов твердых коммунальных объектов современного города. Представлено проектное предложение реализации идеи на конкретном объекте.

*Ключевые слова:* орнамент, тко, мусор, экология, отходы.

Ragozina A. A., Yachmeneva V. V.

Magnitogorsk State Technical University named after G. I. Nosov, Magnitogorsk, Russian Federation

## DEVELOPMENT OF THE DECOR OF OBJECTS OF THE URBAN ENVIRONMENT FOR MUNICIPAL SOLID WASTE

*Abstract.* The article presents theoretical material on the study of solid municipal objects of a modern city. A project proposal for the implementation of the idea on a specific object is presented.

*Key words:* ornament, MSW, garbage, ecology, waste.

Сегодня проблема сбора мусора, нарушения обращения с отходами выходит на первый план. Все это негативным образом влияет на природные процессы и вызывает загрязнение почвы, питьевой воды, воздуха и т.д.. В настоящее время проблема безопасного обращения с отходами – является первоочередной в современном городе. Поэтому наиболее экологическим и рациональным решением ликвидации отходов жизнедеятельности человека является оборудование контейнерными площадками рядом с жилыми домами и комплексами. В последнее время даже в многоэтажных домах все чаще мусоропровод убирают из подъездов и заменяют его оборудованными площадками для сбора отходов.

Отходы – это вещества, признанные непригодными для дальнейшего использования в рамках имеющихся технологий, или после бытового использования продукции.

Контейнерная площадка — место накопления твердых коммунальных отходов, обустроенное в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации в области охраны окружающей среды и законодательства Российской Федерации в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и предназначенное для размещения контейнеров и бункеров.



Рис. 1. Площадки для ТКО сегодня

Основными преимуществами данных мест сбора отходов является удобство обслуживания и эстетический внешний вид, который становится гармоничным дополнением в архитектуре современных жилых комплексов [10].

В данном контексте нам показалось интересным исследование, проведенное в период 2015-2020 гг. компанией «Канц-Эксмо», по средством мониторинга потребителей возраста от 16 до 80 лет компанией было выявлено, что товары с орнаментом являются более продаваемыми, чем другие. Отталкиваясь от этой идеи мы предположили, что и объекты средового дизайна [7, 9] с орнаментом будут восприниматься как декоративные элементы (объекты) городской среды. Что позитивно скажется на восприятии города в целом.

Рассмотрим создание орнаментов с помощью двух компьютерных программ -Adobe Photoshop, CorelDrawи др. [6].

Первая программа является многофункциональным графическим редактором, которая позволяет работать с изображениями растрового типа, однако она имеет и несколько инструментов векторного типа.

Данная программа позволяет создать орнамент двумя способами [2, 3, 7]:

1. Функция узоры (patterns, паттерны) – это многократно повторяемое изображение, которое можно создать самим или установить библиотеку паттернов. По умолчанию представлено несколько моделей. Функция позволяет создать ленточный орнамент.

2. Нарисовать орнамент любого типа благодаря графическому планшету.

Вторая программа представляет собой графический редактор, в основе которого лежат принципы векторной графики.

В программе Corel Draw орнамент можно создать тремя способами:

1. Простыми фигурами: методом вращения, методом использования различных элементов (отразить по горизонтали, отразить по вертикали, объединение, слияние, исключение, пересечение, упрощение и т.д.).

2. Применение заливок узором – эта функция включает в себя несколько различных заливок: двухцветным узором, векторным узором, растровым узором. Для заливки двухцветным узором используются только два выбранных цвета. Заливка векторным узором представляет собой более сложную векторную графику, которая может состоять из линий и заливок. Векторные заливки могут обладать прозрачным или цветным фоном. Заливка растровым узором – растровое изображение, сложность которого определяется его размером, разрешением и глубиной цвета. Программа содержит базовый набор заливок, который можно пополнять. Функция позволяет создать ленточный и сетчатый типы орнамента [4, 8].

3. Нарисовать с помощью мышки или графического планшета. (Выполнить проектно-графическое моделирование объекта) [1].

Так, например, для площадки накопления твердых коммунальных отходов в жилой зоне мы разработали индивидуальный орнамент. Представляем колористические [5] решения.



*Рис. 2. Контейнерная площадка для ТКО с орнаментом*



*Рис. 3. Контейнерная площадка. Колористическое решение*

Таким образом, исходя из вышеперечисленного, мы предлагаем использование орнамента в акцентуации площадок для ТКО. Орнамент в городской среде будет выступать как конвенциональный знак, который позволит упростить нахождение необходимых объектов в современном городе.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жданова Н.С. Сущность понятия «Проектно-графическое моделирование в дизайне» // Архитектура. Строительство. Образование. 2014. № 2 (4). С. 88-96.
2. Кинева. Л. А. История орнамента и стиля. – Екатеринбург: УрФУ, 2017. С. 107.
3. Расине О. Орнамент всех времен и стилей. – М.: Арт-родник, 2 т., 2004. С. 324.
4. Степанова А.П. Теория орнамента. – Ростов: Феникс, 2011. С. 150.
5. Саляева, Т. В. Колористика и цветоведение в дизайн-проектировании : Электронное издание / Т. В. Саляева, В. В. Ячменева. – Магнитогорск : Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2019. – ISBN 978-5-9967-1708-8. – EDN KOIWNQ.
6. Саляева, Т. В. Краткий анализ графического редактора ADOBE ILLUSTRATOR / Т. В. Саляева, Э. Д. Кобякова // Формирование предметно-пространственной среды современного города : материалы ежегодной Всероссийской научно-практической конференции, Магнитогорск, 05–06 ноября 2020 года / под общ. ред. Григорьева А.Д.. – Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2021. – С. 136-139. – EDN BFHNJN.
7. Художественная энциклопедия [Электронный ресурс]. – [https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_pictures/2344/Орнамент](https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_pictures/2344/Орнамент) (дата обращения: 02.05.2020).
8. Шульгина В. В. Композиция в дизайне: разработка наглядного информационного материала по теме: «Комбинаторный метод». - Нижний Тагил, 2012. - 56 с.
9. Ячменева, В. В. Компьютерные технологии и экодизайн в процессе проектирования объектов городской среды / В. В. Ячменева, В. В. Королева // Культура и экология - основы

устойчивого развития России. Безальтернативность зеленой стратегии : Сборник материалов Международного форума, Екатеринбург, 13–15 апреля 2021 года. – Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2021. – С. 105-111. – EDN WVFAPY.

10. <https://www.eduklgd.ru/problema/obustrojstvo-kontejnernoj-musornoj-ploshhadki.html> (дата обращения 21.04.2022).

*Ишманов В. С., Фатеева Н. Ю.*

Калужский филиал Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана, г. Калуга, Российская Федерация

## УТИЛИЗАЦИЯ АЛЮМИНИЯ

*Аннотация.* В работе раскрывается сущность процесса утилизации алюминия. Описывается разновидность, динамика производства и потребления алюминия на российском рынке за последние 5 лет, а также способы его утилизации.

*Ключевые слова:* Утилизация алюминия, переработка алюминия, изготовление вторичного сырья.

*Ishmanov V. S., Fateeva N. Yu.*

Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University, Kaluga, Russian Federation

## RECYCLING OF ALUMINUM

*Abstract.* The paper reveals the essence of the aluminum recycling process. The article describes the variety, dynamics of aluminum production and consumption in the Russian market over the past 5 years, as well as ways of its utilization.

*Key words:* Aluminum utilization, aluminum processing, production of secondary raw materials.

Некоторые аспекты утилизации отходов из алюминия

На данный момент в мире алюминий является одним из самых востребованных металлов. Основными областями применения алюминиевой продукции в мире являются транспортное машиностроение, строительство и упаковочные материалы, совокупная доля которых в промышленно развитых странах составляет около 70–80% общего потребления алюминия. Так как алюминий используют почти во всех отраслях промышленности, его необходимо правильно утилизировать. Поэтому рассмотрим некоторые аспекты утилизации отходов из алюминия.

Алюминиевый лом — один из наиболее распространенных и доступных видов цветного металлолома. Его переработка и повторное использование на 95% является более выгодным процессом, чем производство первичного сырья.

Есть несколько разновидностей металлолома из алюминия:

- пищевой: банки, кастрюли, столовые приборы и т.д.;

- бытовой: детали от бытовой техники, приборов, мебельная и дверная фурнитура;
- электротехнический: кабели, начинка электротехники;
- профили: оконные, дверные направляющие;
- моторный: детали от автомобильных, лодочных и иных моторов;
- авиационный: элементы корпуса самолетов, лопастей вертолетов;
- фольга: в основном применяется в пищевой промышленности для упаковки продукции.

Переработка происходит в несколько этапов.

#### Сбор

Лом алюминия принимается во всех пунктах металлолома. При раздельном сборе мусора отходы с алюминием также следует собирать в отдельный ящик.

#### Сортировка

99% поступающего в переработку лома не является чистым алюминием. Это разнообразные сплавы. При переработке лом сортируется различными способами:

- по наличию маркировки;
- по удельному весу, плотности, цвету;
- методом магнитного сепарирования;
- анализ химического состава.

#### Переплавка

После сортировки металл измельчается и направляется в плавильный цех. При воздействии температурой 660°C алюминий плавится и в жидком состоянии отправляется в специальные формы.

#### Производство

Полученное алюминиевое сырье направляется на заводы. Здесь из него производятся детали для двигателей, профили, направляющие, бытовые изделия и т.д.

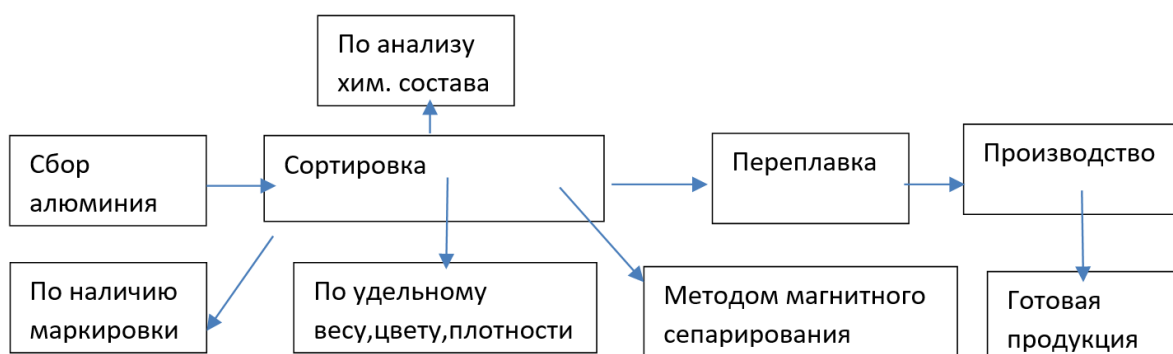


Рис. 1. Переработка алюминия

Переработка алюминия позволяет существенно экономить энергию и время на добычу этого востребованного металла из недр. Его производство и

потребление по объемам превосходит все другие цветные металлы, а во всей металлургической сфере он уступает лишь производству стали.

За 2017-2022 годы Россия экспортировала 24,7 миллиона тонн алюминия. 30% из них были получены в результате переработки алюминиевых отходов.

Использование вторичного сырья позволяет производителям удерживать темпы производства. Например, рекорд по переработке алюминия держит российская компания «РУСАЛ». Она перерабатывает ежегодно более 1 млн тонн данного металла.

Получение тонны алюминия из вторсырья затрачивает 5% от объема энергии, который тратится на производство 1 тонны первичного материала.

В 2021 году производство алюминия вторичного увеличилось по сравнению с 2017г. на 15,2%, среднегодовой темп прироста производства за этот же год составил 3,5%, что значительно превосходило темпы прироста за последние годы, начиная с 2017 г.

В течение ряда лет, доля продукции алюминиевой промышленности, в общем объеме промышленной продукции России, стабильно составляет около трех процентов.

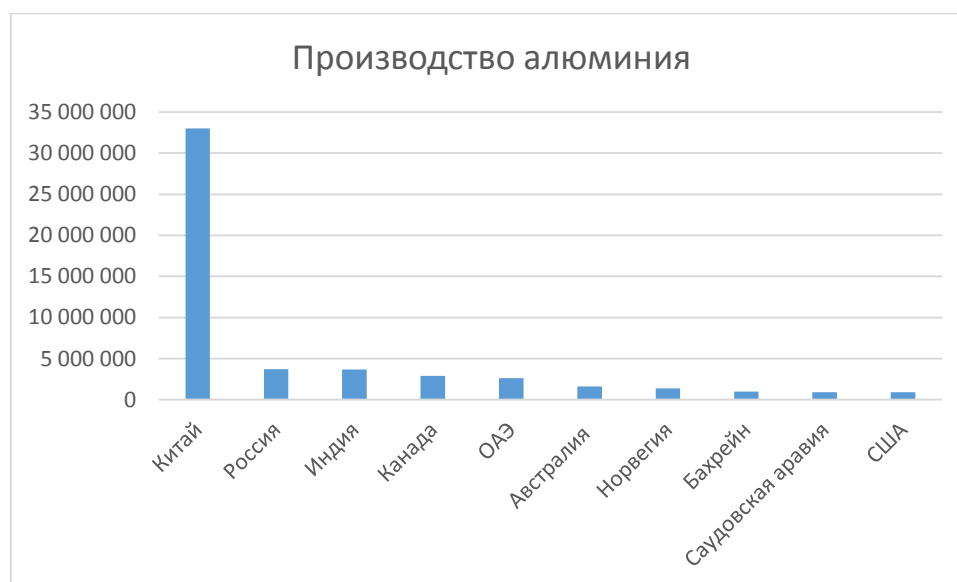


Рис. 2. Производство алюминия в мире на 2019 г. (тонн в год)

Потребление вторичных сплавов стало опережать первичный металл. По данным рисунка 2 можно сделать вывод, что процент использования переработанного алюминия увеличивается.



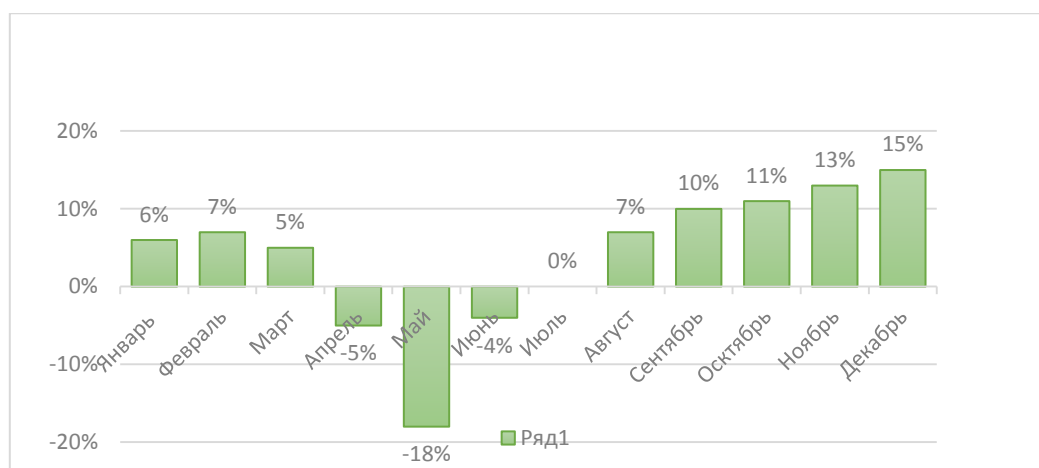


Рис. 3. Потребление вторичного алюминия за 2019 г.

### Заключение

В РФ статистика показывает, что только около 40% алюминиевых отходов уходят на повторное использование. Причина этого скрывается, в плохо установленной системе сбора и сортировки отходов, которую нужно улучшать. Сбор алюминиевых отходов намного проще, так как утилизация алюминиевых отходов возможна практически бесконечное количество раз, а значит с помощью повторной переработки снизится добыча алюминия и вредные выбросы в окружающую среду.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галевский Г.В., Кулагин Н.М., Минцис М.Я. Экология и утилизация отходов в производстве алюминия.
2. Сорлье М., Ойя Х.А. Катоды в алюминиевом электролизе.
3. Новичков С.Б., Жолнин А.Г. Негативные последствия переработки алюминийсодержащих отходов в электролизерах.

*Трубачев А. В., Трубачева Л. В.*

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, Российская Федерация

## **ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЕ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОТХОДОВ I–II КЛАССОВ ОПАСНОСТИ: РЕАЛИЗУЕМЫЕ РЕШЕНИЯ И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ**

*Аннотация.* В работе дается оценка предлагаемой к реализации на производственно-технических комплексах по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов I и II классов опасности технологии высокотемпературного обезвреживания. Отмечается, что данная технология позволяет достаточно эффективно утилизировать жидкие и твердые субстанции органической и смешанной минерально-органической природы, однако схемы сжигания не позволяют избежать образования сверхнормативных количеств диоксинов в газовых

выбросах, а предлагаемые системы on-line контроля состава выбросов не позволяют вести анализ в режиме реального времени по наиболее токсичным компонентам.

*Ключевые слова:* Высокотемпературное обезвреживание, отходы I и II классов опасности, газовые выбросы, диоксины, анализ токсичных компонентов.

*Trubachev F. V., Trubacheva L. V.*

Udmurt State University, Izhevsk, Russian Federation

## **HIGH-TEMPERATURE NEUTRALIZATION OF INDUSTRIAL WASTE OF HAZARD CLASS I–II: IMPLEMENTED SOLUTIONS AND THEIR ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES**

*Abstract.* The article assesses the technology of high-temperature neutralization proposed for implementation at industrial and technical complexes for the processing, disposal and neutralization of waste of hazard classes I and II. It is noted that this technology makes it possible to efficiently dispose of liquid and solid substances of organic and mixed mineral-organic nature, however, combustion schemes do not allow avoiding the formation of excess amounts of dioxins in gas emissions, and the proposed on-line emission composition control systems do not allow for real-time analysis of the most toxic components.

*Key words:* High-temperature neutralization, waste of hazard classes I and II, gas emissions, dioxins, analysis of toxic components.

Национальный проект «Экология» принят в России на период выполнения в 2018-2024 гг. с целью кардинального улучшения экологической обстановки в стране и положительного влияния на здоровье населения. В его составе – 9 федеральных проектов, среди которых проект «Инфраструктура обращения с отходами I и II классов опасности», направленный на создание современной инфраструктуры, обеспечивающей безопасное обращение с производственными отходами и введение в эксплуатацию комплексов по их обработке, утилизации и обезвреживанию (ПТК). Определен федеральный оператор по обращению с отходами I и II классов опасности – ФЭО, являющийся преемником структуры Росатома по обращению в радиоактивными отходами (РосРАО). Согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 30.04.2019 г. № 540 в населенных пунктах Камбарка (Удмуртская Республика), Горный (Саратовская область), Марadyково (Кировская область), Щучье (Курганская область) на базе перепрофилированных объектов по уничтожению химического оружия (ОУХО) должны быть построены соответствующие ПТК для введения их в эксплуатацию в период 2023-2024 г.г.

Базовым технологическим решением по обезвреживанию жидких, пастообразных и твердых отходов органической и смешанной минерально-органической природы принято их пламенное сжигание в барабанной печи на установках термического обезвреживания (УТО) [1]. Горение в печи обеспечивается величиной теплотворной способности отходов в 11-16 МДж/кг. Многотопливные горелки на печи и камере дожигания автоматически включаются в работу при снижении калорийности подаваемого в печь отходов

и поддерживают необходимую температуру процесса утилизации: в печи 850-1100°C и камере дожигания 1200°C. Дымовые газы, образующиеся в печи в количестве 17824,7211 н.куб.м/ч (что соответствует ~130 млн. кубометров в год), поступают в вертикально расположенную камеру дожигания, функциональное предназначение которой состоит в выгорании компонентов дымовых газов. Предусмотрено время пребывания дымовых газов в камере дожигания не менее 2с при температуре 1200°C, что должно обеспечивать это выгорание. Отходящие газы после камеры дожигания с температурой 1200°C направляются в котел-утилизатор. По-мнению разработчиков, конструкция котла-утилизатора позволяет предотвращать вторичное образование диоксиноподобных соединений путем резкого охлаждения отходящих газов до 220°C.

Проектом предусматривается высокотемпературное обезвреживание отходов I и II классов опасности в количестве 25 000 т/год, при этом предполагается, что на сжигание будет поступать 199 видов отходов, в т.ч. 450 тонн в год галогенорганических соединений, являющихся опасными диоксиногенными отходами. Анализ характеристик конструкции поверхности нагрева котла-утилизатора показывает, что избежать вторичного образования диоксинов в отходящих газах не представляется возможным. Согласно технологической схеме, в трех частях котла-утилизатора УТО происходит последовательное охлаждение дымового газа с 1200 до 620°C, далее дымовой газ движется через конвективный проход и охлаждается до температуры 420°C, а затем проходит через четыре узла экономайзера и охлаждается до температуры 210°C, при этом время пребывания дымового газа в температурном интервале образования диоксинов от 500 до 200°C составляет 7 секунд. Известно, что время пребывания отходящих газов при этих температурах должно составлять ~1 секунду для соответствия выбросов установки термического обезвреживания европейским нормам на содержание диоксинов [2,3]. Пребывание же отходящих газов в данном температурном интервале в течение 7 секунд гарантированно создаст условия для ресинтеза диоксинов.

Одними из наиболее токсичных продуктов сгорания производственных отходов являются фракции ультрадисперсной пыли, на которых оседает значительная часть диоксинов, распространяясь на большие расстояния в результате попадания ее в атмосферу. Предполагается, что попадание такой пыли в атмосферу практически исключено в связи с применением рукавных фильтров очистки отходящих газов[1]. Известно, что сверхнормативные выбросы диоксинов происходят в режимах «остановка-пуск» печи после каждого ежегодного планового предупредительного ремонта, т.к. схема пуска предполагает, что пыль не фильтруется до тех пор, пока не начнется горение отходов. Другой причиной, по которой выбрасывается больше диоксинов, чем предписано нормами, является использование байпасов на промежуточных фазах технологического процесса, когда выбросы не проходят через фильтр (режим обхода фильтра автоматически включается тогда, когда по тем или

иным причинам существенно повышается уровень пылевых выбросов, и система включает проход дымовых газов в трубу, минуя тканевые фильтры во избежание их преждевременного эксплуатационно-технологического засорения). В описании УТО говорится, что фильтры сконструированы таким образом, что они обеспечивают нормальный режим работы, однако характеристик работы фильтров в режиме «пуск-остановка» в описании не приводится, а также не постулируется, что их конструкция исключает использование байпасов. Более того, расчет, выполненный с учетом годового декларируемого выброса диоксинов после введения ПТК в промышленную эксплуатацию в количестве до 21,5 мг/год показывает, что это количество более, чем в 1,5 раза превышает значение предельно-допустимой концентрации диоксинов в выбросах в атмосферу: диоксины поступают в атмосферу в составе газо-дымовых выбросов от УТО, годовой объем которых составляет  $130 \cdot 10^6$  куб.м, следовательно, среднегодовая концентрация диоксинов в них будет составлять  $1,65 \cdot 10^{-7}$  мг/куб.м [ $21,5 : (130 \cdot 10^6)$ ], при этом предельно-допустимая концентрация диоксинов в выбросах в атмосферу составляет  $1 \cdot 10^{-7}$  мг/куб.м. Необходимо иметь в виду, что диоксины, попадая в атмосферу, в конечном итоге депонируются в почве и способны накапливаться в ней в течение длительного времени без разложения. Прогноз последствий такого накопления для здоровья человека к окончанию эксплуатации объекта через 30 лет можно оценить на основе исследований [4]: в представленном отчете «Смертность от рака в городах и районах мусоросжигательных заводов и установок для утилизации или уничтожения опасных отходов» установлен рост заболеваемости 33 видами рака среди мужчин, женщин и детей, проживающих на расстоянии до 50 км от этих объектов (было обследовано 90 тыс. пациентов, подвергнутых воздействию выбросов от таких заводов и установок).

Для контроля содержания вредных веществ в отходящих газах планируется осуществлять мониторинг их химического состава по 25 наименованиям, при этом «on-line» контроль в режиме реального времени предусматривается только по 10 наименованиям веществ, в которые не входят наиболее критичные по токсичности компоненты (диоксины, бензапирен, ртуть, кадмий, барий, кобальт, ванадий, мышьяк, свинец, хром и их соединения), что не позволяет оперативно реагировать на превышение ПДВ. Следует отметить, что в настоящее время химико-аналитический арсенал не располагает соответствующими методиками «on-line» контроля состава выбросов по указанным компонентам в газовом потоке, в связи с чем возникает проблема создания приборного и методического обеспечения такого контроля. В отсутствие данного обеспечения строительство и введение в эксплуатацию ПТК на селитебных территориях ведет к существенным экологическим рискам и снижению уровня здоровьесбережения граждан.

В заключении необходимо подчеркнуть, что производственно-технические комплексы по обработке, утилизации и обезвреживанию токсичных отходов являются объектами постоянно-возобновляемой

химической опасности за счет многолетнего регулярного поступления на их территории вредных химических веществ в составе данных отходов, генерирующими как экологические риски для окружающей среды, так и риски для здоровья населения, постоянно проживающего в районах расположения ПТК. В отсутствие экологически безопасных технологий высокотермического обезвреживания токсичных отходов I и II классов, систем химико-аналитического контроля состава газовых выбросов по наиболее токсичным компонентам строительство соответствующих производственно-технических комплексов должно осуществляться в местах, где нет постоянно-проживающего населения, где отсутствуют земли сельскохозяйственного назначения, а также риски распространения токсичных веществ через водные горизонты.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Производственно-технический комплекс по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов I и II классов опасности «Камбарка» // Проектная документация. Т.5.7.2.1, раздел 5, подраздел 7. Саратов: АО ГСПИ, 2020. 128 с.
2. Петров В.Г. Расчет количества образовавшихся диоксинов в дымовых газах установок по сжиганию отходов и оценка токсичности газовой смеси // Химическая физика и мезоскопия. 2016. Т.18. N 3, С.460-467.
3. Петров В.Г., Корепанов М.А., Трубачев А.В., Жиров Д.К. Применение термодинамических и кинетических расчетов реакций синтеза диоксинов для контроля их количества в дымовых газах установок по сжиганию отходов // Механика и физико-химия гетерогенных сред, наносистем и новых материалов: сб. науч. тр. / под ред. В.А. Дементьева. Ижевск: Изд-во Ин-та механики УрО РАН, 2015. С.147-161.
4. Javier García-Pérez, Pablo Fernández-Navarro, Adela Castelló, María Felicitas López-Cima, Rebeca Ramis, Elena Boldo, Gonzalo López-Abente. Cancer mortality in towns in the vicinity of incinerators and installations for the recovery or disposal of hazardous waste // Environment International. 2013. Vol.52. P. 31-44.

*Шаяхметова Г. М., Макашина Е. М., Ряписова Л. В.*

Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
г. Казань, Российская Федерация

### **РАСЧЕТ РАСХОДОВ НА УТИЛИЗАЦИЮ ОТХОДОВ I КЛАССА ОПАСНОСТИ НА ПРИМЕРЕ РТУТНЫХ ЛАМП**

*Аннотация.* В статье приведены расчеты образования отходов ртутных ламп разных типов, расхода на их утилизацию и исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды. Предложена альтернативная замена ртутных ламп светодиодными светильниками.

*Ключевые слова:* ртутные лампы, класс опасности, ущерб.

## **CALCULATION OF WASTE DISPOSAL COSTS OF HAZARD CLASS I ON THE EXAMPLE OF MERCURY LAMPS**

*Abstract.* The article presents the calculation of waste generation of mercury lamps of different types, the calculation of the cost of their disposal and the calculation of the amount of damage caused to soils as an object of environmental protection. An alternative replacement of mercury lamps with LED lamps is proposed.

*Key words:* mercury lamps, hazard class, damage.

Отходы I класса опасности – чрезвычайно опасные вещества, способные проникнуть в воздух, поверхностные и подземные воды, почву при нарушении норм охраны труда, из-за низкой квалификации работников, несоблюдения требований по размещению веществ [1].

К первому классу опасности относятся: ртутьсодержащие приборы и элементы, отходы мышьяка, конденсаторы, трансформаторы, асбестовая пыль, разнообразные синтетические и минеральные масла и прочие. Отходы I класса содержат значительную составную часть веществ, чрезвычайно опасных для здоровья человека и окружающей среды в целом.

К промышленным отходам этого класса относятся люминесцентные и дуговые ртутные люминесцентные лампы, которые используются для освещения производственных помещений [2].

Популярность люминесцентных ламп обусловлена их преимуществами над лампами накаливания:

- значительно большая светоотдача и более высокий КПД;
- разнообразие оттенков света;
- рассеянный свет;
- длительный срок службы.

Однако у них есть и свои недостатки, главный из которых – химическая опасность, т.к. люминесцентные лампы содержат ртуть в количестве от 10 мг до 1 г [3].

ДРЛ (Дуговая Ртутная Люминесцентная) - принятое в отечественной светотехнике обозначение РЛВД, применяется для общего освещения цехов, улиц, промышленных предприятий и других объектов, не предъявляющих высоких требований к качеству цветопередачи и помещений без постоянного пребывания людей.

Одно из преимуществ данных ламп – достаточно высокая эффективность и высокие показатели энергосбережения. Также к достоинствам ДРЛ следует отнести малые габариты корпуса, малая цена в сравнении со светодиодной продукцией, срок эксплуатации – до 12 тысяч часов.

К одним из существенных недостатков ламп ДРЛ следует отнести наличие ртути и интенсивное образование озона при их горении, а также:

- Долгое время выхода на режим.
- Чувствительность к броскам напряжения.
- Чувствительность к температуре окружающей среды.
- Очень сильный нагрев и т.д. [4]

Расчет образования ламп ртутных, ртутно- кварцевых, люминесцентных, утративших потребительские свойства (люминесцентные лампы)

$$M = \sum n_i \cdot m_i \cdot t_i \cdot 10^{-6} / k_i$$

где:

$n_i$  - количество установленных ламп  $i$ - той марки, шт.;

$t_i$  – фактическое количество часов работы ламп  $i$ - той марки, час/год;

$k_i$  – эксплуатационный срок службы ламп  $i$ - той марки, час;

$m_i$  – вес одной лампы, г.

Нормативный срок службы одной лампы по ГОСТ составляет 15000 часов для ЛБ- 20, 12000 часов для ЛБ- 40, ЛБ- 80 и ЛБ- 36.

Время работы одной лампы – 8 часов в смену.

Исходные данные для расчета:

Число рабочих смен в году – 243 смены/год

*Таблица 1*

Данные для расчета образования люминесцентных ламп

Тип лампы	Количество установленных ламп, штук	Эксплуатационный срок службы ламп, час	Вес лампы, г
ЛБ – 20	4555	15000	170
ЛБ – 40	3580	12000	210
ЛБ – 80	2600	12000	450
ЛБ – 36	365	12000	210
Всего	11100	-	-

$$M_{\text{ЛБ 20}} = 4555 \text{ шт.} \cdot \frac{8 \text{ час} \cdot 243 \frac{\text{смен}}{\text{год}}}{15000 \text{ час}} \cdot \frac{170 \text{ г}}{1000000} = 0,1004 \text{ т}$$

$$M_{\text{ЛБ 40}} = 3580 \text{ шт.} \cdot \frac{8 \text{ час} \cdot 243 \frac{\text{смен}}{\text{год}}}{12000 \text{ час}} \cdot \frac{210 \text{ г}}{1000000} = 0,1218 \text{ т}$$

$$M_{\text{ЛБ 80}} = 2600 \text{ шт.} \cdot \frac{8 \text{ час} \cdot 243 \frac{\text{смен}}{\text{год}}}{12000 \text{ час}} \cdot \frac{450 \text{ г}}{1000000} = 0,1895 \text{ т}$$

$$M_{\text{ЛБ } 36} = 365 \text{ шт.} \cdot \frac{\frac{8 \text{ час}}{\text{смену}} \cdot 243 \frac{\text{смен}}{\text{год}}}{12000 \text{ час}} \cdot \frac{210 \text{ г}}{1000000} = 0,0124 \text{ т}$$

Всего: 0,4241 тонн.

Расчет образования ламп ртутных, ртутно- кварцевых, люминесцентных, утративших потребительские свойства (ртутные лампы)

$$M = \sum n_i \cdot m_i \cdot t_i \cdot 10^{-6} / k_i$$

где:

$n_i$  - количество установленных ламп  $i$ - той марки, шт.;

$t_i$  – фактическое количество часов работы ламп  $i$ - той марки, час/год;

$k_i$  – эксплуатационный срок службы ламп  $i$ - той марки, час;

$m_i$  – вес одной лампы, г.

Нормативный срок службы одной лампы по ГОСТ составляет 15000 часов для ДРЛ- 250 и ДРЛ- 400.

Время работы одной лампы – 8 часов в смену.

Исходные данные для расчета:

Число рабочих смен в году – 243 смены/год

Таблица 2

Данные для расчета образования ртутных ламп

Тип лампы	Количество установленных ламп, штук	Эксплуатационный срок службы ламп, час	Вес лампы, г
ДРЛ - 250	437	15000	400
ДРЛ - 400	125	12000	400
Всего	562	-	-

$$M_{\text{ДРЛ}250} = 437 \text{ шт.} \cdot \frac{\frac{8 \text{ час}}{\text{смену}} \cdot 243 \frac{\text{смен}}{\text{год}}}{15000 \text{ час}} \cdot \frac{400 \text{ г}}{1000000} = 0,0227 \text{ т}$$

$$M_{\text{ЛБ } 40} = 125 \text{ шт.} \cdot \frac{\frac{8 \text{ час}}{\text{смену}} \cdot 243 \frac{\text{смен}}{\text{год}}}{12000 \text{ час}} \cdot \frac{400 \text{ г}}{1000000} = 0,0081 \text{ т}$$

Всего: 0,0308 тонн [5].

Расходы на утилизацию:

$$R_{\text{ут}} = n \cdot z,$$

где:

$z$ - цена за утилизацию 1 лампы;



n – количество ламп.

Расчет расхода на утилизацию ламп ртутных, ртутно - кварцевых, люминесцентных, утративших потребительские свойства (люминесцентные лампы):

$$R_{\text{ут}} = 11100 \cdot 9,5 = 105450 \text{ руб}$$

Расчет расхода на утилизацию ламп ртутных, ртутно- кварцевых, люминесцентных, утративших потребительские свойства (ртутные лампы):

$$R_{\text{ут}} = 562 \cdot 20 = 11240 \text{ руб}$$

Расчет исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды

1. Исчисление в стоимостной форме размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды, осуществляется по формуле:

$$УЩ = УЩ_{\text{загр}} + УЩ_{\text{отх}} + УЩ_{\text{перекр}} + УЩ_{\text{сн}} + УЩ_{\text{уничт}} = 1401078 \text{ руб},$$

где:

УЩ - общий размер вреда, причиненного почвам (руб);

УЩ<sub>загр</sub> - размер вреда в результате загрязнения почв, возникшего при поступлении в почву загрязняющих веществ, приводящему к несоблюдению нормативов качества окружающей среды для почв, включая нормативы предельно (ориентировочно) допустимых концентраций загрязняющих веществ в почвах;

УЩ<sub>отх</sub> - размер вреда в результате порчи почв при их захламлении, возникшего при складировании на поверхности почвы или почвенной толще отходов производства и потребления;

УЩ<sub>перекр</sub> - размер вреда в результате порчи почв при перекрытии ее поверхности, возникшего при перекрытии искусственными покрытиями и (или) объектами (в том числе линейными) (руб).

УЩ<sub>сн</sub> - размер вреда в результате порчи почв при снятии плодородного слоя почвы (руб);

УЩ<sub>уничт</sub> - размер вреда в результате уничтожения плодородного слоя почвы (руб).

2. Исчисление в стоимостной форме размера вреда в результате загрязнения почв, возникшего при поступлении в почву загрязняющих веществ, приводящему к несоблюдению нормативов качества окружающей среды для почв, включая нормативы предельно (ориентировочно) допустимых концентраций загрязняющих веществ в почвах осуществляется по формуле: (в ред. Приказа Минприроды России от 11.07.2018 N 316)

$$УЩ_{\text{загр}} = C_3 \cdot S \cdot K_r \cdot K_{\text{исп}} \cdot T_x = 100 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 500 = 50000 \text{ руб},$$

где:

УЩ<sub>загр</sub> - размер вреда (руб);

C<sub>3</sub> - степень загрязнения;

$S$  - площадь загрязненного участка ( $\text{м}^2$ );

$K_r$  - показатель, учитывающий глубину загрязнения, порчи почв при перекрытии ее поверхности искусственными покрытиями и (или) объектами (в том числе линейными);

$K_{\text{исп}}$  - показатель, учитывающий категорию земель и вид разрешенного использования земельного участка;

$T_x$  - такса для исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды, при загрязнении почв (руб/  $\text{м}^2$ ).

3. Степень загрязнения зависит от соотношения фактического содержания  $i$ -го загрязняющего вещества в почве к нормативу качества окружающей среды для почв. Соотношение ( $C$ ) фактического содержания  $i$ -го загрязняющего вещества в почве к нормативу качества окружающей среды для почв определяется по формуле:

$$C = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{X_H} = \frac{0,005}{0,06} = 0,08$$

где:

$X_i$  - фактическое содержание  $i$ -го загрязняющего вещества в почве (мг/кг)

$X_H$  - норматив качества окружающей среды для почв (мг/кг).

В случае если отношение  $\frac{X_i}{X_H}$  для конкретного загрязняющего вещества меньше или равно 1, то данное отношение не включается в формулу.

4. Величина показателя, учитывающего глубину загрязнения почв ( $K_r$ ), определяется в соответствии с максимальной фактической глубиной загрязнения почв, которая не может превышать значения мощности почв в зависимости от приуроченности земельного участка к лесорастительным зонам и земельным участкам, расположенным севернее зоны притундровых лесов и редкостойной тайги.

При глубине загрязнения почв до 20 см ( $K_r$ ) принимается равным 1.

5. Величина показателя, учитывающего категорию земель и вид разрешенного использования земельного участка ( $K_{\text{исп}}$ ), равна:

для земель остальных категорий и видов разрешенного использования - 1,0.

6. Исчисление в стоимостной форме размера вреда в результате порчи почв при их захламлении, возникшего при складировании на поверхности почвы или почвенной толще отходов производства и потребления, осуществляется по формуле:

$$\text{УЩ}_{\text{отх}} = \sum_{i=1}^n (M_i \cdot T_{\text{отх}}) \cdot K_{\text{исп}} = (0,0308 \cdot 35000) \cdot 1 = 1078 \text{ руб,}$$

где:

$\text{УЩ}_{\text{отх}}$  - размер вреда (руб);

$M_i$  - масса отходов с одинаковым классом опасности (т);

$n$  - количество видов отходов, сгруппированных по классам опасности в пределах одного участка, на котором выявлено несанкционированное размещение отходов производства и потребления;

$K_{исп}$  - показатель, учитывающий категорию земель и вид разрешенного использования земельного участка.

$T_{отх}$  - такса для исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды, в результате порчи почв при их захламлении (руб/т).

7. Исчисление в стоимостной форме размера вреда в результате порчи почв при перекрытии ее поверхности, возникшего при перекрытии искусственными покрытиями и (или) объектами (в том числе линейными) осуществляется по формуле:

$$УЩ_{перекр} = S \cdot K_r \cdot K_{исп} \cdot T_x = 100 \cdot 1 \cdot 500 = 50000 \text{ руб.},$$

где:

$УЩ_{перекр}$  - размер вреда (руб);

$S$  - площадь участка, на котором обнаружена порча почв ( $m^2$ );

$K_r$  - показатель, учитывающий глубину загрязнения, порчи почв при перекрытии ее поверхности искусственными покрытиями и (или) объектами (в том числе линейными),

$K_{исп}$  - показатель, учитывающий категорию земель и вид разрешенного использования земельного участка,

$T_x$  - такса для исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды, при порче почв (руб/  $m^2$ ).

8. Исчисление в стоимостной форме размера вреда в результате порчи почв при снятии плодородного слоя почвы осуществляется по формуле:

$$УЩ_{сн} = S \cdot K_{исп} \cdot T_x = 100 \cdot 1 \cdot 500 = 50000 \text{ руб.},$$

где:

$УЩ_{сн}$  - размер вреда (руб);

$S$  - площадь участка, на котором обнаружена порча почв при снятии плодородного слоя почвы ( $m^2$ );

$K_{исп}$  - показатель, учитывающий категорию земель и вид разрешенного использования земельного участка

$T_x$  - такса для исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды, при порче почв.

9. Исчисление в стоимостной форме размера вреда в результате уничтожения плодородного слоя почвы осуществляется по формуле:

$$УЩ_{уничт} = 25 \cdot S \cdot K_{исп} \cdot T_x = 25 \cdot 100 \cdot 1 \cdot 5000 = 1250000 \text{ руб.},$$

где:

$УЩ_{уничт}$  - размер вреда (руб) [6].

Так как использование ртутных ламп может нанести огромный ущерб природной среде и человеку в случае попадания ртути в объекты окружающей среды, предложено заменить эти лампы на светодиодные светильники.

Основными преимуществами светодиодного освещения являются:

- Экологичность (отсутствие токсичных компонентов, особенно ртути).
- Высокая световая отдача и низкое потребление электроэнергии.
- Длительный срок службы по сравнению с традиционными лампами

ДРЛ.

- Отсутствие ультрафиолетовых линий в спектре.
- Низкие расходы на техническое обслуживание.
- Снижение стоимости подводимой мощности.
- Стабильная работа при скачках напряжения, не требуется время для запуска.

- Повышенная прочность и вибрационная устойчивость приборов [7].

Заключение

На примере одного из предприятий города Казани показано образование количества отработанных ртутных ламп за один год, которые сдаются на утилизацию. Расходы на утилизацию составляют 116690 рублей. Эта сумма в десятки раз меньше суммы ущерба, наносимого почве при попадании в нее ртути. Ущерб составляет 1401078 руб.

Для того, чтобы уменьшить расходы предприятия на утилизацию отходов I класса опасности и уменьшить вред, наносимый окружающей среде, предлагается заменить ртутные лампы на лампы, которые по свойствам не уступают используемым в данное время, но не наносят большого вреда, так как относятся к отходам 4 класса опасности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. I класс опасности отходов. URL: <https://kaslpro.ru/blog/otkhody/1-klass-opasnykh-otkhodov/> (дата обращения 18.04.2022г.).
2. Класс опасности отходов. URL: <https://eco-rs.ru/classi-opasnosti/> (дата обращения 19.04.2022г.).
3. Люминесцентная лампа. URL: [https://studbooks.net/1707037/matematika\\_himiya\\_fizika/lyuminestsentnye\\_lampy](https://studbooks.net/1707037/matematika_himiya_fizika/lyuminestsentnye_lampy) (дата обращения 17.04.2022г.).
4. Лампа ДРЛ, устройство, принцип работы. URL: <https://vamfaza.ru/drl250/#%D0%92%D1%8B%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%8B> (дата обращения 19.04.2022г.).
5. Проект нормативов образования отходов и лимиты на их размещение.
6. Приказ Минприроды России от 08.07.2010 N 238 (ред. от 11.07.2018) "Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды".
7. Замена традиционных ламп ДРЛ, ДРИ и ДНАТ в светильниках на светодиодные лампы. URL: <https://www.platan.ru/news/Altair.shtml> (дата обращения 20.04.2022г.).

Шинко Ю. С.<sup>1</sup>, Муравьева Н. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Калужский филиал Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана, г. Калуга, Российская Федерация

<sup>2</sup>МБОУ «СОШ 51» г. Калуги, г. Калуга, Российская Федерация

## **ОСОБЕННОСТИ УТИЛИЗАЦИИ ИСТОЧНИКОВ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ (ИБП)**

*Аннотация.* В работе раскрываются особенности утилизации источников бесперебойного питания. Описывается конструктивная составляющая ИБП, тонкости утилизации его составляющих.

*Ключевые слова:* утилизация источников бесперебойного питания, ИБП, утилизация АКБ, утилизация алюминия, утилизация полимерных отходов, утилизация электрического лома.

*Shinko Y. S., Nikulina S. N.*

Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University, Kaluga, Russian Federation

## **FEATURES OF DISPOSAL OF UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLIES (UPS)**

*Abstract.* The paper reveals the features of the utilization of uninterruptible power supplies. Describes the design component of the UPS, the subtleties of disposal of its components.

*Key words:* disposal of uninterruptible power supplies, UPS, battery disposal, aluminum disposal, polymer waste disposal, electrical scrap disposal.

Утилизация отходов - использование отходов для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг, включая повторное применение отходов, в том числе повторное применение отходов по прямому назначению (рециклинг), их возврат в производственный цикл после соответствующей подготовки (регенерация), извлечение полезных компонентов для их повторного применения (рекуперация), а также использование твердых коммунальных отходов в качестве возобновляемого источника энергии (вторичных энергетических ресурсов) после извлечения из них полезных компонентов на объектах обработки, соответствующих требованиям, предусмотренным пунктом 3 статьи 10 настоящего Федерального закона (энергетическая утилизация); (в ред. Федеральных законов от 29.12.2014 N 458-ФЗ, от 27.12.2019 N 450-ФЗ)[1].

Утилизация источников бесперебойного питания (ИБП) является наиважнейшим процессом, требуемый для защиты окружающей среды от техногенного мусора. ИБП реализует защиту электроприборов от скачков напряжения, выравнивают электрическое напряжение в сети до нормальных значений и дают возможность на определенное время использовать электротехнику при аварийном отключении.

ИБП конструктивно состоит из:

1. Корпус - ABS-пластик, поливинилхлорид, полиэтилен низкого давления, полистирол, стеклонаполненный полиамид, поликарбонат, полиметилметакрилат. ABS-пластик (акрилонитрил-бутадиен-стирол). Широкое распространение для изготовления корпусных деталей ABS-пластик получил за счет блестящей поверхности и хороших эксплуатационных качеств;

2. Плата управления или в утилизации это электронный лом – совокупность радиокомпонентов, собранных в какое-то устройство. В нем содержатся микросхемы, транзисторы, резисторы, конденсаторы, которые производятся с использованием драгоценных металлов. В каких-то компонентах их больше, в каких-то меньше. Применяется золото, серебро, палладий, тантал;

3. Аккумуляторы для источников бесперебойного питания производят с использованием кислотно-свинцовых элементов, по принципу работы они практически идентичны с автомобильным АКБ. Свинец, который входит в состав ИБП, является опасным компонентом и при попадании в окружающую среду приводит к серьезным проблемам. Помимо того, если вещество попадет в организм человека, то можно заработать тяжелое отравление. Именно по этим причинам необходима правильная утилизация источников бесперебойного питания. Их ни в коем случае нельзя выбрасывать вместе с обычным мусором.

Алюминиевый каркас.

Конструктивная особенность всех ИБП заключается в съемном аккумуляторе[2].

В связи с тем, что в состав ИБП входит несколько видов продуктов из которого и состоит ИБП, необходимо утилизировать каждый продукт отдельно.

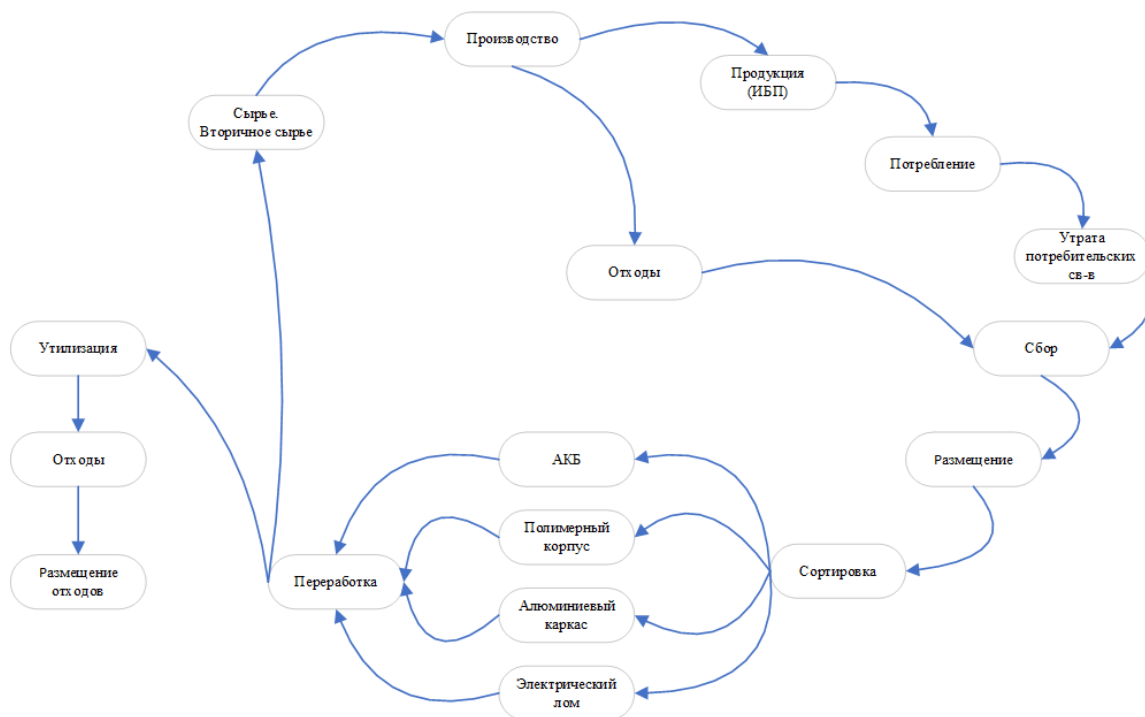


Рис. 1. Схема утилизации ИБП

В соответствии с распоряжением от 25 июля 2017 года N 1589-р «Об утверждении перечня видов отходов производства и потребления, в состав которых входят полезные компоненты, захоронение которых запрещается». ИБП нельзя захоранивать, его требуется утилизировать.

В состав ИБП входят такие виды отходов производства и потребления как:

1. Аккумуляторные батареи источников бесперебойного питания свинцово-кислотные, утратившие потребительские свойства с электролитом (код ФККО 4 82 212 11 53 2);

2. Лом и отходы алюминия в кусковой форме незагрязненные (код ФККО 4 62 200 03 21 5);

3. Платы электронные (кроме компьютерных), утратившие потребительские свойства (код ФККО 4 81 121 91 52 4);

4. Тара из разнородных полимерных материалов, не содержащих галогены, незагрязненная (код ФККО 4 34 199 71 52 4).

Утилизация АКБ.

Утилизация батареи состоит из двух направлений:

1. слив и нейтрализацию жидких опасных веществ (в первую очередь электролита);

2. сортировку твердых отходов, измельчение металла и пластика для переработки и вторичного применения.

Определение опасных отходов определяет, что свинцово-кислотные батареи определяются как Опасные отходы и должны утилизироваться в соответствии с этой классификацией. Владелец/конечный пользователь несет ответственность с даты покупки до даты утилизации за обеспечение надлежащего и юридически приемлемого способа утилизации. Единственным юридически приемлемым методом утилизации свинцово-кислотных аккумуляторов является их переработка на вторичное сырье.

Причина строгого набора правил, регулирующих утилизацию батарей, заключается в том, что свинцово-кислотные батареи в основном состоят из 60-75% [по весу] свинца [Pb], диоксида свинца [PbO<sub>2</sub>] и электролита из раствора серной кислоты. Этот элемент тяжелого металла делает их токсичными, а неправильная утилизация может быть опасной для окружающей среды. Неправильная и незаконная утилизация свинцово-кислотных аккумуляторов проявляется в виде загрязнения нашей питьевой воды и продуктов питания, произведенных из ингредиентов, подверженных воздействию небольших и умеренных уровней содержания свинца. Люди очень восприимчивы к воздействию свинца, и дети наиболее уязвимы. Основным органом-мишенью свинца является периферическая нервная система, которая вызывает плохой рост, задержку обучения и снижение интеллекта. Это также известно как отравление свинцом.

Переработка алюминия требует прохождения нескольких этапов:

1. Сбор

Лом алюминия принимается во всех пунктах металлолома.

## 2. Сортировка

99% поступающего в переработку лома не является чистым алюминием. Это разнообразные сплавы. При переработке лом сортируется различными способами:

- по наличию маркировки;
- по удельному весу, плотности, цвету;
- методом магнитного сепарирования;
- анализ химического состава.

## 3. Переплавка

После сортировки металл измельчается и направляется в плавильный цех. При воздействии температурой 660°C алюминий плавится и в жидком состоянии отправляется в специальные формы.

## 4. Производство

Полученное алюминиевое сырье направляется на заводы. Здесь из него производятся детали для двигателей, профили, направляющие, бытовые изделия и т.д.

Основные способы переработки электронного лома:

- механический;
- гидрометаллургический;
- механический в сочетании с гидрометаллургической переработкой концентрата;
- обжиг с последующей плавкой (пиromеталлургия).

При этом известны технологии переработки как смешанного лома, так и его отдельных узлов (например, печатных плат) и элементов (например, полупроводниковых приборов).

Технология утилизации электронного лома предусматривает несколько этапов:

- демонтаж оборудования, разделение и предварительная сортировка электронного лома;
- многократное дробление полученного материала, сепарация и обогащение лома путем гидрометаллургических процессов (растворение в воде с помощью реагентов);
- пиromеталлургическая обработка (плавка) с получением чистых металлов;
- использование полученного вторичного сырья для производства других продуктов и товаров народного потребления[3].

### Утилизация полимерных отходов

Для утилизации полимерных отходов применяется несколько методов. Выбор зависит от состава поступающего сырья и необходимых характеристик для вторичных товаров. Методы утилизации и переработки полимерных отходов:

- захоронение;
- механическое дробление;



- термическое воздействие;
- формовка;
- химические;
- физические;
- биологические.

Составом определяются свойства сырья, которые ограничивают применение некоторых методов. Например, эластичные соединения не подвергаются механической обработке из-за тягучести, поэтому они отправляются на переплавку для получения густой массы.

Верно сформированная утилизация ИБП может обеспечить до 30% сырья/вторично сырья производство, что сократит расходы. Большой вклад в развитие вторичной переработки вносит государство, различными способами стимулирующее применение вторсырья. В частности, таким стимулом стало введение для компаний «утилизационного сбора», который могут платить не в полном объеме компании, использующие вторичное сырье.

## СПИСОК ЛИТЕРАУРЫ

1. Об отходах производства и потребления : Федер. закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ: принят Гос. Думой 22 мая 1998 г. : одобрен Советом Федерации 10 июня 1998 г.: (ред. от 02.07.2021). — СПС «КонсультантПлюс». — URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/70291362/paragraph/1:2> (дата обращения: 23.04.2022). — Текст : электронный.
2. Емеличев, А.А. ОСНОВНЫЕ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ РАБОТУ ИСТОЧНИКА БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ / А.А. Емеличев // Сервис в России и за рубежом. — 2009. — № 2. — С. 39-46. — ISSN 1995-042X. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/294762> (дата обращения: 23.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Грошев, А. С. Информатика : учебник / А. С. Грошев, П. В. Закляков. — 2-е изд. — Москва : ДМК Пресс, 2014. — 592 с. — ISBN 978-5-94074-766-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/50569> (дата обращения: 27.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

*Юнак С., Анфилов К. Л., Чериканова Е. А.*

Калужский филиал Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана, г. Калуга, Российская Федерация

## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ ПОЛИПРОПИЛЕНА

*Аннотация.* В работе раскрывается сущность процесса утилизации полипропилена, описывается разновидность полипропилена, динамика производства и потребления полипропилена на российском рынке за последние 10 лет, а также способы его утилизации.

*Ключевые слова:* Утилизация полипропилена, разновидность полипропилена, вторичная переработка полипропилена, объемы потребления полипропилена, методы переработки полипропилена, вторичный полипропилен.

*Yunak S., Anfilov K. L., Cherikanova E. A.*

Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University, Kaluga, Russian Federation

## **SOME QUESTIONS OF POLYPROPYLENE DISPOSING**

*Abstract.* The paper reveals the essence of the polypropylene recycling process. It describes the variety of polypropylene, the dynamics of polypropylene production and consumption in the Russian market over the past 10 years, as well as ways of its disposal.

*Key words:* Polypropylene utilization, polypropylene variety, polypropylene recycling, polypropylene consumption volumes, polypropylene recycling methods, recycled polypropylene.

Утилизация полипропилена является одной из разновидностей процессов получения изделий из пластмасс, собственно в общем виде называемой «утилизация пластмасс». Суть процесса заключается в использовании полипропиленовых гранул (гораздо реже полипропилена в любой другой форме) в виде полимерного сырья с последующим расплавлением их и формованием необходимых изделий.

Полипропилен или ПП, РР (англ.) – это синтетический полимер пропилена (пропена), являющийся термопластом, есть материал, способный к многократной переработке. Полипропилен является сырьем для производства огромного множества изделий – от пленок и волокон до огромных мусорных баков и контейнеров. По международному стандарту изделия из ПП для вторичной переработки маркируются цифрой 5 в треугольнике.

Полипропилен – подходящий для получения изделий материал, он достаточно прочен и стабилен при различных температурах переработки, достаточно легко плавится и формуется любыми методами формования пластмасс. Немаловажный факт, обеспечивающий широкий спрос на полипропилен – это его невысокая цена.

Все многочисленные марки полипропилена подразделяются на три большие группы:

- гомополимеры полипропилена, макромолекулы которых включают только мономер пропилен;
- блоксополимеры полипропилена, молекулы которых состоят из пропиленовых или этиленовых звеньев, находящихся в виде блоков в определенной последовательности;
- статистические (рандом) сополимеры полипропилена, в них звенья этилена и пропилена чередуются друг с другом в хаотическом порядке.

Описанные разновидности полипропилена отличаются друг от друга по свойствам. Так, рандом сополимер имеет гораздо большую прозрачность, чем два остальных типа. Оба вида сополимеров обладают гораздо более высокой морозостойкостью, чем гомополимер. Последний же существенно более твердый, чем сополимеры и т.д. [3].

На сегодняшний день по объемам потребления полипропилен уступает только полиэтилену (ПЭ) и поливинилхлориду (ПВХ). В последние годы спрос на полипропилен рос значительно быстрее, чем на другие виды полиолефинов. Так, в 2000 г. мировой спрос на полипропилен составил 30,6 млн. т. полипропилена, а в 2013 г. — уже 57 млн. т. При этом наблюдалась некоторая тенденция вытеснения полипропиленом других полимеров —полистирола (ПС), АБС-пластиков и ПВХ. Специалисты прогнозируют дальнейший экспорт мирового спроса, а производители в ответ наращивают мощности. Так, за последние несколько лет были запущены крупные заводы в Египте (компания ЕРРС, мощность — 400 тыс. т.), Саудовской Аравии (Al Waha, 510 тыс. т.), ОАЭ (Takreer, 600 тыс. т), России (ООО «Тобольск-Полимер», 500 тыс. т.) и других странах. На ближайшие три года запланировано открытие других крупных предприятий в США, Китае, Египте, Иране.

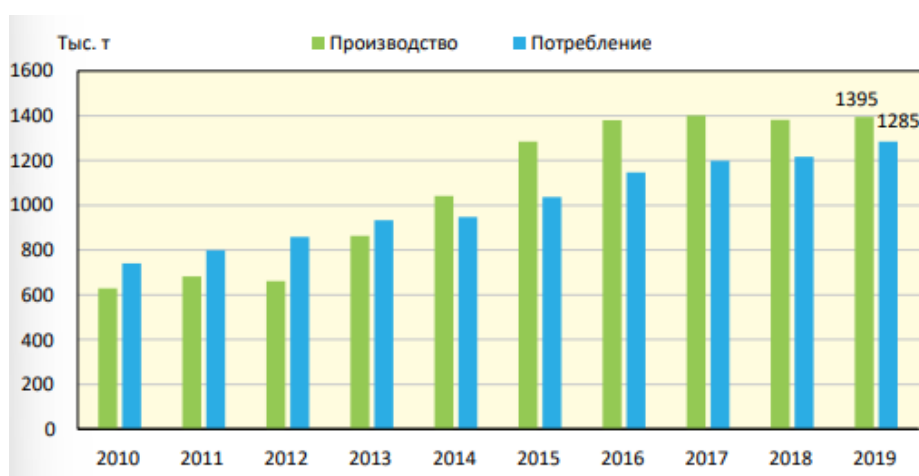


Рис. 1. Динамика производства и потребления на российском рынке ПП в 2010–2019 гг.

Высокая популярность полипропилена связана с тем, что он легко перерабатывается почти всеми известными способами (экструзией, выдувным формованием, литьем под давлением и др.), сравнительно недорог и обладает удачным сочетанием низкой плотности, хорошей прочности и относительно высокой теплостойкостью. Специалисты разрабатывают и внедряют инновационные технологии, которые позволяют целенаправленно изменять свойства полимера и полимерных материалов на его основе, открывая тем самым все новые и новые области применения полипропилена.

В результате оценки существующих проблем можно предложить схему замкнутого цикла утилизации полипропилена.

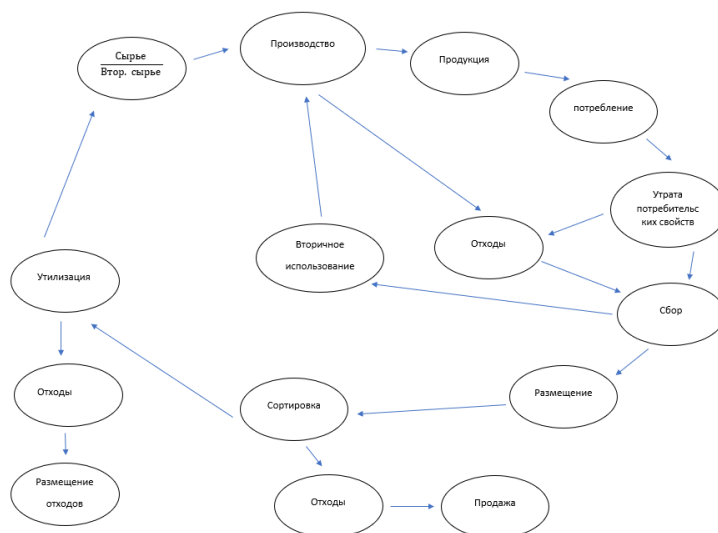


Рис. 2. Замкнутый цикл утилизации полипропилена

Полипропилен перерабатывают в изделия практически всеми основными методами производства изделий из пластмасс. Рассмотрим кратко эти методы:

### 1. Экструзия

Для производства полипропиленовых изделий в основном применяются одношнековые экструдеры без зоны дегазации и длиной шнека 25-28D. Выпуск полипропиленовых труб и профилей проводят, используя высокомолекулярные гранулированные марки полипропилена при температуре 200-280 градусов С. Полипропиленовые пленки обычно выпускают на высокопроизводительных линиях, причем в отличие от полиэтилена, наиболее распространенной является плоскощелевая экструзия.

### 2. Литье под давлением

Огромное количество штучных изделий выпускаются из полипропилена литьем – начиная от медицинских шприцев и прочих медицинских изделий и заканчивая автомобильными бамперами. Литье проводят на стандартных машинах для литья пластмасс под давлением – термопластавтоматах всех типов при тех же примерно температурах, что экструзию – от 200 до 300 градусов С.

### 3. Прочие методы переработки.

Кроме двух основных методов полипропилен перерабатывается в изделия выдувным формованием, как экструзией с раздувом, так и инъекцией с раздувом. Такими способами получают разнообразные бутылки, баночки, канистры и т.п. емкости. Особых требований по конструкции экструзионно-выдувных и инъекционно-выдувных машин для работы с полипропиленом нет.

Термоформованием (пневмо- или вакуумформованием) из предварительно экструдированных полипропиленовых листов производят различные тонкостенные емкости прежде всего упаковочного назначения, а также одноразовую посуду.

Изделия из полипропилена, например, различные фасонные части трубопроводов, изготавливают при помощи сварки полимерных полуфабрикатов всеми известными способами сварки пластмасс – контактной,

сваркой трением, присадочным прутом и т.д. Полипропилен также идеальный материал для декорирования изделий по технологиям IML (этикетирование в прессформе) и IMD (декорирование в прессформе). Перерабатывается этот неприхотливый материал и другими более редкими способами, например рототормованием, штамповкой, спеканием и прочими [2].

#### Вторичная переработка

По некоторым данным для полного разложения полипропилена необходимо до 500 лет. В этой связи в последние годы остро встал вопрос об утилизации и вторичной переработке полипропиленовых изделий (рециклингу). Самым простым способом для предприятий является сбор и измельчение собственного брака изделий и добавление полученного вторсырья вместо утилизации брака.

Более глубокий процесс вторичной переработки полимеров состоит из пяти основных этапов:

- сбор отработавших свой срок изделий,
- сортировка полимерных отходов;
- чистка и мойка вторсырья;
- измельчение и гранулирование вторичного полипропилена на специальной экструзионной линии (грануляторе);
- повторная переработка в изделия в чистом виде либо добавление к первичному полипропилену.

Чаще всего вторично переработанный полипропилен применяется для производства: компаундов для автопрома, в частности для автомобильных ковриков и деталей экстерьера авто; труб; щеток, метел и щетины для них; технической пленки; толстостенных ёмкостей; корпусных изделий; различных профилей и т.д.

Вторичный полипропилен имеет более низкую стоимость, чем первичный полимер, но обладает сопоставимыми с последним свойствами. Как правило, показатель текучести расплава вторичных гранул несколько ниже исходного полимерного сырья, а прочностные свойства незначительно уступают [1].

Большой вклад в развитие вторичной переработки полипропилена и других полимеров вносит государство, различными способами стимулирующее применение вторсырья. В частности, таким стимулом стало введение для компаний, специализирующихся на переработке первичного полипропилена «утилизационного сбора», который могут платить не в полном объеме компании, работающие на вторичных полимерах.

В связи с ростом спроса на полипропилен переработка полимера в России за последние 10 лет начала расширяться. Отмечается также стремление крупных производителей полипропилена самостоятельно заниматься его переработкой. Для этого они создают отдельные предприятия или приобретают профильные компании.

Для остальных переработчиков ситуация остается достаточно сложной. Запуск новых производств не привел к существенному снижению цен на материал. В некоторых сегментах рынка наблюдается жесткая конкуренция

с зарубежными производителями, и говорить о широких возможностях импортозамещения в таких областях применения как автомобилестроение, медицина и гигиена пока еще рано.

#### СПИСОК ЛИТЕРАУРЫ

1. Бледзки А.К., Шпербер В.Е., Вольф С. Способы предварительной обработки. В сб. «Вторичная переработка пластмасс»: Учебник/ под ред. Ф.П. Ла Мантия. - С-Петербург: «Профессия», 2006. - 400 с.
2. Вторичное использование полимерных материалов. Под ред. Е.Г. Любешкиной. - М.: Химия., 1985.
3. Негодяев Н.Д., Глухих В.В., Матерн А.И.. Полимеры - химия и жизнь. –Екатеринбург: объем УГТУ, экватор 1996. – 512 с.
4. Распоряжение правительства РФ 31 декабря 2020 года N 3722-р «Об утверждении нормативов утилизации отходов от использования товаров на 2021 и 2022 годы»

*Юрак В. В., Мальшев А. Н., Лебзин М. С., Апакашев Р. А.*

Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Российская Федерация

### **«ЗЕЛЕНАЯ» УТИЛИЗАЦИЯ ОСАДКОВ ВОДОПОДГОТОВКИ: ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР**

*Аннотация.* В условия сокращения лесов и роста численности населения планеты наблюдается повышенное потребление водных ресурсов человеком, что, в свою очередь, сопровождается ростом количества образованных осадков. При этом именно образование осадков водоподготовки на текущем этапе становится одной из актуальнейших проблем в условиях миграции населения из сел в города. Настоящее исследование представлено патентным обзором разработок по «зеленой» утилизации осадков водоподготовки. Идентифицированы четыре базовых направления применения осадков водоподготовки в хозяйственной деятельности, а именно: в качестве компонента строительных материалов, сорбента для очистки почв и вод, сырья для производства железосодержащих порошков и компонента почвогрунта. Установлено, что одним из главных направлений дальнейших исследований выступает создание и тестирование различных рецептур сорбентов - мелиорантов, в состав которых входят как осадки водоподготовки, так и торф, на предмет сорбции различных поллютантов в целях решения проблемы ликвидации накопленного экологического ущерба и создания новых инструментов минимизации экологической нагрузки.

*Ключевые слова:* осадки водоподготовки, утилизация, сорбент, мелиорант, поллютанты.

*Yurak V. V., Malyshev A. N., Lebzin M. S., Apakashev R. A.*  
Ural state mining university, Yekaterinburg, Russia

## **"GREEN" UTILIZATION OF WATER TREATMENT SLUDGES: PATENTS REVIEW**

*Abstract.* In conditions of forest reduction and population growth of the planet, there is an increased consumption of water resources by humans, which, in turn, is accompanied by an increase in the amount of water treatment sludges. At the same time, it is the formation of water treatment sludges at the current stage that is becoming one of the most urgent problems in the conditions of population migration from villages to cities. This study is presented by a patent review of developments on "green" utilization of water treatment sludges. Four basic directions of application of water treatment sludges in economic activity are identified, namely: as a component of building materials, a sorbent for soil and water purification, raw materials to produce iron-containing powders and a component of soil. It is established that one of the main directions of further research is the creation and testing of various formulations of sorbents - ameliorants, which include both water treatment sludges sediments and peat, for the sorption of various pollutants to solve the problem of eliminating accumulated environmental damage and creating new tools to minimize the environmental burden.

*Key words:* water treatment sludges, utilization, sorbent, ameliorant, pollutants.

Современные развитые и развивающиеся страны столкнулись с проблемой увеличения образования осадков водоподготовки и последующей их утилизацией. В связи с чем появляется все больше новых идей по переработке и их использованию в различных сферах. Таким образом, *целью* текущего исследования выступает проведение патентного обзора новых технологий по «зеленой» утилизации накопленных осадков водоподготовки и определение перспективных направлений для дальнейшей проработки.

Осадки водоподготовки – это труднорастворимые образования, которые получают в процессе очистки природных вод, преимущественно малого размера (менее 100 мкм), состоящие из органических и минеральных структур, при этом органические структуры преобладают над минеральными. Анализ патентов по тематике «зеленой» утилизации накопленных осадков водоподготовки позволяет идентифицировать четыре базовых направления применения осадков водоподготовки в хозяйственной деятельности (Рис. 1).



Рис. 1. Направления «зеленой» утилизации осадков водоподготовки

Так, в качестве компонента строительного материала осадки водоподготовки используются при изготовлении подземных конструкций - свай, фундаментов, подпорных стен, стен опускных колодцев, ограждающих конструкций тоннелей, элементов кровли, дорожных покрытий - бортовых камней, тротуарной плитки, сливных лотков, а также плит, настилов, прогонов, балок, ферм, арок, рам, декоративно-художественных изделий - памятников, барельефов. Результатом выступает утилизация отхода производства и получение бетона с низкой открытой пористостью и заданными плотностью и прочностью. Состав для серного бетона содержит вяжущее - серу элементарную и модификатор, а также наполнитель на основе шлама водоподготовки для объектов муниципального водоснабжения, предварительно отожженного при температуре 200°C и измельченного до крупности менее 0,15 мм, а в качестве модификатора - порошок оксида алюминия [1]. Здесь же можно отметить и изготовление дорожно-строительных материалов. В способе приготовления асфальтобетонной смеси, заключающемся в смешивании при температуре 130-150°C битума, минеральных наполнителей, обработанных модификатором в холодном состоянии путем распыления или разбрызгивания, и минерального порошка, обработку минеральных наполнителей модификатором осуществляют непосредственно на конвейерной ленте до просушивания наполнителей, при этом в качестве модификатора используют суспензию гидроксида железа (III) - осадка станции обезжелезивания подземной воды. Результатом данного изобретения является повышение эксплуатационных свойств – прочности, водостойкости, снижение водонасыщения, а также сокращение негативного воздействия на окружающую среду [2].



Еще одна модификация бетона, в состав которого входят осадки водоподготовки – это жаростойкий шлакощелочной пенобетон, предназначенный для теплоизоляции тепловых агрегатов и обладающий пониженной теплопроводностью при обеспечении прочности, достаточной для практического применения. Жаростойкий шлакощелочной пенобетон содержит: низкомодульное жидкое стекло, тонкодисперсный шлак, пенообразователь, тонкодисперсный нефелиновый шлак, тонкодисперсный вспученный вермикулит, нейтрализованный гальваношлак с влажностью 80% и осадок очистных сооружений станций водоподготовки с влажностью 80%, содержащий гидроксид алюминия  $Al(OH)_3$  [3].

В отношении примеров применения осадков водоподготовки в составе отделочных материалов могут служить патенты по составу шихты для изготовления керамических изделий [4] и по технологии получения железоксидных пигментов [5]. Во втором случае железоксидный шлак, являющийся отходом водоочистки, сушат, прокаливают и измельчают. При этом используют отход водоочистки железистых подземных вод с содержанием железа не менее 42%. Прокаливание осуществляют путем постепенного нагрева, высушенного железоксидного шлама или до температуры 600°C для получения шоколадно-коричневого цвета пигмента, или до температуры 800°C для получения ярко-красного цвета пигмента, или до температуры 1050°C для получения черного цвета пигмента.

Вторым направлением является использование осадков водоподготовки в качестве сорбента. Так, можно отметить способ очистки воды, содержащей большое количество фтора. Для осуществления способа после очистки воды коагуляцией собирают осадок и обрабатывают его плавиковой кислотой до получения золя, что контролируется потенциометрическим или кондуктометрическим методом, с последующим отделением не растворившегося осадка механическим фильтрованием. Полученный фильтрат-золь используют в дальнейшем для коагуляции воды, требующей фторирования, а осадок используют при производстве строительных материалов. Способ обеспечивает извлечение из воды природного фтора с последующим его использованием для фторирования воды, обедненной фтором, а также повторное использование коагулянта после пептизации осадка гидроксида металла, что приводит к сокращению расхода реагентов и упрощению способа [6]. Еще одним примером реализации данного направления является разработка способа очистки вод хозяйственно-бытового и технического назначения от железосодержащих примесей для последующего получения фильтрующих материалов. В качестве исходного сырья для получения фильтрующего материала используют предварительно накопленный и обезвоженный осадок от очистки воды, содержащий преимущественно коллоидные частицы загрязнителя, имеющие химическое сродство к железу, осадок спрессовывают в брикеты до плотности 2,6 г/см<sup>3</sup>, обжигают путем термического спекания в конгломерат при температуре 1200-1400°C. Очистку воды производят на полученном фильтрующем материале. Результатом является использование

дешевого и доступного сырья для получения фильтрующего материала, обладающего повышенной сорбционной способностью [7].

Третьим направлением утилизации выступает использование осадков водоподготовки для получения высокодисперсных железосодержащих порошков из техногенных отходов станций водоподготовки подземных вод [8]. Изобретение относится к химической промышленности, металлургии и охране окружающей среды и может быть использовано для производства сталей, сплавов, магнитных порошков и жидкостей, а также катализаторов. Техногенные отходы станций водоподготовки подземных вод, такие как осадки промывных вод станций обезжелезивания, диспергируют ультразвуковым воздействием, обеспечивающим эквивалентный диаметр частиц не более 100 мкм у не менее чем 90% от их общего числа. Затем обезвоживают до относительной влажности не более 90%. Обезвоженный осадок загружают или подают поточно в реакционную камеру или реактор для восстановления содержащихся в нём соединений железа при температуре 300-900°C, используя газовую среду, состоящую не менее чем на 95% из смеси монооксида и диоксида углерода. После этого проводят сепарацию целевого продукта - соединений железа, имеющих ферромагнитные свойства, от компонентов, полученных в результате восстановительной реакции. Полученные высокодисперсные железосодержащие порошки охлаждают до температуры 90°C и менее для снижения их химической активности. Изобретение позволяет расширить минерально-сырьевую базу производства высокодисперсных и нанодисперсных железосодержащих порошков с массовым содержанием соединений железа не менее 40%.

В качестве четвертого идентифицированного направления «зеленой» утилизации осадков водоподготовки стоит особо отметить создание различных улучшителей почвы, техногенных грунтов и сорбентов. Примерами могут служить разработки по комплексной переработке водопроводных осадков путем создания вторичного ресурса в виде искусственного грунта. Так, например, почвогрунт содержит торф, песок, водопроводный осадок и пыль хлопка при следующем соотношении компонентов: водопроводный осадок 19,5–28,5%; хлопковая пыль с кондиционной влажностью от 1,3 до 3,5% и объемным весом 0,09 г/см<sup>3</sup> 0,5–1,5%; карьерный или речной песок с основной фракцией 1–2 мм 30–40%; низинный луговой торф - остальное. При получении почвогрунта водопроводный осадок предварительно обезвоживают до влажности 90%, смешивая с пылью хлопка [9]. В другом примере изобретение относится к области сельскохозяйственного производства и также может быть использовано при получении почвогрунтов. Способ включает смешивание осадка с порошкообразным низинным торфом, введение природного грунта, твердофазную ферментацию и фракционирование. В качестве осадка используют осадок станций водоподготовки влажностью не выше 75% и измельченный до фракции 5-7 мм. Использование данного почвогрунта обеспечивает высокую всхожесть травяных смесей на газонах [10].

По результатам патентного обзора стоит отметить особую важность исследований в направлении изучения и применения сорбционных свойств осадков водоподготовки. Разработки по созданию композиционных природных сорбентов - мелиорантов в последние годы набирают все большую актуальность по причине увеличения площади нарушенных земель и необходимости ликвидации накопленного экологического ущерба от деятельности прошлых поколений. Стоит особо отметить, что в обоих отмеченных выше изобретениях [9, 10] в состав почвогрунта включается торф. Научные исследования также подтверждают эффективность торфа как природного сорбента благодаря его высоким сорбционным свойствам. Так, направлением дальнейших перспективных исследований может быть создание и тестирование различных рецептур сорбентов - мелиорантов, в состав которых входят как осадки водоподготовки, так и торф, на предмет сорбции различных поллютантов, начиная от тяжелых металлов и заканчивая нефтепродуктами в целях решения проблемы ликвидации накопленного экологического ущерба и создания новых инструментов минимизации экологической нагрузки.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-24-20102, <https://rscf.ru/project/22-24-20102/>, при финансовой поддержке Правительства Свердловской области.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев В.Г., Владимирова Е.В., Чистякова Т.С. и др. Состав для серного бетона // Патент России № 2448924. 2010.
2. Тимрот С.Д., Ежов А.А., Задворнов И.М. и др. Способ приготовления асфальтобетонной смеси // Патент России № 2732176. 2019.
3. Сватовская Л.Б., Масленникова Л.Л., Абу-Хасан М. и др. Жаростойкий шлакощелочной пенобетон // Патент России № 2306301. 2006.
4. Шахов С.А., Николаев Н.Ю. Шихта для изготовления керамических изделий // Патент России № 2655868. 2016.
5. Лукашевич О.Д., Усова Н.Т., Герб Л.В., Гончаров О.Ю. Способ получения железоксидных пигментов // Патент России № 2471836. 2011.
6. Донцова М.И., Цапко В.В., Медведев М.И., Головаш Э.А. и др. Способ водоподготовки // Патент России № 2122524. 1992.
7. Браславец С.В., Буковский Б.Л., Еремин А.Ф. и др. Способ получения фильтрующего материала для очистки воды от железосодержащих примесей и способ очистки воды с использованием фильтрующего материала // Патент России № 2336120. 2007.
8. Максимов Л.И. Способ получения высокодисперсных железосодержащих порошков из техногенных отходов станций водоподготовки подземных вод // Патент России № 2755216. 2020.
9. Соколов Л.И., Колобова С.В., Силинский В.А. Почвогрунт // Патент России № 2734674. 2020.
10. Карев С.Ю., Прохоров И.С., Типцов А.А. Способ получения техногенного почвогрунта и техногенный почвогрунт // Патент России № 2497784. 2012.

## СЕКЦИЯ 5. ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

*Бахнова А. О., Мусина С. А.*

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа,  
Российская Федерация

### **ОЧИСТКА ВЫБРОСОВ ОТ ДРЕВЕСНОЙ ПЫЛИ КАК СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

*Аннотация.* В работе проведен анализ загрязнения окружающей среды деревообрабатывающими предприятиями, обоснована необходимость разработки технологии очистки выбросов и спроектирована система защиты атмосферы.

*Ключевые слова:* древесная пыль, фанера, выбросы, атмосфера, отходы.

*Bakhnova A. O., Musina S. A.*

Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation

### **CLEANING EMISSIONS FROM WOOD DUST AS A WAY TO REDUCE THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF A WOOD PROCESSING ENTERPRISE**

*Abstract.* The paper analyzes environmental pollution by woodworking enterprises, substantiates the need to develop a technology for cleaning emissions, and designed an atmosphere protection system.

*Key words:* wood dust, plywood, emissions, atmosphere, waste.

Производство ДВП, ДСП и фанеры занимает лидирующие позиции по объемам производства в РФ – более 6 млн м<sup>3</sup> в 2020 году [1]. Процесс производства фанеры протекает в несколько стадий: гидротермическая обработка древесины, лущение, сушка и сортировка шпона, набор пакетов – склеивание шпона, горячее прессование, обрезка и сортировка фанеры. Основным оборудованием при производстве продукции являются различные станки, клеенаматывающие вальцы, прессы и другие аппараты, в результате работы которых в воздух выделяется большое количество древесной пыли. Также загрязняющими веществами, которые поступают в окружающую среду от данного вида производства являются формальдегид, фенол, оксиды азота, оксиды углерода, взвешенные вещества, а также отходы, образующиеся на предприятии. [2]

Деревообрабатывающая промышленность вносит вклад в загрязнение атмосферного воздуха России на уровне 3 % объема выбросов от стационарных источников промышленных предприятий. Анализ статистических данных Росстата показывает, что с 2018 до 2020 гг. выбросы загрязняющих атмосферу веществ от деревообрабатывающих предприятий увеличились с 84,6 до 128,2 т/г. Башкирия занимает седьмую позицию среди российских регионов

по загрязненности воздуха [5]. Всего в лесопромышленный комплекс Башкирии входят 1128 организаций всех форм собственности, в том числе 272 лесозаготовительных предприятия, 531 деревообрабатывающих, 324 предприятия по производству мебели, 1 лесохимический комбинат.

Город Уфа отнесен к числу городов с высоким уровнем загрязнения атмосферы. Индекс загрязнения атмосферы равен 8,7 и определяется концентрациями формальдегида, бенз(а)пирена и диоксида азота. Один из самых крупных деревообрабатывающих предприятий в городе – ООО «Уфимский фанерный комбинат». В таблице 1 представлены данные о загрязняющих веществах и выбросах от предприятия ООО «Уфимский фанерный комбинат» с 2015 по 2020 гг.

Таблица 1

Выбросы приоритетных загрязняющих веществ с деревообрабатывающего предприятия за 2015–2020 гг.

№	Загрязняющие вещества	Класс опасности	Фактический объем загрязняющих веществ, т.						Установленный норматив ЦДВ, т
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	
1	Пыль древесная	2	66,1	64,53	65,96	63,68	66,515	66,8	33,4
2	Фенол	3	0,45	0,65	1,4	5,45	5,65	3,656	3,8
3	Формальдегид	3	5,125	6,4	7,39	8,395	9,23	5,8	5,9
4	Углерод оксид	4	24,3	25,05	26,15	27,44	30,1	31,85	35,2
5	Взвешенные вещества	2	20,6	22,845	23,6	24,65	26,16	23,475	27,4
6	Диоксид азота	2	48,35	49,125	50,18	51,63	54,3	52	60,3
<b>Итого</b>			164,93	168,6	174,68	181,25	191,96	183,58	

Количество загрязняющих веществ постепенно увеличилось с 164,93 т/год до 183,58 т/год, т.е в 1,1 раз. Для очищения воздуха от опилок, стружки и пылевых взвесей необходимо использовать промышленную вентиляцию или аспирацию.

Вентиляционные системы включают в себя аспирационные агрегаты и фильтры для очищения разных видов. Выбор такого оборудования зависит от используемого в производстве сырья, технологических особенностей и масштабов самого производства. Так как основную долю в валовых выбросах деревообрабатывающих предприятий составляет древесная пыль, то первоочередной задачей является эффективная очистка воздуха от пыли в рабочей зоне производственных помещений и охрана атмосферного воздуха от

загрязнения пылевыми выбросами с минимальными капитальными и эксплуатационными затратами. [4]

Одним из наиболее подходящих аппаратов для очистки воздуха от древесных отходов является пылеулавливающий агрегат ЗИЛ-900 М (рисунок 1). Агрегат состоит из следующих основных узлов: корпуса, в котором расположены циклон и двенадцать фильтрующих рукавов; вентилятора с электродвигателем; бункера с совком для удаления пыли [3].

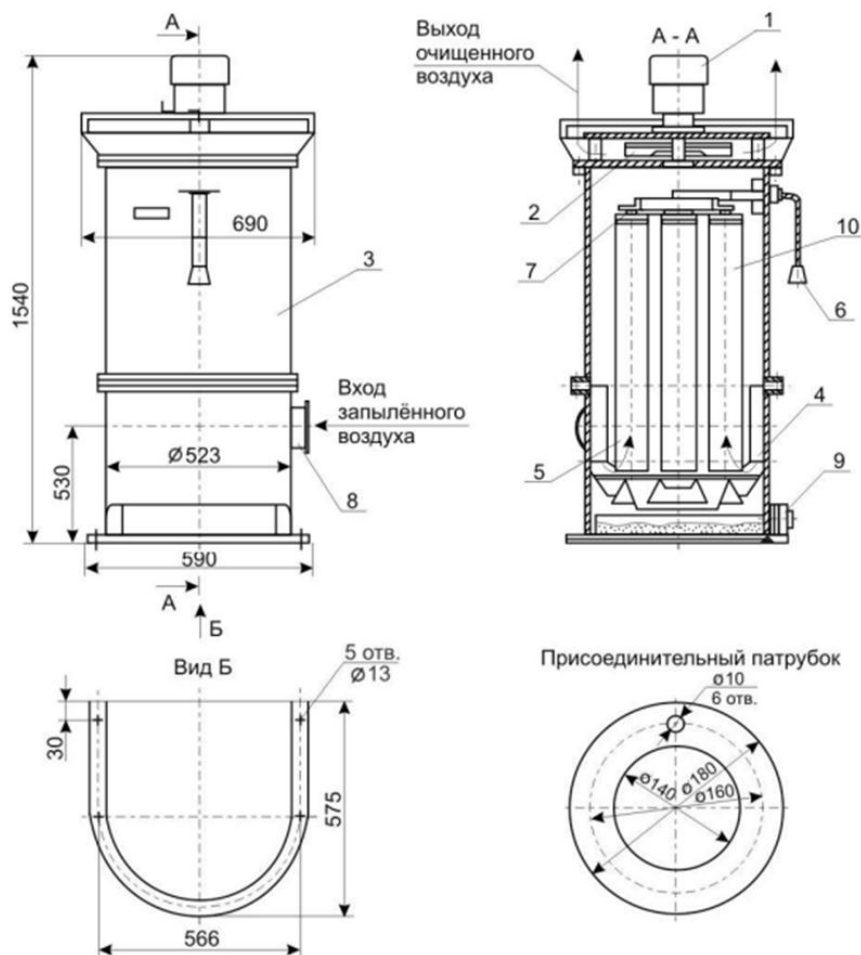


Рис. 1. Пылеулавливающий агрегат ЗИЛ-900М:

- 1 – электродвигатель; 2 – вентилятор; 3 – корпус; 4 – фильтр грубой очистки;  
 5 – фильтр тонкой очистки; 6 – рукоятка встряхивающего механизма;  
 7 – встряхивающий механизм; 8 – присоединительный патрубок; 9 – бункер с совком;  
 10 – рукав.

Процесс очищения воздуха – двухэтапный:

- Первый этап – грубой очистки. На этой стадии воздуху придаётся вихревое движение, в результате которого из него выпадают крупные частицы
- Второй этап – тонкой очистки. Воздух фильтруется через тканевый «рукав». В выходном потоке воздухе содержание пыли меньше в 100 раз, чем во входном. Материальный баланс очистки воздуха представлен в таблице 2.

Рукавный фильтр агрегата периодически очищается от пыли при помощи ручного встряхивающего механизма. Для отвода запыленного воздуха из укрытия следует применять круглые металлические воздухопроводы или гибкие металлические рукава. Воздуховоды прокладываются по кратчайшему пути, желательно без отводов [3].

Забор загрязнённого воздуха в аспирационные установки ЗИЛ-900М производится через всасывающий патрубок, расположенный в нижней части корпуса. Очищенная воздушная струя поступает в помещение через решётку, находящуюся в верхней части агрегата. Продув воздуха через аспирационную установку ЗИЛ-900 производит лопастный электровентилятор. Остаточное содержание пыли по массе воздуха после рукавного фильтра составляет  $0,8 \text{ мг/м}^3$  и, соответственно, очищенный воздух может быть возвращен в рабочее помещение.

Таблица 2

Сводный материальный баланс процесса очистки воздуха

Приход				
1	2	3	4	5
	т/ч	т/сут	т/год	%
1. Загрязненный воздух в т.ч:	66,528	1596,672	582785,28	100
– воздух	66,5204	1596,4896	582718,704	99,9
– пыль	0,0076	0,1824	66,576	0,01
Итого:	66,528	1596,672	582785,28	100,000
Расход				
	т/ч	т/сут	т/год	%
1. Очищенный воздух	66,520	1596,48	582715,2	99
2. Уловл. пыль	0,007584	0,182016	66,436	0,01
Итого:	66,528	1596,672	582785,28	100,000

Пылеуловитель ЗИЛ выделяет небольшое количество тепловой энергии, неспособной влиять на микроклимат в помещении. Уровень шума, создаваемый установками в ходе работы незначителен, и соответствует нормам ГОСТ 12.1.003-2014. В процессе очистки воздуха, отфильтровывается более 99% пылевых частиц. В систему подается 66,5204 т/ч загрязненного воздуха, в состав которого входит: пыль – 0,0076 т/ч. На выходе из системы выделяется 66,520 т/ч очищенного воздуха и улавливается 0,007584 т/ч пыли.

Таким образом, рассмотрены деревоперерабатывающие предприятия как источник загрязнения окружающей среды. Подобрана система защиты атмосферы на ООО «Уфимский фанерный комбинат». Очистное сооружение состоит из инерционного циклона и рукавного фильтра. Рассчитан инерционный циклон и материальный баланс очищающей технологии. В систему подается 66,5204 т/ч загрязненного воздуха, в состав которого

входит: пыль – 0,0076 т/ч. На выходе из системы образуется 66,520 т/ч очищенного воздуха и улавливается 0,007584 т/ч пыли.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Временные методические указания по расчету выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух предприятиями деревообрабатывающей промышленности. – СПб.: НИИ Атмосфера, 2015. — 40 с.
2. Энциклопедия «Источники загрязнения окружающей среды»: [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://works.doklad.ru/view/csWZ5chp8w0/3.html>, свободный. Загл.с экрана. Дата обращения: 30.03.2019.
3. Фокин С. В. Деревообработка, технологии и оборудование / С. В. Фокин. – М: Высшая школа. – 2017. – С. 54 – 57.
4. Мазус М.Г. Фильтры для улавливания промышленных пылей / М.Г. Мазус, А.Д. Малыгин, М.Л. Моргулис. М.: Машиностроение, 1985. 240 с.
5. Интернет-источник: <https://rosstat.gov.ru/>

*Борисова О. Н., Волкова Е. С.*

Российский государственный университет туризма и сервиса, г. Москва, Российская Федерация

### **ОЧИСТКА НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД: ОБЗОР ТРАДИЦИОННЫХ И СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ**

*Аннотация.* При переработке нефти неизбежно образуются большие объемы нефтесодержащих сточных вод (СВ). Экологически приемлемое удаление нефтесодержащих сточных вод является актуальной задачей нефтяной промышленности. В работе описаны традиционные методы очистки нефтесодержащих сточных вод, определены их недостатки. Рассмотрены современные биологические методы очистки нефтесодержащих сточных вод, определяемые в настоящее время как наиболее эффективные, устойчивые, экономичные и экологически чистые.

*Ключевые слова:* нефть, сточные воды, методы, окружающая среда, биологическая очистка.

*Borisova O. N., Volkova E. S.*

Russian State University of Tourism and Service, Moscow, Russian Federation

### **OIL-CONTAINING WASTEWATER TREATMENT: OVERVIEW OF TRADITIONAL AND MODERN METHODS**

*Abstract.* During oil refining, large volumes of oily wastewater are inevitably formed. Environmentally acceptable disposal of oily wastewater is an urgent task of the oil industry. The paper describes traditional methods of oil-containing wastewater treatment and identifies their disadvantages. Modern biological methods of oil-containing wastewater treatment, currently defined as the most effective, sustainable, economical and environmentally friendly, are also considered.

*Key words:* oil, wastewater, methods, environment, biological treatment.



Одной из сложных экологических проблем, возникающих в настоящее время, является загрязнение сточных вод нефтепродуктами, возникающее в результате деятельности, связанной с машиностроительными (автомобильными) заводами, автозаправочными станциями, металлообрабатывающими цехами, нефтехимической промышленностью, производством пищевого масла и т. д. Нефтедержащие СВ представляют собой серьезную проблему загрязнения окружающей среды в текущем десятилетии, поскольку некоторые из их компонентов опасны по своей природе.

Нефтедержащие СВ – сточные воды, состоящие из жиров, масел и смазок в сочетании с различными растворенными веществами[1]. Загрязненные нефтью сточные воды считаются одними из наиболее мощных и опасных для окружающей среды загрязнений и проявляется в следующем:

- воздействие на ресурсы питьевой воды и подземных вод, ставящее под угрозу водные ресурсы;
- угроза здоровью человека;
- загрязнение атмосферы;
- влияние на производство сельскохозяйственных культур;
- разрушение природного ландшафта.

Традиционными подходами к очистке нефтедержащих СВ являются: флотация, химическая коагуляция, гравитационное разделение и осаждение. Однако эти методы недостаточны из-за эксплуатационных трудностей, высоких эксплуатационных расходов, выбросов вторичных загрязняющих веществ и низкой эффективности очистки[2]. К недостаткам традиционных методов в удалении нефти из сточных вод можно отнести:

1. Механические методы. Применение данного метода осложняется при очистке акваторий верфей и портов, поскольку акватории загрязнены различным мусором, что препятствует очистке вод от нефтепродуктов. Кроме того, технология нефтесборщиков не решает проблему очистки полностью, так как после сбора на водной поверхности остаётся около 30% нефтепродуктов. Ещё одной отрицательной стороной данного метода является то, что при сборе нефти с помощью всасывающих устройств нефтесборщики поглощают значительное количество воды, около 40-80 % [3].

2. Физические методы. Например, технология очистки DAF (флотация растворенным воздухом) с трудом отделяет капли масла размером около 20 микрон и меньше из сточных вод. Для капель еще меньшего размера необходимо использовать дополнительные устройства предварительной очистки сточных вод перед флотацией. Это неизбежно влечет за собой увеличение занимаемой площади и более высокие капитальные вложения.

3. Химические методы. Основаны на добавлении в сточную воду химических реагентов, которые в свою очередь выводят нефть в виде осадка. Недостатком данного способа является возможность накопления нефтепродуктов на дне водоёма, что приводит к вторичному загрязнению

водной среды. Между тем, образование активного ила представляет собой проблему в результате флокуляции и деэмульгации процессов очистки нефтесодержащих сточных вод, поскольку он вреден при сбросе в открытый водоток.

Несмотря на ограниченность традиционных методов, на основе научно-технического прогресса, разработано несколько современных методов очистки СВ от нефтепродуктов[4].

В современном мире наиболее передовым методом очистки воды является биологический способ. В основу такого способа фильтрации воды от нефтепродуктов входит применение специальных микроорганизмов, которые используют нефтепродукты как основной источник питания. Среди таких микроорганизмов можно выделить бактерии, грибы или дрожжи. Именно они обладают способностью перерабатывать самые сложные углеводородные соединения, которые и входят в состав всех нефтепродуктов.

Биологическая очистка используется во всем мире, т.к. она эффективнее и экономичнее, чем многие механические или химические процессы[5].

Биологическая очистка включает:

- трансформацию, или незначительные изменения молекулы загрязняющего вещества;
- фрагментацию, или разложение сложной молекулы на более простые соединения;
- минерализацию, или превращение сложного вещества в самые простые ( $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $H_2$ ,  $NH_3$ ,  $CH_4$  и т. д.).

Биологическую очистку принято разделять на аэробные и анаэробные процессы. Аэробный, относится к процессу, в котором присутствует кислород, а анаэробный – описывает биологический процесс, в котором кислород отсутствует[6]. Ученым удалось контролировать и усовершенствовать как аэробные, так и анаэробные биологические процессы для достижения оптимального удаления органических веществ из СВ.

Биосорбционный метод позволяет проводить глубокую очистку сточных вод от содержащихся в них нефтепродуктов[7]. Метод биологической сорбции, при котором молекулы нефти захватываются на поверхность и/или внутри сорбирующих материалов, является наиболее удобным в эксплуатации и широко изучается в последнее время. Ключом к сорбционной очистке является выбор сорбционных материалов с отличными характеристиками, экологичностью и низкой стоимостью. На сегодняшний день многие химически синтетические сорбенты, например, полипропиленовые, полиэтиленовые и меламиновые губки, нашли широкое применение благодаря своей высокой сорбционной эффективности. Однако их высокая стоимость, сложность синтетических процессов и неразлагаемость являются препятствиями, препятствующими их устойчивому применению. Природные органические материалы, особенно биоотходы сельского хозяйства, в том числе жмых, кукурузные стебли, солому и фруктовые корки, образуются в огромных количествах по всему миру. Разумным способом является использование такой

биомассы с высокой биоразлагаемостью для производства рентабельного и эффективного сорбента с использованием надлежащих методов модификации поверхности, которые могут быть модернизированы до эффективных и регенерируемых сорбентов с высокой сорбционной емкостью и устойчивостью к повторному использованию.

В последнее время аэробные и анаэробные системы объединяются для очистки нефтесодержащих СВ без необходимости какой-либо предварительной обработки[8]. Этот подход приводит к повышению эффективности очистки и снижению капитальных затрат и площади, необходимой для установки системы очистки. БТ с использованием мембранного биореактора (МБР) и биореактора периодического действия (ПБК) набирает обороты в области нефтесодержащих сточных вод с большой концентрацией органических соединений и углеводов.

Как правило, MBR производит высококачественные стоки с небольшой площадью основания и небольшим объемом шлама. SBR демонстрирует надежную систему и простую работу с широкой гибкостью. Однако коммерческое применение МБР и БСК сдерживается отсутствием уверенности в их стабильности и надежности в процессе эксплуатации из-за небольшого количества факторов, влияющих на постоянную эффективность системы и производительность используемых микроорганизмов. Такие проблемы, как загрязнение мембраны, изменение биокинетики, биомассы и характеристики активного ила из-за присутствия в сточных водах соединений, таких как рекальцитрант или ксенобиотик, не являются незначительными. В подтоварной воде высокая минерализация может вызвать плазмолиз микроорганизмов в активном иле и, таким образом, повлиять на метаболизм микроорганизмов.

Таким образом, текущая исследовательская тенденция ВТ включает в себя методы повышения стабильности и эффективности для создания более надежного и надежного процесса[9]. Ученые выращивали аэробные гранулы непосредственно в отстойных сточных водах, которые в основном содержат высокомолекулярные неподатливые углеводороды, чтобы способствовать постепенной адаптации гранул к солености и содержанию углеводов. Эти аэробные гранулы приводили к более высокому удалению общего нефтяного углеводорода (ТН), чем созревшие аэробные гранулы, культивируемые в различных средах. Сообщалось, что использование бионосителей в реакторе с подвижным биопленочным слоем-MBR (MBBR-MBR) способствует росту и стабильности нитрифицирующих и денитрифицирующих микробов в токсичной среде и сточных водах с высокой соленостью, что делает MBBR-MBR более предпочтительным по сравнению с MBR.

Междисциплинарный подход или интеграция технологий привели к созданию более надежной системы[10]. Химическое потребление кислорода (ХПК), взвешенные твердые вещества в смешанной жидкости, мутность, общее содержание твердых веществ и удаление NH<sub>3</sub>-N составили, %: 98,6; 97,5; 99,98; 100 и 99,87 соответственно. В последствии было доказано, что последовательная система очистки, включающая МБР и фотокаталитический

реактор (ПЦР), как показано на рис. 1, может привести к удалению 95% общего содержания органических веществ (ТОС) из нечистых сточных вод, в которых биологическая очистка, мембранная фильтрация и фотокаталитическая реакция вносят свой вклад 40, 30 и 25 % удаления соответственно.

Таким образом, загрязнение промышленными нефтесодержащими сточными водами стало глобальным явлением, вызывающим неблагоприятные экологические последствия и опасность для здоровья экосистем. На протяжении десятилетий для борьбы с этой угрозой разрабатывались традиционные методы, но они оказались менее эффективными. Внедрение передовых технологий биологической очистки обеспечивает эффективный подход к удалению загрязняющих веществ.

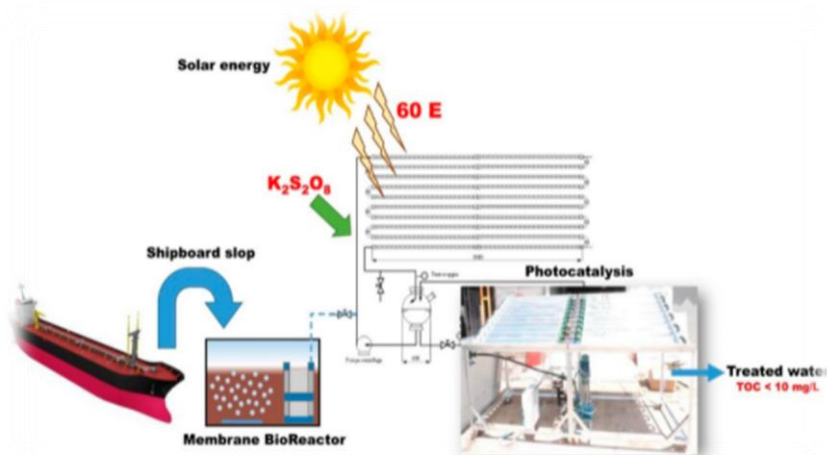


Рис. 1. Комбинация МБР и фотокаталитического реактора (ПЦР) для обработки судовых отстойных вод

Несмотря на применение всех технологий, рассмотренных в статье, технология очистки нефтесодержащих сточных вод по-прежнему является энергоемкой, нестабильной, требует высоких эксплуатационных и монтажных затрат и не дает ожидаемого результата. Применение передовых технологий, нанотехнологий и интеграций систем необходимы для эффективной и экономичной очистки нефтесодержащих СВ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доронкина И.Г., Борисова О.Н. Ионообменные технологии очистки сточных вод с использованием ионитов // В сборнике: Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2020). Материалы XVI Международной научно-технической конференции, в 2-х томах, посвящается 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. Уфа, 2020. С. 291-296.
2. Доронкина И.Г., Борисова О.Н. Очистка сточных вод современного города // Славянский форум. 2020. № 2 (28). С. 146-158.
3. Борисова О. классификации сточных вод по разным критериям и методы их очистки // Водоочистка. 2019. № 3. С. 57-61.

4. Pavlova E.V., Silayeva A.A., Borisova O.N., Doronkina I.G., Sokolova A.P. Analysis of the world and russian e-commerce market: development trends and challenges // International Journal of Engineering and Technology(UAE). 2018. Т. 7. № 4. С. 387-392.
5. Соскова Е.А., Тимофеева Е.А., Борисова О.Н. Сейсмическая активность - глобальная катастрофа XXI века, миф или реальность // Славянский форум. 2017. № 3 (17). С. 269-274.
6. Шубов Л.Я., Борисова О.Н., Доронкина И.Г. Повышение экоэффективности технологии очистки сточных вод // Водоочистка. 2016. № 11. С. 26-32.
7. Шубов Л.Я., Борисова О.Н., Доронкина И.Г. Повышение экоэффективности технологии очистки сточных вод // Сервис в России и за рубежом. 2014. № 1 (48). С. 153-162.
8. Шубов Л.Я., Борисова О.Н., Доронкина И.Г. Технология сточных вод. Контроль качества окружающей среды // Учебное пособие по дисциплине "Инженерная защита окружающей среды при обращении с отходами производства и потребления", специальность "Инженерная защита окружающей среды", электронное издание, № государственной регистрации 0321401109 / Москва, 2013.
9. Шубов Л.Я., Борисова О.Н. Об оптимизации управления твердыми бытовыми отходами в системе ЖКХ // ЖКХ. 2013. № 11. С. 20-29.
10. Шубов Л.Я., Борисова О.Н. Утилизация ценных компонентов твердых бытовых отходов // ЖКХ. 2013. № 8. С. 59-64.

*Борисова О. Н., Семенова А. Е.*

Российский государственный университет туризма и сервиса, г. Москва,  
Российская Федерация

## **АНАЛИЗ АДСОРБЦИОННОГО МЕТОДА ОЧИСТКИ СВ**

*Аннотация.* В статье даны определения термина «адсорбция», описаны основные типы адсорбции: физиологическая и химическая, рассмотрены модели изотерм, которые используются для описания техники адсорбции, выделены основные способы адсорбционной очистки сточных вод (СВ), такие как интенсивное перемешивание адсорбента со сточных вод в смесителях с мешалками, в кипящем слое, фильтрование сточных вод через неподвижный слой адсорбента.

*Ключевые слова:* сточные воды, очистка сточных вод, адсорбция, адсорбат, адсорбент, изотерма, физисорбция, хемосорбция.

*Borisova O. N., Semenova A. E.*

Russian State University of Tourism and Service, Moscow, Russian Federation

## **ANALYSIS OF THE ADSORPTION METHOD OF WASTEWATER TREATMENT**

*Abstract.* The article gives definitions of the term «adsorption», describes the main types of adsorption: physiological and chemical, considers isotherm models that are used to describe the adsorption technique, highlights the main methods of adsorption wastewater treatment, such as intensive mixing of the adsorbent with wastewater in mixers with agitators, in a fluidized bed, filtration of waste water through a fixed bed of adsorbent.

*Key words:* wastewater, wastewater treatment, adsorption, adsorbate, adsorbent, isotherm, physisorption, chemisorption.

Термин «адсорбция» был впервые введен в 1881 году немецким физиком Генрихом Кайзером. Адсорбцию часто описывают как поверхностное явление, когда частицы прикрепляются к верхнему слою материала. Обычно это происходит с молекулами, атомами или даже ионами газа, жидкости или твердого тела в растворенном состоянии, которые прикрепляются к поверхности.

Адсорбция в основном является следствием поверхностной энергии. Как правило, частицы поверхности, которые могут быть частично открыты, стремятся привлечь другие частицы к своему участку. Интересно, что адсорбция присутствует во многих физических, природных, биологических и химических системах и находит свое применение во многих промышленных приложениях.

Адсорбция - процесс поглощения вещества из газовой или жидкой среды поверхностным слоем твердого тела (адсорбента) или жидкости. Поглощаемое вещество носит название адсорбтива; в адсорбированном состоянии его называют адсорбатом [1]. При адсорбции газ или жидкое растворенное вещество накапливается на поверхности твердого или жидкого вещества (адсорбента), образуя пленку из молекул или атомов (адсорбата). Если рассмотреть водород, азот и кислород, то эти газы адсорбируются на активированном угле.

Для процесса адсорбции необходимы два компонента:

Адсорбат: вещество, которое осаждается на поверхности другого вещества. Например, газы  $H_2$ ,  $N_2$  и  $O_2$ .

Адсорбент: Поверхность вещества, на которой адсорбируется адсорбат. Например, древесный уголь, силикагель, глинозем.

Основными факторами, влияющими на поглощение адсорбентом данного вещества, являются: температура, давление, концентрация адсорбтива.

Выделяют два типа адсорбции физическую и химическую:

#### *Физическая адсорбция*

Этот тип адсорбции также известен как физисорбция. Он обусловлен слабыми силами Ван-дер-Ваальса между адсорбатом и адсорбентом.

Например, газы  $H_2$  и  $N_2$  адсорбируются на кокосовом угле.

#### *Химическая адсорбция*

Этот тип адсорбции также известен как хемосорбция. Она обусловлена сильными химическими силами типа связи между адсорбатом и адсорбентом. В качестве примера можно привести образование нитрида железа на поверхности при нагревании железа в газе  $N_2$  при температуре 623 К.

Адсорбция газа на твердом теле является спонтанной экзотермической реакцией. Количество тепла, выделяемое при адсорбции единицы массы газа на поверхности, называется теплотой адсорбции[2].

Адсорбция обычно описывается изотермами. Это связано с тем, что температура играет важную роль или что она оказывает большое влияние на весь процесс. Более того, существует несколько моделей изотерм, которые используются для описания техники адсорбции. К ним относятся:

### *Теория Фрейндлиха*

При адсорбции из слабokonцентрированных растворов, характерных для многих случаев очистки СВ, применимо уравнение Фрейндлиха[3]:

$$G = \beta C^\alpha,$$

где  $G$  – адсорбция, выраженная в зависимости от того, как выражена концентрация;  $\beta$  – константа;  $C$  – концентрация адсорбтива;  $\alpha$  – постоянный коэффициент (для растворов 0-0,5).

В случае адсорбции в газах уравнение принимает вид:

$$G = \beta \rho^\alpha,$$

где  $\rho$  – давление адсорбируемого вещества;  $\alpha$  – постоянный коэффициент (для газов 0-1).

Изотерма адсорбции Фрейндлиха подчиняется адсорбции, при которой адсорбат образует мономолекулярный слой на поверхности адсорбента/Основной недостаток изотермы адсорбции Фрейндлиха заключается в том, что она не работает при высоком давлении. Она не может объяснить многослойный процесс адсорбции.

### *Теория Ленгмюра*

В 1916 году Ленгмюр предложил теорию адсорбции газа на поверхности твердого тела, состоящего из элементарных участков, каждый из которых адсорбирует один газ[4]. Предполагается, что все адсорбционные площадки эквивалентны, и способность молекулы газа связываться с любой площадкой не зависит от того, заняты или нет соседние площадки. Кроме того, предполагается, что между адсорбированной и неадсорбированной молекулой газа существует динамическое равновесие.

Из изотермы адсорбции Ленгмюра можно получить следующие принципы:

- Адсорбированный газ ведет себя идеально в паровой фазе.
- Происходит только монослойная адсорбция.
- Поверхность твердого тела однородна.
- Между молекулами адсорбата отсутствуют боковые интерактивные силы.
- Адсорбированные молекулы газа локализованы.

### *Теория БЭТ (после Брунауэра, Эммета и Теллера)*

Теория БЭТ была предложена Брунауэром, Эмметом и Теллером в 1938 году. Эта теория объясняет образование многослойной адсорбции в процессе физисорбции. Эта теория также говорит об однородности мест адсорбции на твердых поверхностях. Она предполагает, что когда адсорбция происходит на одном участке, она не влияет на адсорбцию на соседних участках.[5]

Эффективность адсорбционной очистки сточных вод (СВ) составляет 80-95%, что позволяет достигать остаточную концентрацию загрязнителей ниже нормативных значений. Например, остаточная концентрация нефтепродуктов в СВ после их адсорбционной очистки в большинстве случаев

не превышает 0,05Мг/л, что соответствует ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения. Эффективно применение адсорбции в операции доочистки СВ после биологической очистки.[6]

В практике применяют три основных способа адсорбционной очистки СВ: интенсивное перемешивание адсорбента со СВ в смесителях с мешалками, в кипящем слое, фильтрование СВ через неподвижный слой адсорбента.

Особенности процесса адсорбционной очистки СВ в смесителях с мешалками

Процессы очистки, основанные на интенсивном перемешивании адсорбента со СВ в смесителях с лопастными мешалками, проводят в одну или несколько стадий, причем крупность активного угля не должна превышать 0,1 мм. Более эффективна многоступенчатая технология, предусматривающая дробную подачу адсорбента по ходу технологического процесса в последовательно установленные смесители; после каждого смесителя установлен отстойник для отстаивания СВ с целью отделения отработанного адсорбента[7].

Особенности адсорбционной очистки СВ в процессах кипящего слоя

В процессах кипящего слоя размер частиц адсорбента составляет 0,5-1 мм. Скорость потока – около 10 м/ч. Процессы кипящего слоя целесообразно применять при относительно высоком содержании в СВ взвешенных веществ. Активный уголь подается непрерывно под распределительную решетку адсорбера с диаметром отверстий 5-10 мм. СВ, подаваемые в адсорбер снизу, захватывают зерна адсорбента и проходят вместе с ними через отверстия решетки. Над решеткой образуется кипящий слой, в котором идет процесс очистки. Очищенная вода отводится через желоба в верхней части адсорбента в сборник для доосветления[8].

Особенности очистки СВ фильтрованием через неподвижный слой адсорбента

Фильтрование СВ через неподвижный слой адсорбента производят в последовательно установленных фильтрационных колоннах, пропуская воду снизу вверх. В качестве адсорбента обычно применяют активный уголь крупностью 1,5-5 мм; при снижении крупности угля возрастает гидравлическое сопротивление фильтрованию СВ. Адсорбент укладывают на слой гравия, расположенного на решетке. Необходимое условие – перед адсорбционной очисткой из СВ должны быть удалены взвешенные вещества[9].

Глубокой очистке СВ от ПАВ способствует совместное использование коагуляции и адсорбции пылевидным углем (особенно, если в качестве коагулянтов использовать соли цинка). Для адсорбции ПАВ могут быть использованы осадки гидроксидов алюминия и железа (а также осадки сульфидов меди и фосфатов кальция). Удельная поверхность пор свежесформированных гидроксидов составляет 100-400 м<sup>2</sup>/г.

Адсорбция играет важную роль в передаче энергии между газами, жидкостями и твердыми телами. Например, молекулы газа, адсорбируемые на горячей поверхности, приобретают энергию, соответствующую температуре



поверхности, и после десорбции передают эту энергию другим молекулам газа, тем самым нагревая газ. Это не единственный механизм, действующий при теплопередаче, но, тем не менее, важный [10].

Адсорбция является одним из решающих факторов стабилизации коллоидных систем и одной из основных стадий реакции, протекающей в гетерогенных системах, в частности в гетерогенном катализе. В биологических системах адсорбция - это первая стадия поглощения субмикроскопических коллоидных структур, органелл, клеток и тканей различных веществ из окружающей среды.

Таким образом, адсорбция играет важную роль во всех явлениях и процессах, где существенны поверхностные свойства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шубов Л.Я. – д.т.н., Борисова О.Н. – к.т.н. под редакцией Шубова Л.Я. Технология сточных вод и контроль качества окружающей среды: Учебное пособие по дисциплине «Инженерная защита окружающей среды при обращении с отходами производства и потребления» для специальности 280202 «Инженерная защита окружающей среды», ФГБОУ ВПО «РГУТиС» - 2012, - 242 с. илл.
2. Шубов Л.Я., Борисова О.Н., Юдин А.Г., Гречишкин В.С. Принципы Zero Waste: современное прочтение // Твердые бытовые отходы. 2013. № 6 (84). С. 8-13.
3. Шубов Л.Я., Борисова О.Н. Исследование территории заблуждений // Твердые бытовые отходы. 2013. № 7 (85). С. 42-47.
4. Шубов Л.Я., Борисова О.Н., Доронкина И.Г. Технологии обращения с отходами: преимущества и недостатки, мифы и реалии // Твердые бытовые отходы. 2011. № 10 (64). С. 10-15.
5. Доронкина И.Г., Борисова О.Н. Ионообменные технологии очистки сточных вод с использованием ионитов // В сборнике: Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2020). Материалы XVI Международной научно-технической конференции, в 2-х томах, посвящается 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. Уфа, 2020. С. 291-296.
6. Доронкина И.Г., Борисова О.Н. Очистка сточных вод современного города // Славянский форум. 2020. № 2 (28). С. 146-158.
7. Борисова О. классификации сточных вод по разным критериям и методы их очистки // Водоочистка. 2019. № 3. С. 57-61.
8. Pavlova E.V., Silayeva A.A., Borisova O.N., Doronkina I.G., Sokolova A.P. Analysis of the world and russian e-commerce market: development trends and challenges // International Journal of Engineering and Technology(UAE). 2018. Т. 7. № 4. С. 387-392.
9. Борисова О.Н., Кочетков А.С., Кудров Ю.В., Сумзина Л.В., Губанов Н.Н. Первостепенные мероприятия по энергосбережению в ЖКХ // В сборнике: Современные проблемы туризма и сервиса. Сборник статей научных докладов по итогам Всероссийской научной конференции. Под редакцией Н.А. Платоновой, О.Е. Афанасьева. 2018. С. 42-49.
10. Борисова О.Н. Ресурсоэффективное использование техногенного сырья в строительстве: новые горизонты для эко-инноваций // В сборнике: Наука - сервису. Материалы XXIII Международной научно-практической конференции. Под редакцией И.В. Бушуевой, О.Е. Афанасьева. 2018. С. 294-303.

*Джигола Л. А., Коваленко А. И.*

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет», г. Астрахань,  
Российская Федерация

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФОРМАЛЬНЫХ КИНЕТИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ МЕХАНИЗМА АДсорбЦИИ ИОНОВ КАЛЬЦИЯ РАСТИТЕЛЬНЫМ СОрБЕНТОМ**

*Аннотация.* Применение растительных сорбентов в качестве сорбентов для удаления загрязняющих веществ из водных сред является перспективным направлением. Для установления механизма процесса адсорбции необходимо определить кинетические параметры поглощения ионов кальция (II) томатным жмыхом, растительным сорбентом. В данном исследовании была оценена возможность применения формальных кинетических уравнений псевдопервого, псевдовторого порядков и уравнения Евловича для установления вклада стадии хемосорбции в механизм закрепления сорбата на сорбенте.

*Ключевые слова:* кальций, природный сорбент, томатный жмых, модели сорбции псевдопервого и псевдовторого порядков, уравнение Евловича.

*Dzhigola L. A., Kovalenko A. I.*

Astrakhan State University, Russian Federation

## **RESEARCH OF THE APPLYING FORMAL KINETIC EQUATIONS' POSSIBILITY FOR THE ESTABLISHMENT OF CALCIUM ION ADSORPTION MECHANISM BY MEANS OF PLANT SORBENT**

*Abstract.* Using of the plant sorbents as sorbents for aqueous media pollutants removal is a promising direction. To establish the mechanism of the adsorption process it is necessary to determine the kinetic parameters of the calcium (II) ions' absorption by tomato cake. In this study we evaluated the possibility of using formal kinetic equations of pseudo-first and pseudo-second orders and the Evlovich equation to determine the contribution of the chemisorption stage to the mechanism of sorbate fixation on the sorbent.

*Key words:* calcium, natural sorbent, tomato cake, pseudo-first and pseudo-second order sorption models, Evlovich equation.

Кинетические исследования адсорбции ионов кальция проводили экспресс-методом - прямой ионометрией с учетом фона, оценивая уменьшение содержания ионов кальция в различные промежутки времени.

Большой вклад в кинетику процессов может вносить стадия непосредственной сорбции, с целью описания закономерности данной стадии использовали модели псевдопервого и псевдовторого порядков реакции. Модель, предложенная Лагергреном, основана на сорбционной емкости-модель скорости псевдопервого порядка, [1]. Уравнение описывает адсорбцию и может быть представлено в виде:

$$\frac{dQ_{\tau}}{d\tau} = k_1(Q_1 - Q_{\tau}) \quad (2)$$

где  $k_1$  - константа скорости псевдопервого порядка для кинетической модели ( $\text{мин}^{-1}$ ). Проинтегрировав уравнение (2) получим [1]:

$$\ln(Q_e - Q_\tau) = \ln(Q_e) - K_1\tau \quad (3)$$

Чтобы провести анализ экспериментальных данных с учетом модели скорости кинетики псевдопервого порядка необходимо выполнить построение кривых в координатах Бойда-Адамсона « $-\ln(1-F) = f(\tau)$ » (рис.1). Отклонение от линейности указывает на необходимость учета взаимодействий типа сорбат-сорбат. Тем не менее высокие коэффициенты детерминации дают возможность сделать заключение о большей термодинамической выгоде взаимодействий типа сорбат-сорбент, в первые две минуты.

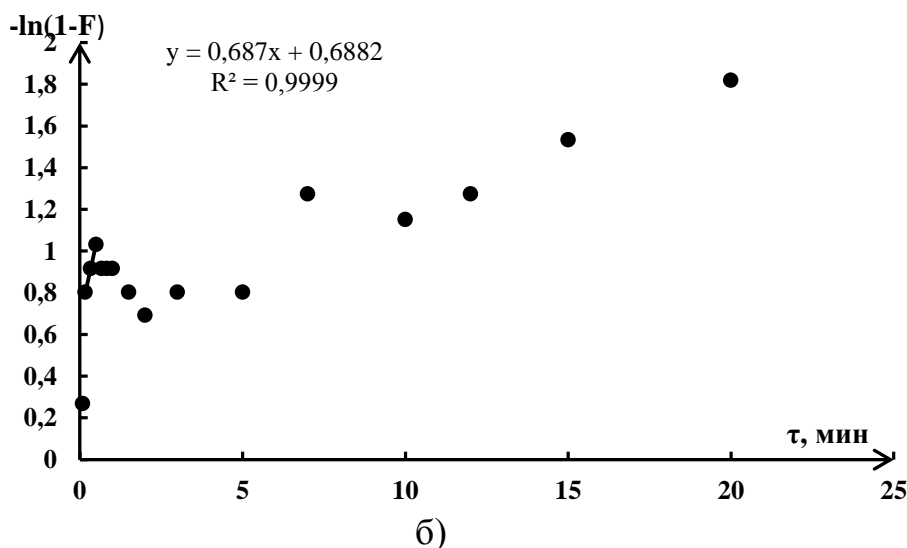
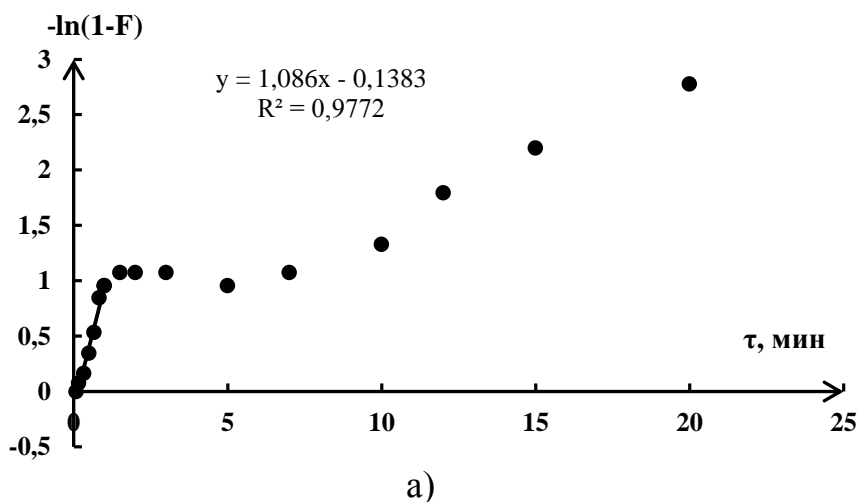


Рис. 1. Зависимость « $-\ln(1-F) = f(\tau)$ » в системе: « $\text{Ca}^{2+}$  - томатный жмых» для кинетической модели псевдопервого порядка: а)  $T=293\pm 2\text{K}$ ; б)  $T=308\pm 2\text{K}$

Интегральная форма классического уравнения скорости псевдвторого порядка имеет вид [2]:

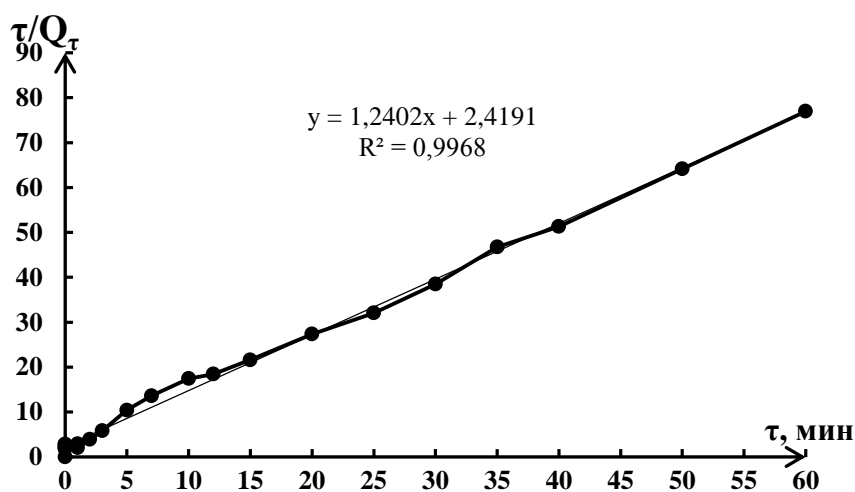
$$Q_\tau = \frac{\tau}{\frac{1}{k_2 \cdot Q_e^2} + \frac{\tau}{Q_e}} \quad (4)$$

где  $k_2$  – константа скорости сорбции модели псевдвторого порядка ( $\Gamma \cdot (\text{ммоль} \cdot \text{мин})^{-1}$ );  $\tau$  – время (мин).

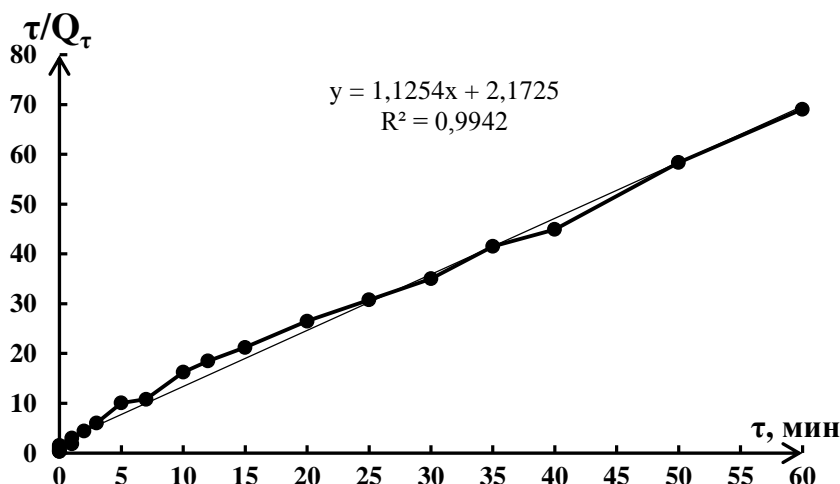
Если модель кинетики скорости псевдвторого порядка применима для сорбционного процесса, то построение в координатах « $\tau/Q_t - \tau$ » должно давать линейную зависимость [2]. Для выявления вклада сорбат-сорбатных взаимодействий, при сорбции из жидкой среды твердыми сорбентами, в общую скорость процесса использовалось уравнение (5) скорости реакции псевдвторого порядка [2,3].

$$\frac{\tau}{Q_e} = \frac{1}{k_2 Q_e^2} + \frac{1}{Q_e} \tau \quad (5)$$

Уравнение может быть представлено в виде графической зависимости, построенной в координатах « $\tau/Q_t = f(\tau)$ » рис.2.



а)



б)

Рис. 2. Зависимость « $\tau/Q_t = f(\tau)$ » в системе: « $\text{Ca}^{2+}$  - томатный жмых» для кинетической модели псевдвторого порядка: а)  $293 \pm 2\text{K}$ ; б)  $308 \pm 2\text{K}$

Результаты, полученные после обработки, соответствующих данных представлены в таблице 1.

Таблица 1

Кинетические параметры процесса сорбции ионов кальция для моделей псевдопервого и псевдвторого порядка

Температура, К	$Q_e^{экс.}$ , ммоль/г	Псевдопервый порядок			Псевдвторой порядок		
		$k_1$ , мин <sup>-1</sup>	$Q_e$ , ммоль/г	$R^2$	$k_2$ , г·(ммоль·мин) <sup>-1</sup>	$Q_e^{расч.}$ , ммоль/г	$R^2$
293±2К	0,779	1,086	0,871	0,977	0,636	0,806	0,997
308±2К	0,869	0,687	1,990	0,999	0,582	0,889	0,994

Для обработки экспериментальных данных также была применена модель Евловича [4].

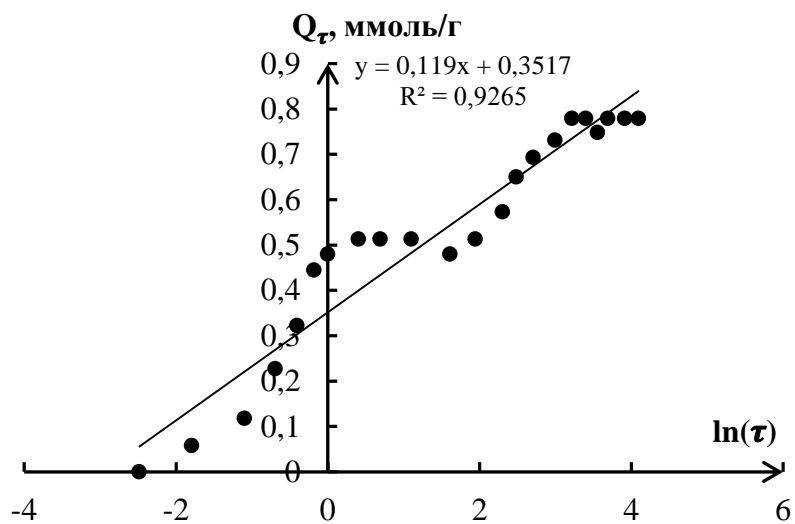
Уравнение Евловича обычно применяется при описании кинетики адсорбции веществ в гетерогенных системах с учетом сорбционной емкости:

$$\frac{dQ}{dt} = \alpha e^{-\beta Q_t} \quad (6)$$

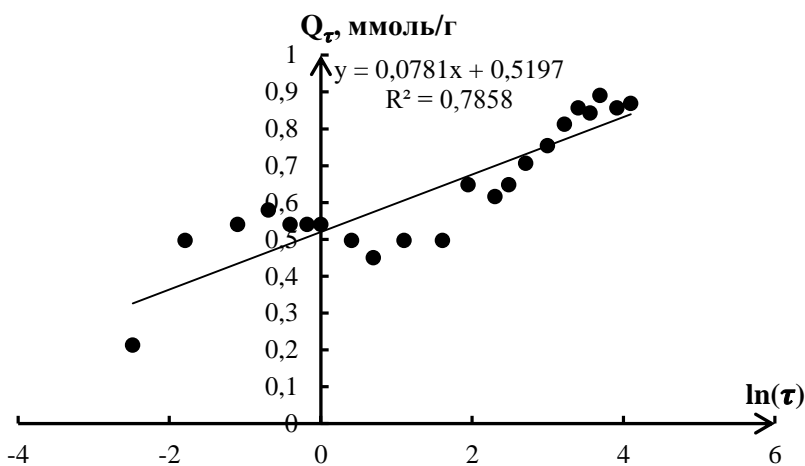
где  $Q_t$  – количество сорбированного вещества в момент времени  $\tau$  (ммоль/г),  $\alpha$  – начальная скорость сорбционного процесса (г·(ммоль·мин)<sup>-1</sup>),  $\beta$  – константа десорбции (г·ммоль<sup>-1</sup>). Для упрощения уравнения Евловича, Чен и Клейтон [5] приняли, что  $\alpha \beta \tau \gg 1$ . Путем применения граничных условий  $Q_t = 0$  при  $\tau = 0$  и  $Q_t = Q_e$  при  $\tau = \tau$ , интегральная форма уравнения (6) может быть записана следующим образом:

$$Q = \left(\frac{1}{\beta}\right) \ln(\alpha\beta) + \left(\frac{1}{\beta}\right) \ln(\tau) \quad (7)$$

Таким образом, кинетические параметры могут быть рассчитаны из линейной зависимости « $Q_t = f(\ln(\tau))$ ». Константы уравнения могут быть определены при построении зависимости « $Q_t = f(\ln(\tau + \tau_0))$ » по тангенсу-угловому коэффициенту и отрезку, отсекаемому прямой на оси ординат.

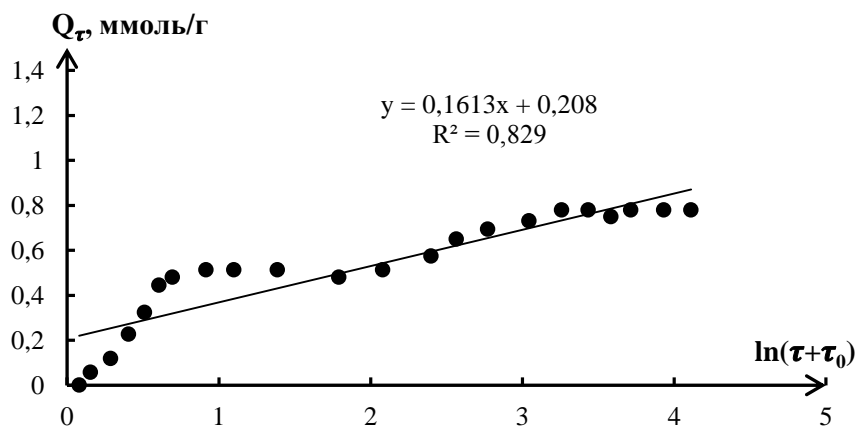


а)

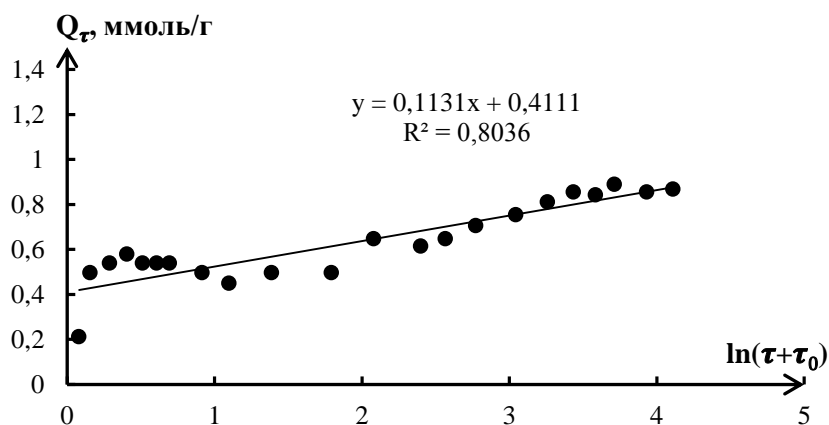


б)

Рис. 3. Зависимость « $Q_{\tau}=\ln(\tau)$ » в системе: « $\text{Ca}^{2+}$  - томатный жмых» для кинетической модели Еловича при температуре а) 293 К б) 308 К



а)



б)

Рис. 4. Зависимость « $Q\tau = \ln(\tau + \tau_0)$ » в системе: « $\text{Ca}^{2+}$  - томатный жмых» для кинетической модели Еловича при температуре: а) 293 К б) 308 К

Линейная зависимость наблюдается только на начальных участках кривых (равновесие устанавливается в первые 20 минут.). Это может быть объяснено высокой скоростью кинетики сорбционного процесса. Результаты, полученные после обработки, соответствующих данных представлены в таблице 2.

Таблица 2

Параметры процесса сорбции ионов кальция по модели Евлочива

Сорбент	Температура, К	$\tau_0=0$			$\tau_0=1$		
		$R^2$	$\alpha, \Gamma \cdot (\text{ммоль} \cdot \text{мин})^{-1}$	$\beta, \Gamma \cdot \text{ммоль}^{-1}$	$R^2$	$\alpha, \Gamma \cdot (\text{ммоль} \cdot \text{мин})^{-1}$	$\beta, \Gamma \cdot \text{ммоль}^{-1}$
Томатный жмых	293	0,927	2,286	8,403	0,829	6,199	0,586
	308	0,786	60,611	12,804	0,804	8,442	3,805

Сравнивая коэффициенты детерминации при описании кинетики сорбции ионов кальция томатным жмыхом видно, что уравнение Евлочива имеет более низкие значения коэффициента детерминации по отношению к моделям псевдопервого и псевдвторого порядков. Это связано, вернее всего, с высокоупорядоченной структурой сорбента, позволяющей считать поверхность томатного жмыха как условно гомогенную систему.

В связи с быстрой кинетикой процесса, проверка адекватности рассмотренных кинетических моделей для описания сорбции показала, что применение модели Евлочива затруднено. Однако уравнение скорости псевдвторого порядка применимо для описания сорбции ионов кальция томатным жмыхом. Устойчивое закрепление ионов  $\text{Ca}^{2+}$  на поверхности сорбента происходит через стадию образования промежуточного активированного комплекса.

Таким образом, применение растительных сорбентов в качестве сорбентов для удаления загрязняющих веществ из водных сред является перспективным направлением в развитие экологических систем очистки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lagergren S. About the Theory of so-called Absorption of Soluble Substances. Kung Sven Vetensk. Hand. 1898. - V. 24:1. - P.39.
2. Ho Y.S., McKay G. // Process Saf. Environ. Protect. 1998. - V.76B. - P. 183.
3. Ho Y.S., McKay G. // Trans IChemE. 1998. - V.76. - P.332-340.
4. Zeldowitsch J. // Acta Physicochim. 1934. - URSS 1. - P. 364-449.
5. Chien S.H., Clayton W.R.// Soil Science Society of America Journal.1980. - V.44. - P.265.

*Доронкина И. Г., Голуб О. В.*

Федеральное государственное автономное учреждение «Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики», г. Москва, Российская Федерация

### РЕАГЕНТНАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

*Аннотация.* В данной статье рассмотрены химические методы очистки сточных вод. Освещены методы реагентной очистки сточных вод по характеру процесса при их обработке реагентами: нейтрализации, химического осаждения, окисления, восстановления и агрегирования.

*Ключевые слова:* нейтрализация, осаждение, окисление, восстановление, агрегирование.

*Doronkina I. G., Golub O. B.*

Federal State Autonomous Institution "Scientific Research Institute "Center for Environmental Industrial Policy", Moscow, Russian Federation

### REAGENT WASTEWATER TREATMENT

*Abstract.* This article discusses chemical methods of wastewater treatment. The methods of reagent wastewater treatment by the nature of the process during their treatment with reagents are highlighted: neutralization, chemical precipitation, oxidation, reduction and aggregation.

*Key words:* neutralization, precipitation, oxidation, reduction, aggregation.

Химические методы очистки сточных вод базируются на применении реагентов различного целевого назначения; реагенты применяют также для обеззараживания воды на стадии её подготовки для хозяйственно-питьевых целей [8].

Методы реагентной очистки сточных вод можно классифицировать по принципиальному характеру процесса, протекающего в объеме сточных вод при их обработке реагентами [7]:

- нейтрализация;



- химическое осаждение;
- окисление;
- восстановление;
- агрегирование (укрупнение коллоидных частиц и шламов – процессы коагуляции и флокуляции).

Процессы *нейтрализации*, химического осаждения, окисления и восстановления связаны с протеканием химических реакций в объеме жидкой фазы и приводят к потере характерных свойств вступающих в реакцию веществ (одни вещества превращаются в другие). Процессы коагуляции и флокуляции тонкодисперсных взвешенных частиц не связаны с образованием новых веществ и лишь приводят к изменению их крупности (реакции протекают на поверхности раздела фаз).

Одни и те же реагенты могут выполнять разные функции в процессах очистки сточных вод.

В практике очистки сточных вод применяют следующие реагенты [2]:

- в процессах нейтрализации: оксид кальция; гидроксид кальция (известковое молоко); карбонат кальция (известняк, мел); карбонат магния (магнезит); доломит; карбонат натрия (сода); гидроксиды натрия и калия; доменные шлаки; аммиачная вода; кислые дымовые газы (нейтрализация щелочных СВ)

- в процессах химического осаждения: гидроксид кальция (известковое молоко); карбонат кальция (известняк, мел, мрамор); карбонат натрия (сода); гидроксид натрия (едкий натр); сульфид натрия; сульфат железа (железный купорос); сульфат алюминия; хлорид бария; сульфид железа (пирит); ферроцианид калия; пиролюзит + известковое молоко; феррохромовый шлак; реагенты – окислители (хлор, хлорная известь, озон и др.);

- в процессе окисления: хлор; хлорная известь; гипохлорит кальция; гипохлорит натрия; диоксид хлора; озон; кислород воздуха; пероксид водорода; реагент Фентона – смесь соли и пероксида водорода; перманганат калия; бихромат калия;

- в процессах восстановления: сульфат железа; гидросульфит (бисульфит) натрия; диоксид серы; сульфид железа (пирит); ацетат бария; древесный уголь; железный порошок; алюминиевая пудра; гидразин;

- в процессах коагуляции: сульфат алюминия; сульфат железа; хлорид железа; метаалюминат натрия; гидроксохлорид алюминия; алюмокалиевые квасцы;

- в процессах флокуляции: активный диоксид кремния; полиакриламид; природные флокулянты (крахмал, декстрин, карбоксиметилцеллюлоза КМЦ); синтетические флокулянты.

Нейтрализации подвергают сточные воды, содержащие минеральные кислоты и щелочи, если рН среды меньше 6,5 и больше 8,5 (нормируемые значения рН при сбросе сточных вод в водные объекты).

В реакциях нейтрализации взаимодействуют основания и кислоты.

Нейтрализация сточных вод путем их обработки реагентами – один из самых распространенных способов нейтрализации [1].

Наиболее дешевым и одновременно эффективным реагентом для нейтрализации кислых сточных вод является гидроксид кальция (известковое молоко) с содержанием активной извести 5-10%, а также доломит и мел. Такие реагенты как сода  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и гидроксид натрия  $\text{NaOH}$  целесообразно использовать, если они в достаточном количестве содержатся в отходах производства (например, доменные шлаки используются для нейтрализации сточных вод, содержащих серную кислоту).

Выбор реагентов для нейтрализации кислых сточных вод зависит от их состава. В частности, необходимо учитывать, что реакции нейтрализации могут сопровождаться образованием осадков, способных забивать трубопроводы и аппараты.

Осадки образуются:

- при использовании кальцийсодержащих реагентов для нейтрализации сточных вод, содержащих серную и сернистую кислоты (образуются выпадающие в осадок плохо растворимые в воде кальциевые соли этих кислот);
- при нейтрализации кислых сточных вод металлургических предприятий, содержащих тяжелые металлы (происходит осаждение гидроксидов этих металлов).

Для предупреждения зарастания стенок трубопроводов рекомендуется реализация следующих мероприятий:

- добавка в сточные воды гексаметафосфата натрия (умягчение воды);
- промывка трубопроводов чистой водой;
- добавка в сточные воды «затравочных» кристаллов гипса (осадки преимущественно образуются в объеме сточных вод, а не на поверхности трубы).

Расход реагентов, используемых для нейтрализации кислых сточных вод, содержащих серную, соляную, азотную, ортофосфорную и уксусную кислоты, составляет 0,6-1,6кг/кг.

Функцию реагентов при нейтрализации кислых сточных вод могут выполнять крупнокусковые материалы определенного состава, используемые в качестве фильтров-нейтрализаторов, которые могут быть вертикальными и горизонтальными. Нейтрализация осуществляется путем фильтрования кислых сточных вод через слой магнезита, доломита, известняка, подходящих твердых отходов (шлак, зола). Размер кусков фильтрующего материала 10-80мм. Скорость фильтрования при использовании вертикальных фильтров – не более 5м/ч, продолжительность контакта не менее 10 минут (высота слоя материала около 1м). У горизонтальных фильтров скорость течения сточных вод – не более 3м/ч. Если через фильтр-нейтрализатор пропускаются сточные воды, содержащие серную кислоту, а в качестве фильтрующего материала используются кальцийсодержащие минералы, то образующиеся осадки сульфата кальция  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  будут забивать поры и фильтрование

прекратится; целесообразно в таких случаях использовать в качестве фильтрующего материала карбонат магния (образующийся сульфат магния  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  характеризуется достаточно высокой растворимостью).

На ряде производств, например, на асбоцементных заводах, образуются щелочные сточные воды, имеющие рН 12-13. Для нейтрализации щелочных сточных вод используют отходящие газы, содержащие  $CO_2$  и  $SO_2$  (кислые газы). Чаще всего в реакции нейтрализации участвует диоксид углерода дымовых газов (5-6%  $CO_2$ ).

При обработке щелочных сточных вод углекислым газом образуется карбонат кальция  $CaCO_3$ , который может быть утилизирован. Отсюда нейтрализацию щелочных сточных вод кислыми отходящими газами можно рассматривать как ресурсосберегающую технологию (комплексная переработка отходов). Чтобы предотвратить образование карбонатных отложений на стенках аппаратов часть нейтрализованных сточных вод дозируют в исходные сточные воды (для снижения рН).

К ресурсосберегающей технологии можно отнести нейтрализацию сточных вод смешиванием, когда на предприятии образуются как кислые, так и щелочные сточные воды, не загрязненные другими примесями. Кислые и щелочные сточные воды смешивают в специальной емкости, используя для перемешивания либо воздух, либо мешалку. При избытке кислых или щелочных сточных вод добавляют соответствующие реагенты.

*Химическое осаждение* применяют для очистки сточных вод от тяжелых металлов (меди, цинка, свинца, кадмия, никеля и др.). Ионы тяжелых металлов переводятся с помощью реагентов в труднорастворимые в воде соединения с последующим их отделением от воды в виде осадков [4].

При переводе ионов тяжелых металлов в осадок чаще всего протекают реакции ионного обмена, реже – окислительно-восстановительные реакции.

Остаточная концентрация ионов тяжелых металлов в сточных водах не должна превышать нормы ПДК для водоемов санитарно-бытового водопользования (мг/л): ионов меди, никеля и свинца – 0,1, ионов цинка – 1, кадмия – 0,01, кобальта – 1, ртути – 0,001, мышьяка – 0,05.

Равновесие реакции ионного обмена смещается в сторону образования того из веществ, которое труднее растворимо.

Растворимость мало растворимых веществ выражают при помощи произведения растворимости (ПР).

Используя величины произведения растворимости как базовую основу для расчетов, можно сделать ряд практически важных выводов:

- при выборе реагента-осадителя необходимо руководствоваться, при прочих равных условиях, минимальными значениями ПР образующихся соединений (в частности, более глубокая очистка от тяжелых металлов достигается при обработке сточных вод сульфидом натрия, а не щелочными реагентами, поскольку растворимость сульфидов тяжелых металлов значительно меньше растворимости гидроксидов, а также карбонатов);

- для существенного снижения растворимости труднорастворимого вещества и, соответственно, для увеличения полноты его осаждения из сточных вод, необходимо, исходя из постоянства значения ПР, искусственно повысить концентрацию одного из ионов путем добавления небольшого количества легкорастворимой соли с общим ионом в составе осадка, что автоматически приведет к снижению концентрации другого иона за счет его выпадения из раствора в осадок;

- чтобы добиться возможно более полного осаждения какого-нибудь иона реагент-осадитель следует брать в небольшом избытке (исходя из требуемого по уравнению реакции).

Наиболее универсальным способом очистки сточных вод от солей тяжелых металлов является их обработка известковым молоком (гидроксидом кальция), приготовленным из известки III сорта. При этом происходит одновременное осаждение катионов тяжелых металлов в виде гидроксидов, карбонатов и гидросолей. Экспериментально установлено, что при совместном осаждении нескольких металлов достигаются лучшие результаты, чем при осаждении каждого из металлов в отдельности (возможно, это связано с образованием смешанных кристаллов и адсорбцией ионов металлов на поверхности твердой фазы) [3].

Следует отметить, что при химической очистке сточных вод известью переводятся в труднорастворимые кальциевые соли жирные кислоты (олеиновая кислота, талловое масло); за счет выпадения в осадок кальциевых солей содержание жирных кислот в сточных водах существенно снижается.

Для более глубокой очистки сточных вод от тяжелых металлов необходимо, как отмечено, известь заменить на сульфид натрия. Растворимость сульфидов тяжелых металлов значительно меньше растворимости любых других труднорастворимых соединений – гидроксидов и карбонатов. Сульфид натрия находит применение для очистки сточных вод от ртути (для осаждения образующегося сульфида ртути в виде гранул после обработки сточных вод  $\text{Na}_2\text{S}$  добавляют  $\text{NaCl}$ ).

Образующиеся при очистке сточных вод гидроксиды и сульфиды тяжелых металлов образуют устойчивые коллоидные системы, поэтому для интенсификации процесса их осаждения необходимо использовать коагулянты и флокулянты.

*Окислительные процессы* применяются для комплексной очистки сточных вод от всех токсичных соединений, способных окисляться, т.е. вступать в окислительно-восстановительные реакции, превращаясь в конечном итоге в другие, нетоксичные вещества [6].

В качестве реагентов-окислителей наиболее часто применяют хлорную известь, гипохлорит кальция  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ , гипохлорит натрия  $\text{NaClO}$ , реже – жидкий хлор. Широко применяют озонирование (в том числе для обеззараживания воды). Хлорную известь (хлорат кальция) получают при взаимодействии  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Cl}_2 = \text{CaOCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

Окислительные методы применяют для очистки сточных вод от цианидов (ПДК для водоемов санитарно-бытового водопользования 0,1 мг/л), от фенолов, ксантогенатов и дитиофосфатов (ПДК 0,001 мг/л). Одновременно реагенты-окислители осаждают ионы тяжелых металлов в виде труднорастворимых соединений (если для очистки сточных вод используют хлорную известь или гипохлорит, то дополнительные реагенты для осаждения ионов тяжелых металлов не требуются).

Помимо хлорсодержащих реагентов, для очистки сточных вод от цианидов можно использовать озон. Окисление озоном позволяет одновременно осуществлять обесцвечивание воды, устранение запахов и обеззараживание (бактерии погибают в тысячи раз быстрее, чем при обработке воды хлором). Озонирование представляет собой процесс абсорбции, сопровождаемый химической реакцией в жидкой фазе.

На установках очистки сточных вод озонированием предусматривается очистка отработанных газов от остатков озона (деструкция остаточного озона с применением методов адсорбции на активном угле, катализа, пиролиза). Перспективными считаются способы применения озона, основанные не на окислении загрязняющих веществ до конечных продуктов ( $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ), а на переводе их из одного фазового состояния в другое (например, из растворенного в коллоидное) с последующей очисткой сточных вод традиционными способами (при этом на несколько порядков сокращается расход озона).

*Восстановительные процессы* применяются для очистки сточных вод, содержащих легко восстанавливаемые вещества.

Практически методы восстановления используют для очистки сточных вод от соединений ртути и хрома. В качестве реагентов-восстановителей чаще всего используют сульфат двухвалентного железа  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , бисульфит натрия  $\text{NaHSO}_3$ , диоксид серы  $\text{SO}_2$ .

Для восстановления *ртути и её соединений* предложено несколько реагентов – сульфид железа (пирит)  $\text{FeS}_2$ , бисульфит натрия  $\text{NaHSO}_3$ , железный порошок, алюминиевая пудра, древесный уголь, гидразин  $\text{N}_2\text{H}_4$  и др. При этом органические соединения ртути сначала окисляют с целью разрушения соединения, затем катионы ртути восстанавливают до металлической ртути. Неорганические соединения ртути восстанавливают до металлической ртути с последующим её отделением от сточных вод отстаиванием, фильтрованием или флотацией.

Под *агрегированием* понимается процесс укрупнения тонкодисперсных частиц (шламов, коллоидных частиц) в результате их взаимодействия, приводящего к объединению в агрегаты (флокулы) [5].

Процесс агрегирования, т.е. образования флокул, состоит из двух последовательных стадий – соударения (при встрече частиц друг с другом) и прилипания.

Процессы агрегирования при очистке сточных вод включают несколько операций: дозирование, смешивание реагентов со сточными водами,

хлопьеобразование и осаждение хлопьев. Для повышения эффективности очистки сточных вод в процессах агрегирования целесообразно использовать сочетания реагентов-коагулянтов и флокулянтов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гузенко, М. В. Химические методы очистки сточных вод / М. В. Гузенко // Непрерывная система образования. Инновации и перспективы: Сборник статей международной студенческой конференции, Воронеж, 30 октября 2020 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2020. – С. 238-240.
2. Доронкина, И. Г. Эколого-экономическая эффективность технологических процессов очистки сточных вод / И. Г. Доронкина, О. Н. Борисова // Сервис в России и за рубежом. – 2015. – Т. 9. – № 4(60). – С. 112-121. – DOI 10.12737/16090.
3. Иванчук, А. М. Анализ процессов очистки сточных вод / А. М. Иванчук, Е. В. Малич, М. М. Смородинова // NovaUm.Ru. – 2021. – № 30. – С. 145-150.
4. Корсунова, Д. А. Современные методы очистки сточных вод / Д. А. Корсунова, М. В. Жолобова // Молодая наука аграрного Дона: традиции, опыт, инновации. – 2018. – 5. № 2-2. – С. 57-61.
6. Корчевская, Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод / Ю. В. Корчевская, А. А. Кадысева, А. А. Маджугина. – Омск : Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2017. – 136 с. – ISBN 978-5-89764-613-5.
7. Котовчихина, Е. А. Методы очистки сточных вод / Е. А. Котовчихина // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности : Материалы V Всероссийской научно-технической конференции молодых исследователей (с международным участием), Волгоград, 23–28 апреля 2018 года / Под общей редакцией Н.Ю. Ермиловой. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2018. – С. 132-134.
8. Шубов, Л. Я. Повышение экоэффективности технологии очистки сточных вод / Л. Я. Шубов, О. Н. Борисова, И. Г. Доронкина // Сервис в России и за рубежом. – 2014. – № 1(48). – С. 153-162.
9. Шубов, Л. Я. Повышение экоэффективности технологии очистки сточных вод /
10. Л. Я. Шубов, О. Н. Борисова, И. Г. Доронкина // Водоочистка. – 2016. – № 11. – С. 26-32.

*Ибатуллин А. Н., Ряписова Л. В.*

Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
г. Казань, Российская Федерация

### **МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ КАССЕТ «ПОЛИВОМ» ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ФЕДЕРАЛЬНОГО КАЗЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ «АВАНГАРД»**

*Аннотация.* Представлены результаты модернизации стадии совместной биологической очистки производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод на ФКП «Авангард». Показано, что замена в коридоре аэротенка металлических конструкций кассет на полипропиленовые увеличивает эффективность его работы и позволяет избежать вторичного загрязнения сточной воды продуктами коррозии. Модернизация привела к приросту массы

активного ила на 30 %, увеличению илового индекса на 25 %, снижению значений ХПК и аммонийного азота на 20 %.

*Ключевые слова:* ФКП «Авангард», сточная вода, биологическая очистка, очистные сооружения, аэротенк, реконструкция, увеличение эффективности.

*Ibatullin A. N., Ryapisova L. V.*

Kazan national research technological university», Kazan, Russian Federation

## **MODERNIZATION OF THE DESIGN OF THE «POLIVOM» CASSETTES TO IMPROVE THE BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT OF THE FEDERAL STATE ENTERPRISE «AVANGARD»**

*Abstract.* The results of the modernization of the stage of joint biological treatment of industrial and domestic wastewater at the FKP Avangard are presented. It is shown that the replacement of metal cassette structures in the aerotank corridor with polypropylene ones increases the efficiency of its operation and avoids secondary pollution of wastewater by corrosion products. Modernization led to an increase in the mass of activated sludge by 30 %, an increase in the sludge index by 25 %, and a decrease in COD and ammonium nitrogen values by 20 %.

*Key words:* FKP «Avangard», waste water, biological treatment, treatment facilities, aerotank, reconstruction, increase in efficiency

Развитие хозяйственной деятельности человека неизбежно приводит к усилению негативного воздействия образующихся сточных вод на природные водные объекты. Одним из перспективных направлений минимизации этого воздействия является модернизация имеющихся на предприятиях очистных сооружений.

Более 20 лет на ФКП «Авангард» работает цех биологической очистки сточных вод. Подразделение начало свою деятельность с 1991 г., но активную работу по механической и биологической очистке смеси промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод ведет после реконструкции с 2010 г.

На ФКП «Авангард» сточные воды проходят стадии механической, биологической очистки и доочистки [1].

В данной работе рассмотрена стадия биологической очистки, в которой в 2010 году произведен капитальный ремонт и реконструкция аэротенка с установкой кассет «Поливом» и установлен регенератор в первичном аэротенке [2].

В 2021 г. выполнены следующие работы по модернизации производства:

- демонтаж и монтаж изношенных кассет «Поливом» с заменой их каркаса на полипропиленовый в третьем коридоре аэротенка;
- замена изношенных стальных трубопроводов на полиэтиленовые.

Фотографии третьего коридора аэротенка до и после реконструкции и капитального ремонта приведены на рисунках 1 и 2.



*Рис. 1.* Коридор с разрушенными кассетами



*Рис. 2.* Коридор после ремонта и модернизации кассет

До проведения реконструкции под воздействием агрессивной водной среды металлические конструкции и кассеты в аэротенке быстро подвергались коррозии, приводящей к снижению прочностных характеристик кассет, которые под воздействия подаваемого воздуха разрушались, что резко снижало поверхность иммобилизации активного ила. При разрушении металлического каркаса кассет падающие блоки разрушали рядом стоящие конструкции, оставались на дне резервуара и приводили ко вторичному загрязнению воды продуктами коррозии.

Для решения указанной проблемы предложена замена металлических конструкций кассет на полипропиленовые. Применение полипропилена в условиях работы аэротенка имеет ряд преимуществ:

- 1) устойчивость к воздействию агрессивной среды;
- 2) при разрушении полипропиленовые кассеты всплывают на поверхность, что позволит своевременно удалить их из резервуара;
- 3) большую поверхность для иммобилизации активного ила.

Замена металлических конструкций привела к значимому улучшению технико-экономических показателей работы стадии биологической очистки. Так проведенные промышленные испытания показали, что применение полипропиленовых кассет позволяет очищать промышленные и хозяйственно-бытовые сточные воды до нормативных показателей. Сравнительный анализ показателей работы реконструированного третьего коридора аэротенка с другими коридорами выявил увеличение эффективности его работы. Так прирост массы активного состава составил 30 %, иловый индекс увеличился на 25 %



с 60 до 80 мг/л, что привело к дополнительному снижению значений ХПК на 20 %.

Лабораторный анализ показателей сточных вод в декабре 2020 г. по сравнению с декабрем 2021 г. до проведения доочистки на песчано-гравийных фильтрах также позволил установить улучшение качества очистки по двум показателям – ХПК и азот аммонийный на 20 %.

Достигнутый положительный опыт модернизации позволил запланировать проведение модернизации и второго коридора аэротенка.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технологический регламент по очистке сточных вод, ФКП «Авангард», 2021 г.
2. Заключение «Характеристика и оценка работы ОСК ФКП «Авангард», ЗАО «Уральское предприятие «Росводоканал», 2007 г.

*Коваленко А. И.*

Астраханский государственный университет, г. Астрахань, Российская Федерация

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ РАВНОВЕСНЫХ МОДЕЛЕЙ АДСОРБЦИИ ДЛЯ СОРБЦИОННОГО КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ИОНОВ КАЛЬЦИЯ**

*Аннотация.* В данной работе проведено исследование сорбционной способности растительного сырья, отходов, полученных при производстве томатной пасты на АПК «Астраханский», по отношению к ионам кальция, т.к. их содержание является основной причиной, обуславливающей общую жесткость воды. Полученные данные были описаны с применением равновесных моделей Ленгмюра, Фрейндлиха, Тёмкина. Авторами установлено, что модель Тёмкина наилучшим образом описывает экспериментальные данные. Эмпирически определены константы и параметры уравнений рассматриваемых моделей, рассчитаны термодинамические функции.

*Ключевые слова:* жесткость, кальций, природный сорбент, томатный жмых, модели сорбции.

*Kovalenko A. I.*

Astrakhan State University, Russian Federation

### **RESEARCH OF THE APPLICABILITY OF EQUILIBRIUM ADSORPTION MODELS FOR CALCIUM IONS' SORPTION CONCENTRATION**

*Abstract.* Research of the sorption capacity of vegetable raw materials, wastes obtained during the production of tomato paste at the AIC "Astrakhansky" in relation to calcium ions, was made during this work. Since its content is the main reason of the overall hardness of water. The obtained data was described using the equilibrium models of Langmuir, Freundlich, Temkin. The authors of this work investigated that the Temkin's model describes the experimental data better than the other ones. The constants and the equations' parameters of the considered models were empirically determined and the thermodynamic functions were calculated.

*Key words:* hardness, calcium, natural sorbent, tomato cake, sorption models.

Проблема накипеобразования остро стоит при нормальной эксплуатации всех видов водного транспорта и при учете расхода условного топлива, что обусловлено многими факторами. Осаждаясь на поверхности, накипь провоцирует множество проблем: порча оборудования, затруднение теплообмена, а значит и повышение расхода топлива. При работе парового котла на жесткой воде его нагреваемая поверхность покрывается накипью, что может привести к взрыву. Известно, что известковые отложения начинают формироваться с того момента, как жесткая вода протекает по трубе. Кальций в необработанной воде кристаллизуется в структуру «репейника». Эти кристаллы соединяются друг с другом и пристают к поверхностям и таким образом в течении кратчайшего времени образуют твердый налет.

В современном мировом сообществе стремительными темпами формируется новое направление в сфере охраны окружающей среды – применение растительных сорбентов в качестве реагентов для удаления загрязняющих веществ из водных сред. [1,2]

Исследование проводили в статическом режиме при постоянном перемешивании методом ограниченного объема. Ионное равновесие поддерживали, добавляя 1М раствор KCl. В 7 мерных колб емкостью 100 см<sup>3</sup> вносили: 0;0,5;1;2;3;4;5 см<sup>3</sup> раствора CaCl<sub>2</sub> (C=10<sup>-1</sup> моль/ дм<sup>3</sup>), доводили дистиллированной водой до метки, приготовленные растворы переносили в химические стаканы емкостью 50 см<sup>3</sup>, далее в каждый стакан вносили навеску растительного сорбента - оптимальной массой 0,5 г интенсивно перемешивали. Измеряли потенциал ИСЭ в растворах до и после сорбции прямой потенциметрией с использованием иономера «Эксперт-001», ионоселективных электродов на ионы Ca<sup>2+</sup> - «ЭЛИС-121Ca» и однолучевого хлорсеребряного электрода сравнения, заполненного 4 М раствором KCl. Исследования проводили при 283±2К, 296±2К и 308±2К, для учета фона параллельно проводили измерения с холостым раствором.

Полученные данные были описаны с применением равновесных моделей Ленгмюра, Фрейндлиха, Тёмкина [3-5].

Таблица 1

Константы изотерм Ленгмюра, Фрейндлиха, Темкина для ионов кальция (II) на томатном жмыхе, T = (294±2) К

Адсорбционная модель	Уравнение изотермы		R <sup>2</sup>	Константы изотерм	
Ленгмюра	$\frac{C_\tau}{Q_\tau} = \frac{1}{K_L \cdot Q_e} + \frac{Q_\tau}{Q_e}$	$y = 1,193x + 0,636$	0,88	$Q_e$	$K_L$
				0,838	1,876
Фрейндлиха	$\ln Q_\tau = K_F + \frac{1}{n} \cdot \ln[C_\tau]$	$y = 0,7883x - 0,276$	0,95	$1/n$	$K_F$
				0,788	0,759
Темкина	$Q_\tau = \frac{1}{\infty} \cdot \ln K_T + \frac{1}{\infty} \ln[C_\tau]$	$y = 0,1414x + 0,4906$	0,98	$\infty$	$K_T$
				7,07	32,13

Из табл.1 видно, что максимальное значение коэффициентов корреляции характерно для модели Тёмкина, описывающей экспериментальные данные лучше, чем модель Фрейндлиха и Ленгмюра. Адсорбционные центры по этой модели обладают различными величинами энергии, поэтому первую очередь, происходит заполнение активных адсорбционных положений с максимальной энергией.

На основании экспериментальных данных, представленных в табл. 1, рассчитали термодинамические параметры.

Таблица 2

Термодинамические параметры равновесной адсорбции ионов Ca<sup>2+</sup> сорбентом

T, К	Термодинамические параметры			
	$K_T$	$\Delta G$ , кДж/моль·К	$\Delta S$ , Дж/моль·К	$\Delta H$ , кДж/моль
283	18,58	-6,9	417,4	111,3
296	32,13	-8,5	404,7	
308	862,64	-17,3	417,4	

Процесс адсорбции носит эндотермический характер и механизм закрепления сорбата на активных центрах поверхности – хемосорбция. Численное значение энтальпии ( $\Delta H$ ) подтверждает химическую природу адсорбции ионов кальция на растительном сорбенте. Характер изменения энергии Гиббса в исследуемом температурном интервале указывает на самопроизвольное протекание, изменение энтропии также подтверждает самопроизвольный характер процесса и характеризует глубину его протекания. Значения  $\Delta S$  для адсорбции ионов кальция (табл.2) мало изменяются с ростом температуры растворов. Термодинамические параметры полученные в ходе исследования, важны при использовании сорбционной технологии очистки водных систем от кальция с использованием томатного жмыха.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хурамшина И.З., Никифоров А.Ф., Липунов И.Н. и др. Сорбционное извлечение меди (II) из водных растворов природными минеральными сорбентами на основе опал-кристобалитовых пород // Сорбционные и хроматографические процессы. 2014. Т. 14. Вып. 2. С. 338–344.
2. Каныгина О.Н., Четверикова А.Г., Стрекаловская А.Д. и др. К вопросу о сорбционной очистке воды монтмориллонит содержащей глиной // Вестник ОГУ. 2014. № 9. С. 160–163.
3. Джигола Л.А., Сютова Е.А. Твердофазное концентрирование ионов кальция минеральными сорбентами при создании противогололедных материалов // Известия высших учебных заведений. Серия «Химия и химическая технология». 2018. Т.61. №9-10. С. 98-104. DOI:<https://doi.org/10.6060/ivkkt.20186109-10.5805a>.
4. Джигола Л.А., Сютова Е.А. Исследование кинетических закономерностей твердофазного концентрирования ионов кальция природными сорбентами // Сорбционные и хроматографические процессы. 2020. Т.20. №1. С. 64-75. DOI: [10.17308/sorpchrom.2020.20/2381](https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2020.20/2381)
5. Рамазанов, А.Ш. Сорбционное концентрирование ионов меди, цинка, кадмия и свинца из водных растворов природной глиной / А.Ш. Рамазанов, Г.К. Есмаил // Вестник Дагестанского государственного университета. – 2014. – Вып. 1. – С.179-183.

*Кривоносова И. А., Кусова И. В.*

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа, Российская Федерация

### **СНИЖЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛИ НА ВОДНЫЙ ОБЪЕКТ**

*Аннотация.* В работе проведен анализ деятельности ТЭЦ как источника негативного воздействия на водный объект. Разработана ресурсосберегающая технология очистки сточных вод на основе анализа наилучших доступных технологий. Выполнен расчет бака-нейтрализатора, вертикального отстойника с нисходяще-восходящим потоком жидкости и камерного фильтр-пресса.

*Ключевые слова:* Теплоэлектроцентраль, сбросы сточных вод, взвешенные вещества, технология очистки сточных вод, расчет очистного оборудования, принципиальная технологическая схема.

*Krivososova I. A., Kusova I. V.*

Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation

### **REDUCING THE NEGATIVE IMPACT OF COGENERATION PLANT ON THE WATER BODY**

*Abstract.* The paper analyses the activity of cogeneration plant as a source of negative impact on the water body. The resource-saving technology of wastewater treatment based on the analysis of the best available technologies has been developed. The calculation of a neutralization tank, a vertical settler with a downward-flowing liquid flow and a chamber filter press was performed. A material balance of the process of wastewater treatment at a cogeneration plant is calculated.

*Key words:* cogeneration plant, wastewater discharges, suspended substances, wastewater treatment technology, crucial technological scheme.

Эксплуатация тепловых электростанций связана с потреблением и отведением большого количества воды. К сточным водам относятся регенерационные и шламовые воды от установок водоподготовки, воды систем охлаждения, отработанные растворы после химических промывок и ливневые стоки с территории. В связи с этим проблема очистки и утилизации сточных вод является актуальной для всех типов электростанций.

В связи с этим, целью данной работы является разработка технологии очистки сточных вод ТЭЦ.

В настоящее время большая часть сточных вод после предварительной очистки сбрасывается в природный водоем, либо без очистки в централизованную систему канализации. В первом случае загрязняются поверхностные воды различными веществами из сточных вод и подвергаются тепловому загрязнению, что негативно сказывается на их состоянии. Во втором случае повышается нагрузка на сети канализации и последующие сооружения биологической очистки, что негативно сказывается на их режиме работы.

Исследуемая ТЭЦ использует в качестве топлива природный газ, являющийся экологически чистым видом топлива, таким образом исключается загрязнение сточных вод нефтепродуктами и вредными токсическими веществами.

На рисунке 1 представлены источники образования сточных вод, образующихся в результате работы теплоэлектроцентрали.

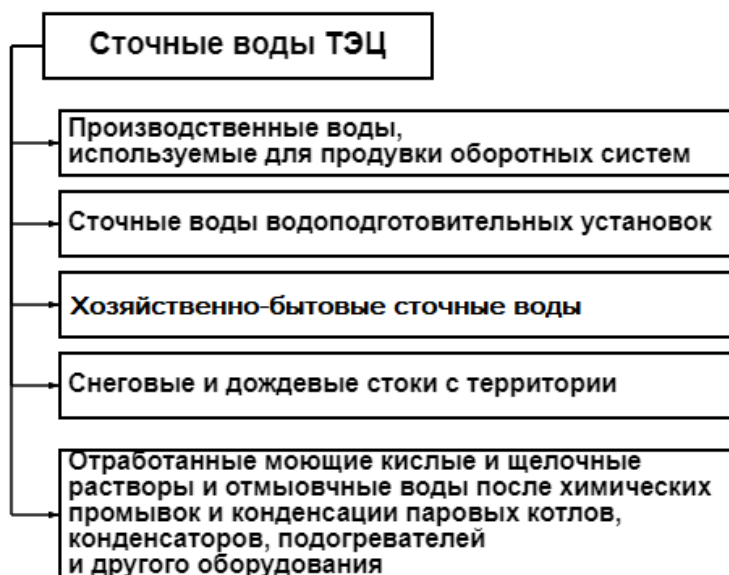


Рис. 1. Виды сточных вод, образующихся на ТЭЦ

Производственные воды, что используются для продувки оборотных систем предназначены для предотвращения накипиобразования и коррозии, характеризуются повышенным содержанием взвешенных частиц.

Сточные воды водоподготовительных установок содержат:

- шламовые воды предочисток;
- регенерационные и отработанные растворы, промывочные воды ионитных фильтров.

Снеговые и дождевые стоки с территории содержат вещества, что используются в производственном цикле ТЭЦ, но они не обладают токсичными свойствами. Приоритетными загрязнителями в данных стоках являются взвешенные вещества.

Отмывочные воды и отработанные моющие растворы могут содержать щелочи, кислоты, соли аммония, нитраты, соли железа, аммиак, трилон Б и др.

Продувочные воды паровых котлов и паропреобразователей, воды установок водоподготовки и продувочные воды оборотных систем водоснабжения сбрасываются постоянно. К периодическим стокам относятся отработанные моющие растворы (кислые и щелочные), отмывочные воды, снеговые и дождевые стоки с территории. [1][2]

Приоритетными загрязняющими веществами сточных вод ТЭЦ являются взвешенные вещества.

На исследуемой теплоэлектроцентрали не установлено очистное оборудование для очистки сбросов, образующихся в результате работы объекта. Сточные воды сбрасываются в централизованную систему канализации, затем попадают в поверхностные воды.

Таким образом, необходима разработка технологии очистки сточных вод ТЭЦ от взвешенных веществ с последующим обезвоживанием шлама, которое позволит использовать его в других отраслях и производствах. Данная технология также предоставляет возможность вернуть очищенную воду в систему водоподготовки ТЭЦ, то есть использовать ее повторно.

Согласно информационно-техническому справочнику ИТС 38-2017 [3] по наилучшим доступным технологиям «Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии», проанализируем НДТ для снижения воздействия на водные объекты. Результат представлен в таблице 1.

Наилучшие доступные технологии для снижения воздействия ТЭЦ  
на водный объект

Технология	Основные экологические преимущества	Применение		Используемое оборудование	Промышленное внедрение на действующих объектах
		Новые установки	Существующие установки		
Нейтрализация и отстаивание сточных вод	Доведение рН стоков до допустимых значений, снижение количества нерастворимых загрязнений	Возможно	Возможно	Баки-нейтрализаторы, отстойники, перемешивающее устройства, насосы, узлы дозирования нейтрализующего реагента, трубопроводы, арматура	Да
Возврат сточных вод предочистки в осветлитель после отстаивания и/или обезвоживания шлама	Снижение объема сточных вод и количества загрязняющих веществ в сбросах ТЭЦ	Возможно	Возможно	Шламонакопители, баки, насосы, оборудование для обезвоживания шлама, трубопроводы, арматура	Да

Как видно из таблицы 1, для сточных вод ТЭЦ предлагается технология, подразумевающая нейтрализацию, отстаивание сточных вод и обезвоживание шлама, с последующим возвратом очищенных сточных вод в систему водоподготовки теплоэлектроцентрали, для повторного использования. Для рассматриваемой технологии предлагается использование бака-нейтрализатора, первичного отстойника и оборудования для обезвоживания шлама. Их применение позволит снизить негативное влияние на систему канализации и водный объект, а также дает возможность повторного использования очищенной сточной воды и переработку шлама от процессов водоподготовки.

Разработанная технология очистки сточных вод ТЭЦ представлена на рисунке 2.

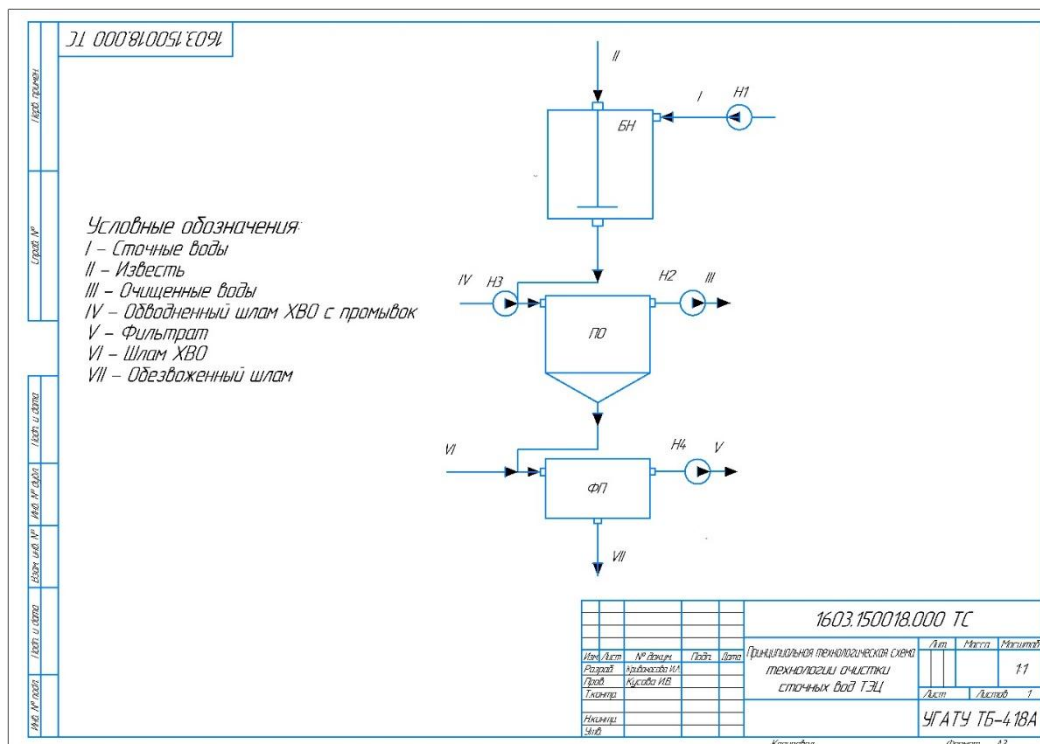


Рис. 2. Принципиальная технологическая схема очистки сточных вод ТЭЦ  
 БН – бак-нейтрализатор; ПО – первичный отстойник; ФП – фильтр-пресс;  
 Н1-Н4 – насосы

Сточные воды (I), с помощью насоса (Н1), попадают в бак-нейтрализатор (БН) с механической мешалкой, куда добавляется известь (II). Затем стоки отправляются в первичный отстойник (ПО) вместе с обводненным шламом ХВО с промывок (VI), который подается насосом (Н3). Здесь происходит образование шлама, который отправляется для обезвоживания в фильтр-пресс (ФП), вместе со шламом ХВО (VI). Очищенная вода (III) насосом (Н2) возвращается в технологический процесс.

Фильтрат (V) после фильтра-пресса насосом (Н3) возвращается в технологический процесс вместе с потоком очищенных вод (III) после первичного отстойника. Обезвоженный шлам (VII) складывается на территории ТЭЦ.

Выполнен расчет бака-нейтрализатора. При расходе сточных вод 6,59 м<sup>3</sup>/сут, с учетом последующего отстаивания с периодом 1,5 часа, предусмотрим объем бака-нейтрализатора 15 м<sup>3</sup>. При данном расходе будет расходоваться 1 кг/ч извести, то есть 6,301 т/год. Предусмотрена механическая мешалка.

Результат расчета вертикального отстойника с нисходяще-восходящим потоком жидкости позволил подобрать для него типовой проект 902-2-19, для определения основных технически характеристик.

В таблице 2 представлены рассчитанные технические характеристики вертикального отстойника.



Таблица 2

Результат расчета технических характеристик вертикального отстойника м нисходяще-восходящим потоком жидкости

Технические характеристики	
Диаметр	4 м
Количество	1 шт.
Общая высота цилиндрической части	3,8 м
Общая высота конусной части	3,5 м
Общая высота отстойника	7,3 м
Материал	Монолитный железобетон
Суточное количество осадка, задерживаемое в отстойнике	13,353 м <sup>3</sup> /сут.
Время отстаивания	1,5 ч

Эффективность работы отстойника по очистке сточных вод от взвешенных веществ составляет 60%. В таблице 3 представлены концентрации взвешенных веществ в очищенной воде на входе и на выходе из отстойника.

Таблица 3

Концентрация взвешенных веществ в очищенной воде на входе и выходе из первичного отстойника

Свход., мг/л	Свых., мг/л	ПДКр.х.[4], мг/дм <sup>3</sup>
0,56	0,015	0,075

Значение концентрации взвешенных веществ на выходе из первичного отстойника соответствует значению ПДК для вод второй категории рыбохозяйственного назначения.

Результат расчета камерного фильтр-пресса позволил определить для него типовой проект: автоматизированный камерный фильтр-пресс КМП 2,5.

В таблице 4 представлены рассчитанные технические характеристики камерного фильтр-пресса.

Таблица 4

## Результат расчета технических характеристик камерного фильтр-пресса

Технические характеристики	
Максимальная производительность при очистке сточных вод	5,35 м3/ч
Количество	1 шт.
Минимальная производительность цикла работы фильтра	1 ч.
Минимальный удельный объем фильтрата	0,20 м3/м2
Продолжительность фильтрации	0,34 ч.
Продолжительность промывки	0,16 ч.
Толщина осадка в раме	1,6*10 <sup>-5</sup> м
Площадь поверхности фильтрации	2,5 м2
Объем камерного пространства	0,11 м3
Рабочее давление	1,6 МПа
Габариты:	
Длина	2910 мм
Ширина	1950 мм
Высота	2550 мм

Эффективность работы камерного фильтр-пресса составляет 98%. В таблице 5 представлены концентрации взвешенных веществ в фильтрате на входе и на выходе из фильтр-пресса.

Таблица 5

## Концентрация взвешенных веществ в фильтрате на входе и выходе из камерного фильтр-пресса

Свход., мг/л	Свых., мг/л	ПДКр.х.[4], мг/дм3
0,5	0,01	0,075

Значение концентрации взвешенных веществ на выходе из первичного отстойника соответствует значению ПДК для вод второй категории рыбохозяйственного назначения.

Таким образом, разработанная технология очистки сточных вод ТЭЦ позволит снизить водоотведение и водопотребление предприятия за счет повторного использования очищенных сточных вод. Кроме того, исключить складирование шлама химводоочистки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод: учебник для вузов. М.: АСВ, 2006. 704 с.
2. Характеристика сточных вод ТЭЦ, ТЭС, газотурбинных и парогазовых электростанций. URL: <https://dc-region.ru/sv-tec-tes-gazoturbinnih-i-parogazovyh-elektrostancij> (Дата обращения по ссылке: 15.04.2022).
3. Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии: ИТС 38-2017. – М: Бюро НДТ. 2017.
4. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13.12.2016 №552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного назначения» (с изм. на 10.03.2020 года).

*Кувайкина А. К.*

Российский государственный университет туризма и сервиса, г. Москва, Российская Федерация

### **МЕХАНИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД**

*Аннотация.* Приводятся сведения об основных способах очистки нефтесодержащих сточных вод, более подробно рассмотрен один из методов, а именно механический метод очистки СВ. Также в статье описываются основные сооружения, используемые в данном методе очистки.  
*Ключевые слова:* механическая очистка, нефтесодержащие сточные воды, сооружения очистки, сточные воды.

*Kuvaykina A. K.*

Russian State University of Tourism and Service, Moscow, Russian Federation

### **MECHANICAL METHOD OF OIL-CONTAINING WASTEWATER TREATMENT**

*Abstract.* The information about the main methods of purification of oily wastewater is given, one of the methods, namely the mechanical method of purification of waste water, is considered in more detail. The article also describes the main structures used in this cleaning method.  
*Key words:* mechanical cleaning, oily waste water, treatment facilities, waste water.

Отработанная нефтесодержащая вода, удаляемая с территории, объектов переработки, транспортирования, хранения и реализации нефти и продуктов её переработки, и направляемая на обработку с целью очистки, называется производственной нефтесодержащей сточной водой.

Производственные нефтесодержащие сточные воды образуются в результате зачистки резервуаров, сброса подтоварных вод из резервуаров, гидравлической и пневмогидравлической зачистки трубопроводов, а также

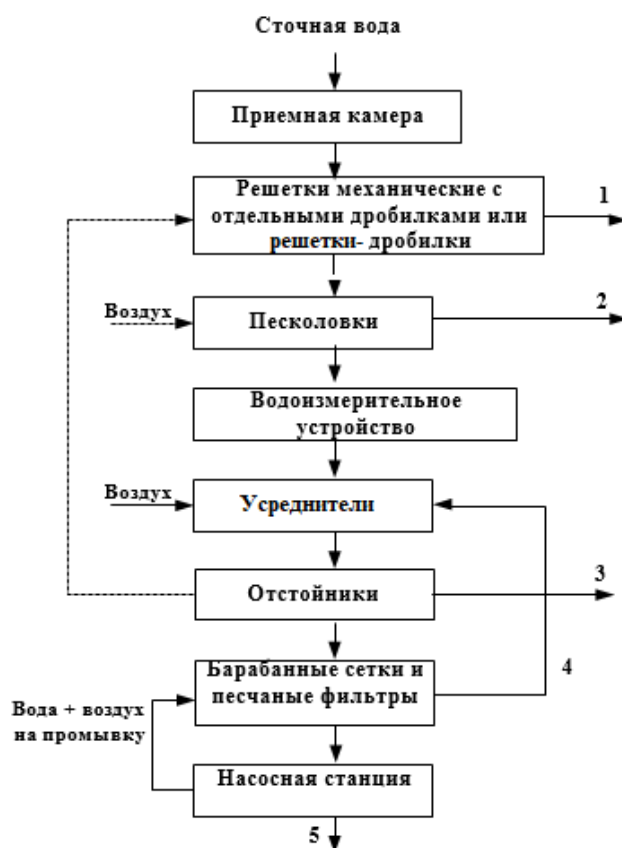
мойки, пропарки и вентилирования автомобильных средств заправки и транспортирования горючего (АСЗТГ) и др. [1].

Очистка нефтесодержащих производственных сточных вод проводится для устранения вредных и опасных свойств, данные свойства могут приводить к пагубным последствиям в окружающей среде. Применение различных технологий очистки направленно на нейтрализацию, обезвреживание и извлечение ценных компонентов. Следовательно, выбор технологии очистки и оборудования зависит главным образом от характера загрязненности нефтесодержащей сточной воды и её отклонения от природной воды. Выбор способа очистки зависит от вредных факторов производственных сточных вод и требованиями, которые предъявляются к качеству воды. К примеру, для снижения содержания эмульгированного нефтепродукта в производственной сточной воде с целью её повторного использования применяются следующие методы: гравитационный отстой, флотация, коагуляция, фильтрация. Воду, которая прошла предварительную стадию очистки, используют для технологических нужд: промывки резервуаров, охлаждения оборудования, получения пара и т.п. [2].

Для очистки производственных сточных вод от нефтепродуктов применяются механические, физико-химические, химические и биологические способы очистки. Конкретно разобрана и описана механическая очистка сточных вод[3].

Механическую очистку применяют для выделения из производственных сточных вод нерастворенных минеральных и органических примесей с целью подготовки к физико-химическому, биологическому или другому способу более глубокой очистки. Механическая очистка - предварительный этап очистки производственных сточных вод. Для объектов переработки, транспортирования, хранения и реализации нефти, и продуктов её переработки только механической очисткой ограничиться невозможно. Она обеспечивает выделение взвешенных веществ из сточных вод до 90-95 % и снижение органических загрязнений (по БПК<sub>полн</sub>) до 20-25 %.

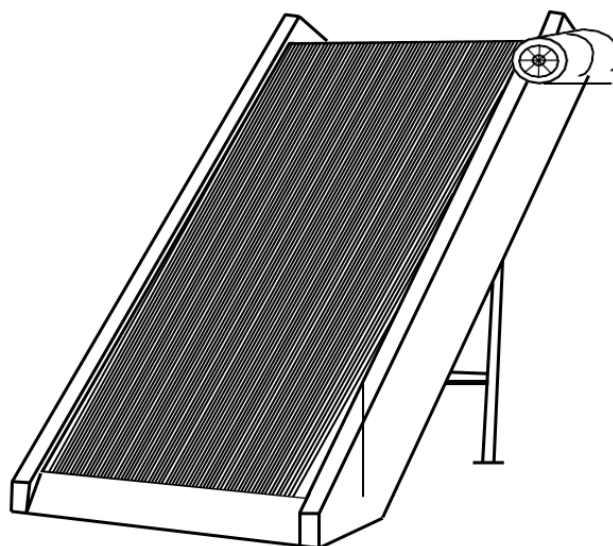
На рис.1 показана распространенная схема механической очистки нефтепродуктосодержащих производственных сточных вод со следующим составом сооружений очистки: решетки для задержания крупных загрязнений органического или минерального происхождения, песколовки для выделения тяжелых минеральных примесей (главным образом песка), усреднители расхода сточных вод и концентрации расхода производственных сточных вод и концентрации их загрязнений, отстойники для выделения нерастворимых примесей. Фильтры для более полного осветления воды и сооружения для обработки осадка[4].



*Рис. 1.* Схема механической очистки нефтепродуктосодержащих:

1 – с выводом отходов в контейнерах на обезвреживание; 2 – песок на обезвреживание и утилизацию; 3 – осадок на обработку и утилизацию; 4 – вода от промывки фильтров; 5 – вода на доочистку и повторное использование в системе производственного водоснабжения

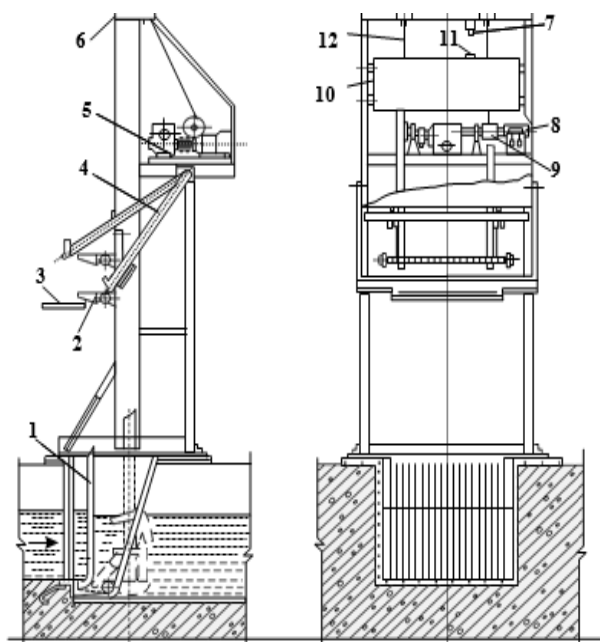
Механические решетки нужны для улавливания из промывочных жидкостей крупных взвешенных включений и для защиты оборудования от попадания твердых включений в рабочую камеру, чем продлевают срок службы оборудования[5]. Решетки устанавливаются на стадии подготовки сырого осадка к механическому обезвреживанию, в открытых каналах в канализационных насосных станциях, в отсеках механической очистки. При размещении решетки не в здании, они монтируются в контейнере с подогревом. Размер решетки определяется из условий обеспечения оптимальной скорости движения сточной воды между разорами рабочей поверхности. На рис. 2 показана механическая решетка фирмы HYDRIG.



*Рис. 2.* Механическая решетка фирмы HYDRIG

Благодаря извлечению с помощью решеток грубых примесей решаются проблемы борьбы с засорением и преждевременным износом центрифуг, насосов и вспомогательного оборудования. Решетка устанавливается в открытых каналах или в отсеках механической очистки. На рис. 3 унифицированная механическая решетка типа РМУ.

Достоинством данного способа является возможность многократного использования фильтров. Однако данный способ не удаляет в достаточном количестве минеральные соли и высокотоксичные соединения. Также данный способ является энергозатратным и требует дополнительного аппаратного обеспечения для нагрева сточных вод.



*Рис. 3.* Унифицированная механическая решетка типа РМУ:

1 – решетка; 2 – граблина; 3 – лоток откидной; 4 – сбрасыватель; 5 – электропривод; 6 – траверса верхняя; 7 – концевой выключатель; 8 – блок переключения; 9 – барабан грузовой; 10 – каретка; 11 – упор каретки; 12 – металлический канат

Песколовки, с помощью которых удаляются механические грубодисперсные примеси и часть нефтепродуктов, в технологических схемах очистки располагаются между решётками и первичными отстойниками или нефтеловушками, они обеспечивают их нормальную работу [6].

Конструктивно песколовки в зависимости от направления движения сточных вод делятся на два вида: горизонтальные и вертикальные. Песколовки применяются при расходе сточных вод не более  $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ , и задерживают 15-20 % минеральных примесей из стоков [7].

В схеме механической очистки сточных вод применяются первичные отстойники, они предназначены для выделения частиц из вод, которые прошли решетки и песколовки [8]. По конструкции отстойники бывают вертикальные и горизонтальные, по способу введения сточных вод – радиальные и с вращающимся водораспределительным устройством, радиальные с периферийным выпуском воды. Для обработки сточных вод, которые имеют специфические включения, отстойники могут быть снабжены дополнительными устройствами для сбора всплывающих включений [9].

Вместе с первичными отстойниками на очистных станциях применяются сетчатые барабанные фильтры, они условно подразделяются на микрофильтры и барабанные сетки. Микрофильтры задерживают грубодисперсные частицы (структурные примеси растительного и животного происхождения, песок и др.). Эффективность очистки воды на микрофильтрах составляет около 40-60%, это позволяет в конкретных случаях заменить ими первичные отстойники, БПК<sub>полн</sub> при совместной очистке бытовых и производственных сточных вод снижается

на 25-30 %; содержание взвешенных веществ в исходной воде не более 300 мг/л[10].

Барабанные сетки задерживают грубодисперсные примеси в отсутствии в воде вязких веществ (при содержании их в производственной сточной воде не более 250 мг/л) на 25-40%. Чаще всего их устанавливают перед зернистыми фильтрами для глубокой очистки сточной воды. В качестве фильтрующего материала в микрофильтрах и барабанных сетках применяют сетчатое полотно с ячейками различных размеров.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шубов Л.Я., Борисова О.Н., Доронкина И.Г. Технологии обращения с отходами: преимущества и недостатки, мифы и реалии // Твердые бытовые отходы. 2011. № 10 (64). С. 10-15.
2. Доронкина И.Г., Борисова О.Н. Ионообменные технологии очистки сточных вод с использованием ионитов // В сборнике: Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2020). Материалы XVI Международной научно-технической конференции, в 2-х томах, посвящается 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. Уфа, 2020. С. 291-296.
3. Доронкина И.Г., Борисова О.Н. Очистка сточных вод современного города // Славянский форум. 2020. № 2 (28). С. 146-158.
4. Борисова О. классификации сточных вод по разным критериям и методы их очистки // Водоочистка. 2019. № 3. С. 57-61.
5. Борисова О.Н., Кочетков А.С., Кудров Ю.В., Сумзина Л.В., Губанов Н.Н. Первостепенные мероприятия по энергосбережению в ЖКХ // В сборнике: Современные проблемы туризма и сервиса. Сборник статей научных докладов по итогам Всероссийской научной конференции. Под редакцией Н.А. Платоновой, О.Е. Афанасьева. 2018. С. 42-49.
6. Борисова О.Н. Ресурсоэффективное использование техногенного сырья в строительстве: новые горизонты для эко-инноваций // В сборнике: Наука - сервису. Материалы XXIII Международной научно-практической конференции. Под редакцией И.В. Бушуевой, О.Е. Афанасьева. 2018. С. 294-303.
7. Борисова О.Н. Предпосылки для рационального ресурсосбережения – создание экотехнопарков // Славянский форум. 2018. № 2 (20). С. 124-129.
8. Борисова О.Н. Качество в 21 веке - важнейшая стратегия развития предприятия // Славянский форум. 2018. № 4 (22). С. 91-95.
9. Соскова Е.А., Тимофеева Е.А., Борисова О.Н. Сейсмическая активность - глобальная катастрофа XXI века, миф или реальность // Славянский форум. 2017. № 3 (17). С. 269-274.
10. Шубов Л.Я., Борисова О.Н., Доронкина И.Г. Повышение экоэффективности технологии очистки сточных вод // Водоочистка. 2016. № 11. С. 26-32.



*Мухаммадиева Н. А.*

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (НИУ), г. Москва, Российская Федерация

## **РАСЧЕТ ФЛОТАЦИОННОГО АППАРАТА С КАМЕРОЙ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ**

*Аннотация.* В работе представлена многостадийная модель флотации с учетом кондиционирования сточных вод. На ее основе произведен расчет комбинированной флотационной установки с камерой кондиционирования.

*Ключевые слова:* Флотационная установка с камерой кондиционирования, многостадийная модель флотации с учетом кондиционирования сточных вод, аэрофлокула.

*Mukhammadieva N. A.*

Bauman Moscow State Technical University (NRU), Moscow, Russian Federation

## **CALCULATION OF A FLOTATION UNIT WITH AN AIR CONDITIONING CHAMBER**

*Abstract.* The paper presents a multi-stage flotation model taking into account wastewater conditioning. On its basis, the calculation of a combined flotation unit with an air conditioning chamber was carried out.

*Key words:* Flotation unit with air conditioning chamber, multistage flotation model taking into account wastewater conditioning, aeroflokula.

Развитие различных отраслей промышленности, сельского хозяйства, транспортной инфраструктуры и других видов деятельности влечет за собой необходимость очистки сточных вод, что является одной из актуальных проблем наших дней.

По данным Росстата сбросы в водоемы по РФ сточных вод с 2015 года сократились более чем на 20 % (в 2015 г. Сбросы составили 42,9 млрд м<sup>3</sup>, а в 2020 г. – 34,2 млрд м<sup>3</sup>) [1, 2], но проблема очистки до сих пор не решена.

Существенное влияние на повышение качества водооборота может оказать внедрение высокоэффективных методов очистки сточных вод. В последнее время широкое применение в очистки промышленных стоков получила флотационная очистка. Сущность процесса флотации заключается в извлечении из воды не смачиваемых частиц, т. е. гидрофобных загрязнений. Однако состав сточных вод разнообразен и включает в себя как гидрофобные, так и гидрофильные загрязнения, что требует включения в процесс очистки дополнительной реагентной обработки или, иными словами, кондиционирования стоков.

При кондиционировании, в отличие от обычной флотации, где происходит образование флотокомплекса (система «гидрофобная частица загрязнения – воздушный пузырек»), образуется более сложный комплекс – аэрофлокула, центром которой являются маленькие воздушные пузырьки, к

которым прикреплены как гидрофобные, так и гидрофильные частицы. Для образования аэрофлокул необходимо одновременное выполнение двух условий: эффективное перемешивание реагентов с очищаемой водой и засасывание и диспергирование воздуха [3]. Аэрофлокулы за счет архимедовой силы поднимаются вверх, где скапливаются в виде пенного слоя. В пенном слое со временем пузырьки воздуха могут разрушаться, что приводит к тому, что часть уловленных загрязнений выпадает в осадок [4].

Классический расчет флотационных аппаратов представлен в [5], в котором задается полное время флотации, составляющее, как правило 25-30 минут. Однако при кондиционировании сточных вод важно определить точное время. Время должно быть достаточным для образования аэрофлокул, но слишком длительное кондиционирование приводит к их разрушению. Для расчета комбинированных аппаратов важно согласовывать гидродинамический режим, учитывать особенности протекающих процессов. Таким образом, разработка комбинированных аппаратов влечет за собой необходимость разработки методов расчета этих аппаратов.

В работе [3] предложена многостадийная модель флотации с учетом кондиционирования сточных вод. В случае очистки стока от хорошо флотируемых веществ обратимость можно пренебречь. Тогда упрощенная модель кондиционирования сточных вод будет выглядеть, как показано на рисунке 1.

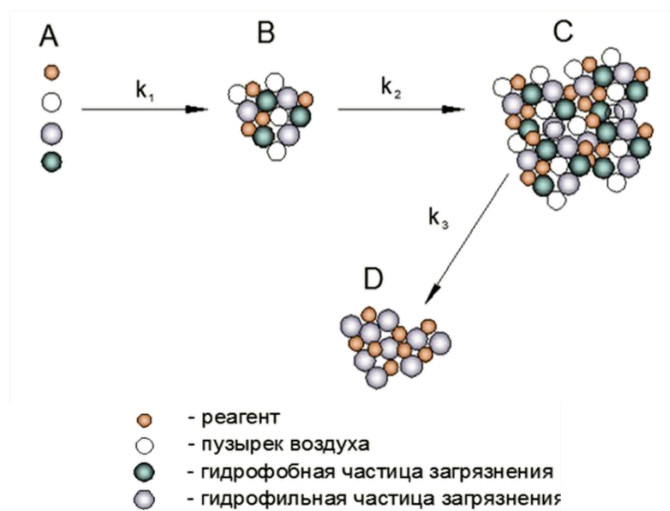


Рис. 1. Модель флотационного процесса очистки сточных вод с их кондиционированием без учета обратимости

Процесс, показанный на рисунке 1, описывается системой дифференциальных уравнений (1).

$$\begin{cases} \frac{dC_A}{dt} = -k_1 C_A; \\ \frac{dC_B}{dt} = k_1 C_A - k_2 C_B; \\ \frac{dC_C}{dt} = k_2 C_B - k_3 C_C; \\ \frac{dC_D}{dt} = k_3 C_C. \end{cases} \quad (1)$$

В системе дифференциальных уравнений (1):  $C_A$  — исходная концентрация частиц загрязнений, реагента и воздушных пузырьков,  $C_B$  — концентрация аэрофлокул,  $C_C$  — концентрация частиц в пенном слое,  $C_D$  — концентрация частиц в осадке. Константы  $k_1, k_2, k_3$  характеризуют переходы из одного состояния в другое.

Рассмотренная многостадийная модель применима для расчета флотационных установок с камерой кондиционирования [6]. Флотационная установка состоит из нескольких камер: камера кондиционирования, камера флотации, камера доочистки с тонкослойным модулем и камера чистой воды. Использование такого аппарата значительно уменьшает время очистки и увеличивает ее эффективность. Для определения объема камеры при известном расходе воды необходимо найти время кондиционирования. Расход сточных вод принимаем  $Q = 3,6 \text{ м}^3/\text{ч}$ , концентрацию загрязнений учитываем по взвешенным веществам.

Начальные условия для данной системы дифференциальных уравнений следующие: при  $t = 0, C_A = C_0; C_B = C_C = C_D = 0$ .

Для расчета были определены следующие параметры:

Средний диаметр пузырька:  $D = 50 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ ;

Скорость барботирования:  $q = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ ;

Скорость всплытия аэрофлокулы:  $v_{\text{под}} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$ ;

Скорость осаждения:  $v_{\text{ос}} = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$ ;

Эффективность захвата частицы загрязнения всплывающим пузырьком:  $E = 0,05$ ;

Фактор полидисперсности пузырьков:  $k_0 = 1$ ;

Расстояние от зоны аэрации до пенного слоя, обусловленное глубиной камеры кондиционирования:  $h = 0,6 \text{ м}$ .

Константы перехода рассчитываются по следующим формулам:

$$k_1 = \frac{1,5 \cdot q \cdot E}{k_0 \cdot D} = \frac{1,5 \cdot 1,5 \cdot 10^{-5} \cdot 0,05}{1 \cdot 50 \cdot 10^{-6}} = 0,023 \text{ с}^{-1}, \quad (2)$$

$$k_2 = \frac{v_{\text{под}}}{h} = \frac{1,8 \cdot 10^{-3}}{0,6} = 0,003 \text{ с}^{-1}, \quad (3)$$

$$k_3 = \frac{v_{\text{ос}}}{h} = \frac{1,1 \cdot 10^{-3}}{0,6} = 0,00183 \text{ с}^{-1}. \quad (4)$$

Строим график численного решения системы дифференциальных уравнений, описывающий очистку стока флотационно-гравитационным способом без учета обратимости, при начальных условиях:

$t = 0, C_A = 1500 \text{ мг/л}; C_B = C_C = C_D = 0.$

С помощью программы MathCad был получен график изменения концентраций от времени, показанный на рисунке 2.

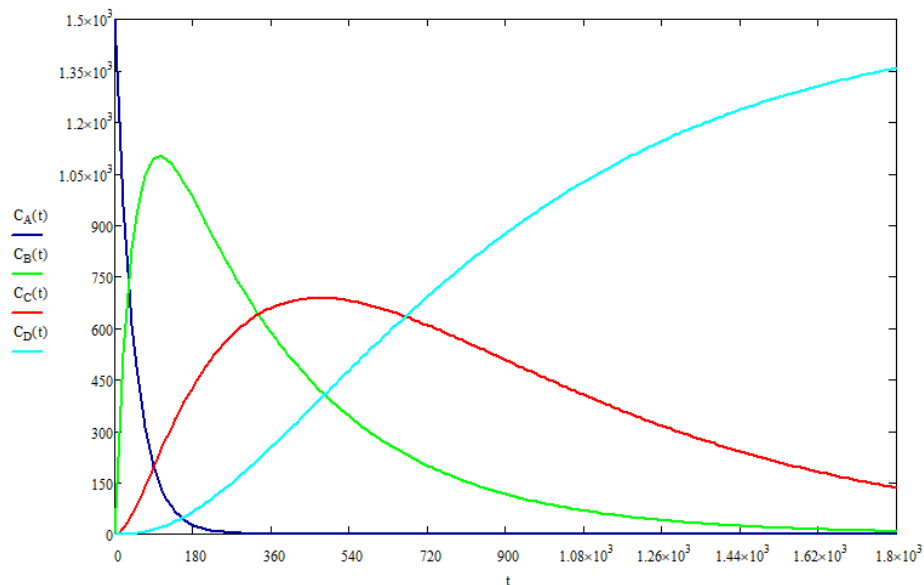


Рис. 2. График изменения концентрации загрязнений в камере кондиционирования

По данному графику видно, что концентрация загрязнений ( $C_A$ ) резко падает, а концентрация аэрофлокул ( $C_B$ ) уже к третьей минуте кондиционирования достигает максимального значения, затем постепенно спадает, но в то же время возрастает концентрация частиц в пенном слое ( $C_C$ ). Рост концентрации частиц в осадке ( $C_D$ ) объясняется выпадением из пенного слоя частиц при длительном перемешивании.

Таким образом, принимаем время кондиционирования 5,2 минут.

Рабочий объем кондиционирующей камеры определяется по формуле:

$$V = Q \cdot t = 3,6 \cdot \frac{5,2}{60} = 0,31 \text{ м}^3. \quad (5)$$

Принимаем высоту камеры кондиционирования, обусловленную длиной вала механической мешалки:  $H = 0,6 \text{ м}.$

Из конструктивных соображений берем ширину камеры:  $B = 1 \text{ м}.$

Рабочая длина камеры кондиционирования:

$$l_1 = \frac{V}{H \cdot B} = \frac{0,31}{0,6 \cdot 1} = 0,52 \text{ м}. \quad (6)$$

Расчет камеры флотации

В качестве системы аэрации используется пневмогидравлическая система. Расчетная концентрация загрязняющих веществ в сточной воде на входе в камеру флотации и не всплывших в пенный слой аэрофлокул составит 800 мг/л.

Для расчета были определены следующие параметры:

Средний диаметр пузырька:  $D = 60 \cdot 10^{-6} \text{ м};$

Скорость барботирования:  $q = 3,2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ ;

Скорость всплытия аэрофлокулы:  $v_{\text{под}} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$ ;

Эффективность захвата частицы загрязнения всплывающим пузырьком:  
 $E = 0,05$ ;

Фактор полидисперсности пузырьков:  $k_0 = 1$ ;

Расстояние от зоны аэрации до пенного слоя, обусловленное глубиной флотокамеры:  $h = 0,6 \text{ м}$ .

При расчете используем упрощенную модель флотации (автор Ксенофонов Б.С.) [4], которая не учитывает обратимость процессов, так как остаточные концентрации хорошо флотируются. Модель описывается системой дифференциальных уравнений (7):

$$\begin{cases} \frac{dC_A}{dt} = -k_1 C_A; \\ \frac{dC_B}{dt} = k_1 C_A - k_2 C_B; \\ \frac{dC_C}{dt} = k_2 C_B. \end{cases} \quad (7)$$

В системе дифференциальных уравнений (1):  $C_A$  — исходная концентрация частиц загрязнений,  $C_B$  — концентрация флотокомплексов,  $C_C$  — концентрация частиц в пенном слое. Константы  $k_1, k_2$  характеризуют переходы из одного состояния в другое.

Получаем константы:

$$k_1 = \frac{1,5 \cdot 3,2 \cdot 10^{-5} \cdot 0,05}{1 \cdot 60 \cdot 10^{-6}} = 0,04 \text{ с}^{-1};$$

$$k_2 = \frac{1,8 \cdot 10^{-3}}{0,6} = 0,0027 \text{ с}^{-1}.$$

Строим график численного решения системы дифференциальных уравнений, описывающей процесс флотации без учета обратимости, при начальных условиях  $t = 0, C_A = 800 \text{ мг/л}; C_B = C_C = 0$ .

С помощью программы MathCad был получен график изменения концентраций от времени, показанный на рисунке 3.

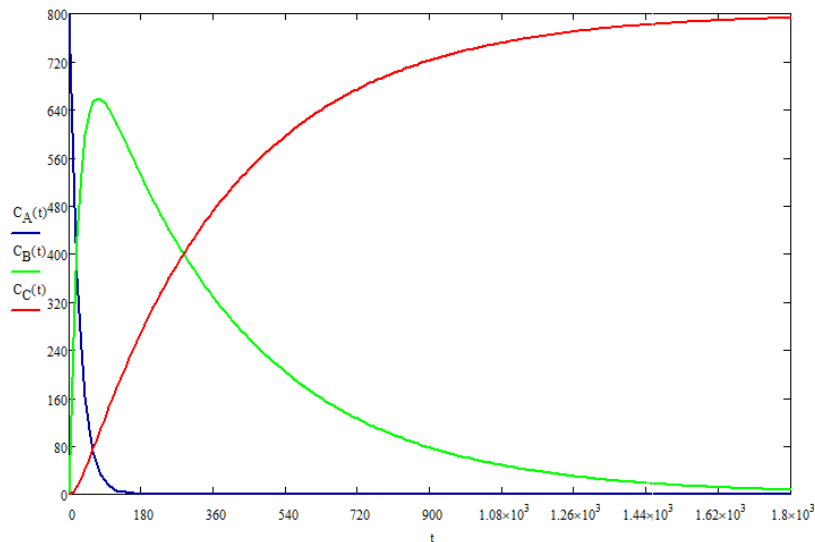


Рис. 3. График изменения концентрации загрязнений в камере флотации

По данному графику видно, что концентрация загрязнений ( $C_A$ ) резко падает, а концентрация флотокомплексов ( $C_B$ ) уже ко второй минуте кондиционирования достигает максимального значения, затем постепенно спадает, но в то же время возрастает концентрация частиц в пенном слое ( $C_C$ ). Время флотации принимаем  $t = 9,6$  минут с учетом того, что оставшиеся флотокомплексы довсплывут в камере доочистки.

За время флотации  $t = 9,6$  минут остаточная концентрация загрязнений составит 2 мг/л, что более чем удовлетворяет нормативным показателям по взвешенным веществам для сброса сточных вод в системы канализации и водные объекты.

Рабочий объем камеры флотации определяется:

$$V = Q \cdot t = 3,6 \cdot \frac{9,6}{60} = 0,58 \text{ м}^3$$

Рабочая длина камеры флотации:

$$l_2 = \frac{V}{H \cdot B} = \frac{0,64}{0,6 \cdot 1} = 0,96 \text{ м.}$$

Определяем скорость движения воды в горизонтальном направлении (не более 5 мм/с):

$$v = \frac{Q}{B \cdot H} = \frac{3,6}{0,6 \cdot 1} = 6 \text{ м/ч} = 1,7 \text{ мм/с.} \quad (8)$$

Рассчитаем камеру доочистки. Расчет ведется в соответствии с методикой, изложенной в [6]. Камера доочистки оснащена тонкослойным блоком.

Исходные данные для расчета камеры доочистки:

Коэффициент использования проточной части:  $K_{set} = 0,8$ ;

Высота яруса тонкослойного блока:  $h_{ti} = 0,05 \text{ м}$ ;

Величина гидравлической крупности:  $U_0 = 0,8 \text{ мм/с}$ ;

Скорость потока:  $v_w = 5 \text{ мм/с}$ ;

Угол наклона пластины:  $\alpha = 60^\circ$ .

Расчет ведется в соответствии с методикой, изложенной в [5].

Длина пластины:

$$L_{bl} = \frac{v_w \cdot h_{ti}}{U_0} = \frac{5 \cdot 0,05}{0,8} = 0,3 \text{ м.} \quad (9)$$

Длина расположения тонкослойного блока:

$$L_b = L_{bl} \cdot \cos \alpha = 0,3 \cdot \cos 45^\circ = 0,2 \text{ м.} \quad (10)$$

Вычислим высоту тонкослойного блока:

$$H_{bl} = \frac{Q}{3,6 \cdot K_{set} \cdot B_l \cdot v_w} = \frac{3,6}{3,6 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 5} = 0,3 \text{ м.} \quad (11)$$

Расстояние между пластинами:

$$b_n = h_{ti} \cdot \cos \alpha = 0,05 \cdot \cos 45^\circ = 0,035 \text{ м.} \quad (12)$$

Минимальное количество пластин в блоке:

$$n = \frac{H_{bl}}{h_{ti}} = \frac{0,3}{0,05} = 6. \quad (13)$$

Длина камеры доочистки:

$$l_3 = L_b + 0,1 = 0,2 + 0,1 = 0,3 \text{ м.} \quad (14)$$

Общая длина флотационной установки:

$$L_{ап} = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 = 0,52 + 0,96 + 0,3 + 0,25 = 2,03 \text{ м,} \quad (15)$$

где  $l_4$  – длина камеры чистой воды.

Получаем флотационный аппарат, рабочий объем которого составляет  $1,2 \text{ м}^3$  (2 м – длина, 1 м – ширина, 0,6 м – высота).

По результатам расчета флотационная установка с камерой кондиционирования имеет эффективность более 95% при времени работы не более 20 минут. Расчет флотационных аппаратов на основе многостадийных моделей позволяет учитывать все протекающие процессы и проектировать аппараты, позволяющие достичь большей эффективности при меньших затратах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральная служба государственной статистики. Окружающая среда: Поступление загрязняющих веществ со сточными водами в водоем. 2021
2. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году»: Москва, 2020
3. Виноградов, М.С. Интенсификация флотационной очистки сточных вод энергопредприятий с использованием кондиционирующих камер. [Текст]: дис. ... канд. тех. наук: 03.02.08: защищена 18.09.19/ Виноградов Максим Сергеевич - М., 2019. - 129 с.
4. Ксенофонтов, Б.С. Учебное пособие Водоподготовка и водоотведение. М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2018, - 298 с.
5. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения / - М.: ФГУП ЦПП, 2006

6. Патент РФ на полезную модель 143 014. Флотационная машина очистки сточных вод, пр.30.12.13, рег. 10.07.14. Авторы: Ксенофонтов Б.С., Петрова Е.В., Виноградов М.С. Заявитель: МГТУ им. Н.Э. Баумана.

7. Ксенофонтов Б.С, Виноградов М.С., Антонова Е.С. Флотационная очистка сточных вод от гидрофобных и гидрофильных частиц // Водочистка 2015. №10.- С. 3-5.

*Панова Д. С.*

Российский государственный университет туризма и сервиса, г. Москва, Российская Федерация

## **МИРОВОЙ ОПЫТ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ СИСТЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ**

*Аннотация.* В статье рассмотрены методы очистки сточных вод в России и в зарубежных странах, целью которых является экологическое сбережение водных объектов. Рассматриваются такие методы как хлорирование, обеззараживание ультрафиолетом, с использованием нанотехнологий и габионов.

*Ключевые слова:* сточные воды, методы, экология, очистка, водоотведение.

*Panova D. S.*

Russian State University of Tourism and Service, Moscow, Russian Federation

## **WORLD EXPERIENCE IN SOLVING THE PROBLEMS OF THE WATER DISPOSAL SYSTEM**

*Abstract.* The article discusses the methods of wastewater treatment in Russia and in foreign countries, the purpose of which is the environmental conservation of water bodies. Methods such as chlorination, ultraviolet disinfection, using nanotechnology and gabions are considered.

*Key words:* wastewater, methods, ecology, purification, water disposal.

Актуальность данного исследования обусловлена тем, что проблема экологии в России и зарубежных странах является одной из самых важных. На сегодняшний день стремительно разрабатываются различные способы улучшения работы системы водоотведения.

Сточные воды - пресные воды, изменившие свои физико-химические свойства и требующие отведения, после использования в бытовой и производственной деятельности человека. Сточные воды по происхождению классифицируются на[1]:

- производственные;
- атмосферные;
- бытовые.

К сточным водам относятся дождевые и талые воды, выпадающие на территории населенных пунктов, городов и промышленных предприятий[2]. Сточными водами также являются подземные воды, которые извлекаются из



шахт при добыче полезных ископаемых. Такие воды являются источником различных заболеваний и распространения эпидемий.

Негативные последствия сточных вод устраняют системы водоотведения. После того, как сточные воды проходят процесс очистки, их сбрасывают в водоемы. Замкнутые системы водоотведения являются наиболее усовершенствованными. Они очищают сточные воды до качества, при котором возможно их повторное использование в сельском хозяйстве и промышленности.

В больших городах всегда актуален вопрос очистки сточных вод. Основным источником водоснабжения в крупных городах являются поверхностные воды, степень загрязнения которых очень высока из-за сброса в них сточных вод. Колоссальный урон состоянию водоема причиняет сброс недостаточно очищенных вод[3].

Очистка сточных вод - сложный процесс по обработке стоков с целью удаления из них загрязняющих веществ, по окончании процесса образуется очищенная вода и высококонцентрированный твердый отход (полностью готовый к утилизации). Поскольку процесс очистки сточных вод, многоступенчатый, он имеет несколько стадий обработки и методов очистки.

Из-за большого разнообразия растворимых и нерастворимых загрязнителей в сточных водах создать универсальный способ их обезвреживания и удаления не представляется возможным. Поэтому на очистных сооружениях применяют целый набор приемов, каждый из которых ориентирован на работу с той или иной группой веществ. Все эти приемы можно разделить на несколько категорий[4]:

- Механическая очистка. Суть данной очистки заключается в том, что из стоков удаляются все твердые нерастворимые вещества, твердые фракции и примеси, которые могут повредить оборудование.

- Биологическая очистка. Очистка происходит за счет расщепления органических соединений колониями определенных микроорганизмов.

- Физико-химическая очистка. К данному методу относятся: коагуляция, экстракция, обратный осмос, сорбция, флотация, ионообменная очистка и др.

Методы ультрафиолетового облучения и хлорирования являются промышленными методами, поскольку они были проверены на крупных сооружениях очистки воды[5]. Транспортировка, хранение и дозирование хлор-газа имеет технические сложности, так как он имеет высокую коррозионную активность. Но, даже несмотря на потенциальную опасность возникновения чрезвычайных ситуаций, метод хлорирования широко применяется до настоящего времени. Процесс хлорирования имеют технологические недостатки, в том числе, недостаточная эффективность в отношении вирусов.

Остаточный хлор и хлорпроизводные оказывают отрицательное действие на водные организмы. Попадая в водоемы они вызывают серьезные физиологические изменения, в том числе, и гибель различных организмов. В последствии это может привести к нарушению процессов самоочищения

водоемов. Еще одним существенным недостатком хлорирования является высокая токсичность хлора.

В связи с этим были разработаны и утверждены нормативные документы, которые ужесточают требования, относящиеся к процессам, связанным с применением хлора. СанПиН 2.1.4.027-95 увеличивает минимально допустимый размер санитарно-защитной зоны до жилых и общественных зданий до 300 м вместо 100 м, ранее установленных СНиП 2.04.02-84[6].

В конце 70-х годов в странах Европы и Северной Америки создали программы развития технологий обеззараживания природных и сточных вод, являющиеся альтернативой хлорированию. Благодаря достижениям в свето- и электротехнике было создано оборудование по обеззараживанию вод ультрафиолетовым излучением. Аналогичные работы велись и в России, однако ситуация в зарубежных странах складывалась более благоприятно.

Обеззараживание ультрафиолетом превосходит над методом хлорирования, поскольку ультрафиолетовое облучение убивает большинство вирусов, бактерий, спор. Данный метод обеззараживания осуществляется путем фотохимических реакций в самих микроорганизмах, что оказывает меньшее влияние на изменение характеристики воды[7].

Нанотехнологии для поиска новых методов очистки воды решили использовать в Южной Австралии. Исследователи провели опыт и выяснили, что частицы кварца, покрытые нанометровым слоем активного вещества, способны избавлять воду от биологических молекул и патогенов (кишечная палочка, вирус полиомиелита). Для очистки воды стоит лишь размещать наночастицы в воде и отфильтровать жидкость. Эффект очистки происходит за счет электростатического притяжения патогенов к поверхности покрытых активным слоем наночастиц[8].

Широкое применение в России получили габионные конструкции. Габионы - это крупные сетчатые конструкции, которые изготавливаются из металлической оцинкованной сетки двойного кручения. Они имеют шестигранные ячейки с покрытием, которые заполняют камнем или другим материалом. Мировой опыт применения габионных конструкций подтвердил возможность применения их для решения различных задач при строительстве инженерных сооружений, проведении рекультивации нарушенных земель, организации защиты территорий от опасных природных и техногенных процессов[9,10].

Исходя из этого исследования, система водоотведения - это комплекс инженерных сооружений и устройств, для очистки и обеззараживания сточных вод, их приема и удаления за пределы населенных пунктов. Выбор типа системы канализации очень важен, ведь на эту систему влияет много факторов. В наше время есть множество методов очистки и обеззараживания сточных вод, которые помогают снизить вред, наносимый при сбросе в водоемы неочищенных вод, сделать процесс очистки более выгодным и экономичным. В сфере водоотведения достаточно проблем экологического и экономического плана. Довольно много методов решения этих проблем за рубежом. Постепенно

эти методы перенимает и Россия, но из-за вечного “недостатка средств” неизвестно, когда они пойдут в массовую практику. Защита водных ресурсов от истощения и загрязнения и их рационального использования для нужд народного хозяйства - одна из наиболее важных проблем, требующих безотлагательного решения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доронкина И.Г., Борисова О.Н. Эколого-экономическая эффективность технологических процессов очистки сточных вод // Сервис в России и за рубежом. 2015. Т. 9. № 4 (60). С. 112-121.
2. Шубов Л.Я., Борисова О.Н., Доронкина И.Г. Повышение экоэффективности технологии очистки сточных вод // Сервис в России и за рубежом. 2014. № 1 (48). С. 153-162.
3. Шубов Л.Я., Борисова О.Н., Доронкина И.Г. Ненавязчивые советы по наболевшей проблеме // Твердые бытовые отходы. 2014. № 7 (97). С. 15-19.
4. Doronkina I.G., Borisova O.N., Malutin G.V., Ereemeeva V.V. Safety in ecological tourism // World Applied Sciences Journal. 2014. Т. 30. № 30. С. 39-40.
5. Шубов Л.Я., Борисова О.Н., Доронкина И.Г. Технология сточных вод. Контроль качества окружающей среды // Учебное пособие по дисциплине "Инженерная защита окружающей среды при обращении с отходами производства и потребления", специальность "Инженерная защита окружающей среды", электронное издание, № государственной регистрации 0321401109 / Москва, 2013.
6. Гречишкин В.С., Борисова О.Н. Практика переработки твердых бытовых отходов и тенденции развития технологии // В сборнике: Современные проблемы туризма и сервиса. Материалы Всероссийской научной конференции аспирантов и молодых ученых. 2013. С. 128-132.
7. Шубов Л.Я., Борисова О.Н. Об оптимизации управления твердыми бытовыми отходами в системе ЖКХ // ЖКХ. 2013. № 11. С. 20-29.
8. Шубов Л.Я., Борисова О.Н. Утилизация ценных компонентов твердых бытовых отходов // ЖКХ. 2013. № 8. С. 59-64.
9. Шубов Л.Я., Борисова О.Н. Извлечение биоразлагаемой фракции из отходов: современные методы // Твердые бытовые отходы. 2013. № 2 (80). С. 26-31.
10. Шубов Л.Я., Борисова О.Н., Юдин А.Г., Гречишкин В.С. Принципы Zero Waste: современное прочтение // Твердые бытовые отходы. 2013. № 5 (83). С. 8-11.

*Елизарьев А. Н., Ларцева С. А., Тараканов Д. А., Михайлова С. А.*

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа,  
Российская Федерация

### **УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ТЕХНОСФЕРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА РЕК**

*Аннотация.* В работе предлагается алгоритм научно-обоснованного выбора мероприятий, обеспечивающих безопасность и снижение негативного воздействия на техносферу в период экстремальных значений параметров водного режима.

*Ключевые слова:* безопасность техносферы, наводнение, прогнозирование, SARIMA, ETS, NNAR.

*Elizaryev A. N., Lartseva S. A., Tarakanov D. A., Mikhailov S. A.*  
Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation

## **TECHNOSPHERE SAFETY MANAGEMENT USING MATHEMATICAL MODELING METHODS OF THE WATER REGIME OF RIVERS**

*Abstract.* The paper proposes an algorithm for a scientifically based selection of measures that ensure safety and reduce the negative impact on the technosphere during the period of extreme values of water regime parameters.

*Key words:* technosphere safety, flood, forecasting, SARIMA, ETS, NNAR.

Every year there are many floods in the world, which have a significant impact on the sustainable social and economic development of the population. At the same time, geotechnical objects located within river catchment basins experience the greatest damage due to floods.

One of the methods of ensuring the safety of the technosphere during high water and flood or low water is the prediction of extreme values of the parameters of the water regime of rivers and modeling of water dynamics using mathematical methods, which allows you to assess possible risks in advance [2]. The results of the application of mathematical forecasting methods, in turn, make it possible to scientifically soundly approach the choice of preventive measures to reduce the negative impact of water bodies during the period of extreme levels and water consumption on natural and technical objects of the mineral resource complex and, as a result, to ensure stable sustainable development of its territories.

Many domestic and foreign researchers in their works used mathematical methods of forecasting the hydrological characteristics of water bodies in order to possibly reduce their negative impact on adjacent territories and ensure their sustainable development [1-3]. For example, in [1], the authors proposed a method for determining flood characteristics (start and end dates, peak flow and volume) based on the use of mathematical models of peak threshold exceeding and analysis of the decline curve.

Thus, modeling of water dynamics using a mathematical apparatus makes it possible to assess the risk of extreme situations on the territory of the mineral resource complex and reduce the possible social and economic damage caused to the sustainable development of the territory. In this regard, the purpose of this work is to develop an algorithm for the scientifically based selection of measures to ensure the safety of technosphere objects in conditions of extreme values of water regime parameters of the Bashkir Trans-Urals water bodies based on the use of mathematical modeling methods.

As an object of research, the paper uses long-term data of average monthly values of observations of the water regime of the Belaya River, which is a key water body of the Republic of Bashkortostan and has a significant part of the territories of

the mineral resource complex of the Republic on the catchment area (142,000 km<sup>2</sup>) (for example, "Votikeevskoye" and "Archimandrite-3" deposits for the extraction of sand and gravel mixture).

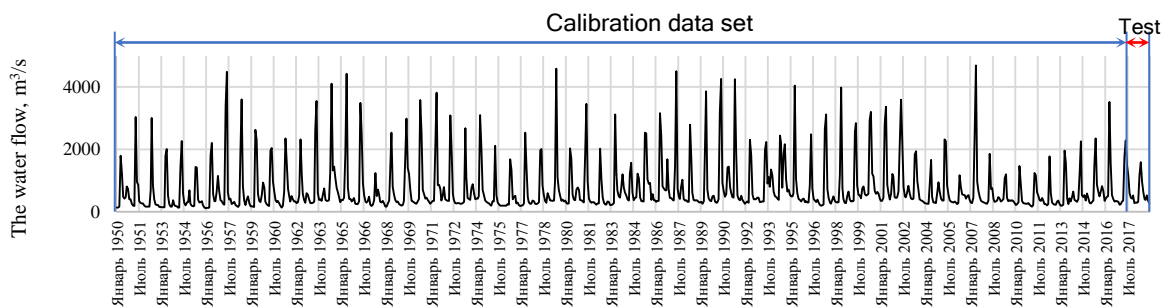
The following forecasting models were used for mathematical modeling of the water regime of the river:

1) The forecasting model (FM1) proposed by Box-Jenkins in 1976 [4] is an autoregressive integrated moving average (ARIMA) with a seasonal component. The ARIMA model with a seasonal component is usually denoted as follows: SARIMA ( $p, d, q$ ) ( $P, D, Q$ ) <sub>$m$</sub> , where  $p, d, q$  is the order of the autoregressive part, differentiation and the moving average process, respectively ( $P, D, Q$  are similar hyperparameters for the seasonal component,  $m$  is the seasonal period).

2) Exponential smoothing model (FM 2) [5] – ETS (model components: error, trend, seasonality). Each component of the model can be zero ( $N$ ), additive ( $A$ ), additively damped ( $A_d$ ), multiplicative ( $M$ ) and multiplicatively damped ( $M_d$ ). In this paper, the ETS ( $M, N, M$ ) model is used.

3) Neural network Autoregression (NNAR) (FM 3) [6]. This model is denoted as follows: NNAR ( $p, P, k$ ) <sub>$m$</sub> , where  $p, P, k, m$  is the order of the autoregressive part ( $P$  for the seasonal component), the number of nodes in the hidden layer, the seasonal period, respectively.

As the initial data for the models used, the monthly values of the water flow of the Belaya River in the alignment of the city of Ufa for the period from 1950 to 2018 (828 values) were used. The forecasting models were implemented in the RStudio software product based on the use of the "auto.arima", "ets" and "nnetar" functions of the "forecast" library for MP1, MP2 and MP3, respectively. The initial data used is divided into two samples – a data set for calibration (training) of models (816 values) and a data set for testing "trained" models (12 values) (Figure 1).



*Fig. 1.* Dynamics of monthly water consumption of the Belaya River (Ufa) in the period from 1950 to 2018: calibration data set (blue) and a data set for testing models (red)

Based on the obtained forecasting results, an algorithm for the scientifically-based selection of measures ensuring the safety of the technosphere in extreme situations on water bodies, consisting of four main stages, has been developed and proposed. The first stage involves collecting the necessary data on the water regimes of water bodies and technosphere objects located within river catchment basins.

The second stage is the analysis and preparation of data on the water regime for forecasting models, the third stage is devoted to the selection of forecasting models, training models and choosing the most optimal model(s). At the fourth stage, the prediction of extremes of the parameters of the water regime of rivers, an assessment of possible risks and a scientifically based selection of optimal preventive measures are carried out.

Qualitative evaluation of the forecast results of the selected models was carried out on the basis of a comparative analysis of model prediction errors: average percentage error (MPE), average absolute percentage error (MAPE), RMS error (RMSE AS %), average absolute scaling error (MASE). Based on the results of the comparative analysis, MP2 – ETS ( $M, N, M$ ) was chosen as the most optimal forecasting model. Using the selected model, the values of the parameters of the water regime are predicted, extremes are determined and an assessment of possible risks for enterprises of the mineral resource complex is carried out, from the results of which preventive measures (organizational, technical, architectural, etc.) are selected scientifically.

Thus, the developed algorithm makes it possible to ensure the safety of technosphere objects by scientifically selecting preventive measures to reduce the negative impact of water bodies during the period of extreme values of water regime parameters.

## REFERENCES

1. Q. Zhang, L. Zhang, D. She, S. Wang, G. Wang, S. Zeng. Automatic Procedure for Selecting Flood Events and Identifying Flood Characteristics from Daily Streamflow data. *Environmental Modelling and Software*. 2021. – №145 – DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105180>.
2. O. Boulariah, A Longobardi, P. Mikhailov, A. Elizaryev, S. Aksenov. C. Assessment of Prediction Performances of Stochastic Models: Monthly Groundwater Level Prediction in Southern Italy. *Journal of Groundwater Science and Engineering*. 2021. – V. 9. – № 2. – P. 161-170.
3. S. Mancini, A. Francavilla, A. Longobardi, G. Viccione, C. Guarnaccia. Predicting Daily Water Tank Level Fluctuations by Using ARIMA Model. A Case Study. *Journal of Physics: Conference Series*. 2022. – № 2162. – DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/2162/1/012007>.
4. G. Box, G. Jenkins. *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. San Francisco: Holden-Day. 1976.
5. C. Holt. Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted averages. Reprinted in the *International Journal of Forecasting*. 2004.
6. R. Hyndman, G. Athanasopoulos. *Forecasting: Principles and Practice*, 3th edition. 2021. URL: <https://otexts.com/fpp3/>