



**V Всероссийская
научно-практическая конференция**

ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ НОВОЙ ПРОДУКЦИИ



Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Вятский государственный университет»

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Федеральный экологический оператор»

Информационный центр по атомной энергии Кирова

Институт биологии Коми научного центра
Уральского отделения Российской академии наук

ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ НОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Материалы

V Всероссийской научно-практической конференции

г. Киров, 14–15 ноября 2023 г.

Киров 2023

УДК 628.477(03)
ББК 38.931(03)
Т 384

Печатается по рекомендации Научного совета ВятГУ

Ответственный редактор:

Т. Я. Ашихмина, д-р техн. наук, профессор, зав. НИЛ биомониторинга Института биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук и Вятского государственного университета

Редакционная коллегия:

И. Ф. Чадин, директор, канд. биол. наук, **С. Г. Литвинец**, проректор, канд. с.-х. наук, **Л. И. Домрачева**, профессор, д-р биол. наук, **А. С. Олькова**, с. н. с., д-р биол. наук, **И. Г. Широких**, в. н. с., д-р биол. наук, **Т. А. Адамович**, доцент, канд. геогр. наук, **Е. В. Береснева**, профессор, канд. пед. наук, **Е. В. Дабах**, доцент, канд. биол. наук, **Г. Я. Кантор**, с. н. с., канд. техн. наук, **Е. А. Клековкина**, доцент, канд. геогр. наук, **Т. И. Кутявина**, с. н. с., канд. биол. наук, **В. В. Рутман**, м. н. с., **В. М. Рябов**, старший преподаватель, **М. Л. Сазанова**, доцент, канд. биол. наук, **Н. В. Сырчина**, доцент, канд. хим. наук, **Е. В. Товстик**, доцент, канд. биол. наук, **А. И. Фокина**, доцент, канд. биол. наук, **С. В. Шабалкина**, доцент, канд. биол. наук.

Т 384 Технологии переработки отходов с получением новой продукции : материалы V Всероссийской научно-практической конференции. (г. Киров, 14–15 ноября 2023 г.). – Киров : Вятский государственный университет, 2023. – 207 с.

ISBN 978-5-98228-274-3

В книгу вошли материалы V Всероссийской научно-практической конференции «Технологии переработки отходов с получением новой продукции». Рассмотрены технологии переработки и рециклинга неорганических и органических отходов, биотехнологические методы утилизации и обезвреживания отходов производства и потребления. Представлены методы и подходы экологического мониторинга техногенных территорий.

Сборник материалов конференции предназначен для научных работников, преподавателей, специалистов в области обращения с отходами, экологов и технологов предприятий, аспирантов, студентов высших учебных заведений.

За достоверность сведений, изложенных в материалах конференции, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

Конференция проводится в рамках Программы развития ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» и Программы развития ФГУП «ФЭО».

УДК 628.477(03)
ББК 38.931(03)

ISBN 978-5-98228-274-3

© Вятский государственный университет
(ВятГУ), 2023

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1 МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ НОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Бродский В. А., Малькова Ю. О., Плиско Д. С. Анализ российского рынка реагентов для процессов водоочистки и водоподготовки: флокулянты, коагулянты, сорбенты	7
Кунилова И. В., Крылов И. О. К вопросу комплексной переработки золы сжигания каменных углей предприятий теплоэлектроэнергетики	11
Половнева Д. О., Старостина И. В., Василенко Т. А., Лифинцев А. Н., Денисова Л. В. Оценка влияния условий кислотной модификации углеродсодержащего сорбционного материала, полученного на основе отхода производства растительных масел	15
Трусова В. В., Алексеев А. С., Качор О. Л., Паршин А. В. Промплощадка завода Востсибэлемент как техногенное месторождение	20
Донцов А. Г. Переработка бумажного шлама целлюлозно-бумажной промышленности в биоэтанол	23
Румянцева К. Р., Ермишин А. С. Внедрение технологии переработки отходов как элемента экологического менеджмента в системе управления качеством на примере ОАО «Российские железные дороги»	27
Антонов С. А., Матвеева А. И., Пронченков И. А., Бартко Р. В., Еремина Ю. В. Переработка экстрактов селективной очистки в экологически безопасные масла-пластификаторы	32
Хайруллова Р. М. Продукция из переработанных полимерных композитов	35
Фомичева М. А., Царева А. А. Сорбция углекислого газа на углеродном сорбенте из нефтяного кокса	38
Пастухова Н. Н., Погудина Н. М., Яковлев В. А., Жилин И. А., Тимербаева З. З., Мустакимов Р. В., Казанцева И. С., Чаусов Ф. Ф., Шумилова М. А. Получение реагентов комплексного действия – ингибиторов коррозии, солеотложений и бактерицидов на основе отходов гальванических производств	42
Максимов И. С., Яворский А. Р., Бродский В. А. Переработка металлургических пылей производства бронзы методами выщелачивания и электролиза	46
Кушков А. А., Тормакова А. А., Фукс С. Л. Возможность применения золы уноса для очистки воздуха рабочей зоны от паров ацетона	50
Легостаева О. А., Бозова А. П., Девятерикова С. В., Камалов К. О., Мохова Д. В. Влияние гидромодуля на выход бетулина при переработке березовой коры	54

Сырчина Н. В., Пилип Л. В., Рутман В. В., Ашихмина Т. Я., Кузнецов Д. А., Сазанова М. Л. Влияние различных поверхностно-активных веществ на эмиссию метана из жидкой фракции свиных навозных стоков	57
Ардашова К. О., Фукс С. Л., Девятерикова С. В., Камалов К. О. Получение композита с использованием вторичного поливинилхлорида	61
Крысенко Г. Ф., Ярусова С. Б., Панасенко А. Е., Гордиенко П. С. Аморфный диоксид кремния из техногенных отходов и его сорбционные свойства.....	63
Пастухова Н. Н., Погудина Н. М., Яковлев В. А., Жилин И. А., Тимербаева З. З., Мустахимов Р. В., Казанцева И. С., Чаусов Ф. Ф., Шуилова М. А. Биоцидная активность цинкового комплекса нитрило-трис-метилеифосфоновой кислоты (ингибитор «ЭФИКС») на примере биообрастаний в системе охлаждения ТЭЦ.....	67

СЕКЦИЯ 2

БИОТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ

Василевич Р. С., Гундерина Е. Д., Габов Д. Н., Щемелинина Т. Н., Анчугова Е. М., Груздев И. В., Лаптева Е. М. Специфика трансформации органического вещества в кородревесных отвалах длительного хранения.....	71
Комаров А. А. Трансформация лигнинсодержащих отходов целлюлозно-бумажных комбинатов и гидролизных предприятий в гумусоподобные удобрительные композиты	75
Сырчина Н. В., Кутявина Т. И., Сазанова М. Л. Улучшение экологических характеристик азотных удобрений.....	78
Мансурова А. Р. Перспектива использования сорбентов различного происхождения при биоремедиации нефтезагрязненных почв	82
Козубов М. П., Хохлов Е. В., Исламова Г. Г., Готлиб Е. М., Габдулхаев К. Р. Получение аморфного диоксида кремния в промышленных условиях на базе рисовой шелухи	86
Бештей И. В., Уфимцев К. Г., Донцов А. Г., Ширшова Т. И. Ценные биологически активные вещества из продуктов деструкции кородревесных отходов длительного срока хранения ОАО «Лесопромышленная компания «Сыктывкарский ЛДК».....	89
Киреева А. Р., Шелехов А. Д., Фокина А. И. Определение суммы антиоксидантов в растворах, контактирующих с фитопленками лекарственного назначения	93
Терентьев Ю. Н. Технология получения кремниевых органоминеральных удобрений на основе золы от сжигания углей и побочных продуктов животноводства	97
Туйчиев К. С., Гинатуллина Е. Н. Выращивание личинок <i>Zophobas morio</i> и <i>Hermetia illucens</i> в качестве источника кормового белка для животных.....	100

Пушкарева Е. А., Коваль Е. В. Влияние зоогумуса черной львинки на всхожесть и рост пшеницы, выращенной на песчаной почве	104
Жданова О. Б., Часовских О. В., Рыболовлева А. А., Окулова И. И., Редькин Д. И., Дунаева Е. Б. Сравнительные исследования препаратов из лишайников и перспективы их применения	108

СЕКЦИЯ 3 ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ И РЕЦИКЛИНГ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

Щитковская Т. Р., Зайдуллина Д. М. Современные подходы к рециклингу органических отходов	111
Бухарина И. Л., Ковальчук А. Г. Опыт создания научно-производственной площадки по биопереработке органических отходов	114
Коряковцев В. И., Долгина А. И., Десятерикова С. В., Камалов К. О., Мохова Д. В. Очистка хромсодержащих сточных вод органоминеральным сорбентом	117
Земцова Е. А., Комаровских А. А., Юрецкий С. М. Исследования влияния условий пиролиза на сорбционные свойства углеродистого остатка	120
Фоминых А. М., Камалов К. О., Десятерикова С. В. Разработка гидрофобизатора с использованием отходов производств	125
Журавлева А. Н. Проблемы сбора и утилизации смазочно-охлаждающих жидкостей на предприятиях	128
Пузанкова А. С., Сазанова М. Л. Модификация методики пробоподготовки маслосодержащих отходов для газовой хроматографии	132
Хамадьярова А. К. Различные методы компостирования: экологичные способы утилизации органических отходов	137
Пилип Л. В., Сырчина Н. В., Рутман В. В. Трансформация микробиоты свиных навозных стоков под влиянием бензалкония хлорида и нитрапирина	141

СЕКЦИЯ 4 ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ И РЕЦИКЛИНГ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

Шумилова М. А., Суксин Н. Е. Регенерационная утилизация гальванических растворов, содержащих ионы никеля	146
Инишкова К. А., Бродский В. А., Кладовщикова О. И. Утилизация жидкого отхода сульфата магния электрофлотационным методом с возвращением магниевых сырья в технологический процесс	150
Джима С. В., Яворский А. Р., Бродский В. А. Зависимость сорбционного извлечения ионов Cu(II), Ni(II) и Zn(II) от времени	154

<i>Джима С. В., Яворский А. Р., Бродский В. А.</i> Исследование сорбционного извлечения ионов Cu(II), Ni(II), Zn(II) из растворов NaCl и Na ₂ SO ₄ методом сорбции в реакторе.....	157
<i>Рубин Е. М., Колесников А. В.</i> Влияние добавок поверхностно-активных веществ на электрофлотационное извлечение редкоземельных элементов из промывных стоков.....	162
<i>Бабина А. А., Евдокимова С. Л., Подлевских М. М.</i> Влияние цикличности переработки макулатуры на бумагообразующие свойства	165
<i>Сейткасымова А. А., Конькова Т. В.</i> Исследование каталитической активности переработанного красного шлама для деструкции моноазокрасителя	169
<i>Добрыдин А. В., Шама М. А.</i> Определение подвижных форм бериллия в угле и золошлаковых отходах Донецкого региона.....	172
<i>Добрыдин А. В., Шама М. А.</i> Аналитический контроль содержания суммы редкоземельных элементов в отходах компьютерной техники.....	174
<i>Евдокимова С. Л., Бабина А. А., Подлевских М. М.</i> Разработка технологической схемы сортировки твердых коммунальных отходов.....	179

СЕКЦИЯ 5

ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ

<i>Ашихмина Т. Я., Пугач В. Н., Тимонов А. С.</i> Подготовка кадров для новой отрасли «Обращение с отходами».....	183
<i>Щитковская Т. Р., Вафина А. Р.</i> Нормативно-правовое регулирование утилизации электронных отходов	186
<i>Мусихина Т. А., Логинова Е. А., Рылова А. А.</i> Системные экологические практики как часть кампусной политики	189
<i>Симонова З. А., Тихомирова Е. И., Атаманова О. В., Нурмамятова К. С.</i> Анализ системы обращения с твердыми коммунальными отходами на территории Саратовской области в рамках климатической политики.....	192
<i>Машеро Я. П., Морозов А. А.</i> Особенности проведения производственного контроля в сфере обращения с отходами	196
<i>Русскова И. Г.</i> Переход к электромобилям – экологические вопросы утилизации	199
<i>Кропачева С. А., Сырчина Н. В.</i> Отходы школьного питания.....	202

СЕКЦИЯ 1

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ НОВОЙ ПРОДУКЦИИ

АНАЛИЗ РОССИЙСКОГО РЫНКА РЕАГЕНТОВ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ВОДООЧИСТКИ И ВОДОПОДГОТОВКИ: ФЛОКУЛЯНТЫ, КОАГУЛЯНТЫ, СОРБЕНТЫ

*В. А. Бродский, Ю. О. Малькова, Д. С. Плиско
Российский химико-технологический университет
имени Д. И. Менделеева, vladimir_brodsky@mail.ru*

Представлен анализ рынка реагентов, материалов и оборудования для процессов водоочистки и водоподготовки. Показано, что рынок российских реагентов способен полностью заместить зарубежные аналоги.

Ключевые слова: водоподготовка, водоочистка, экология, флокулянты, коагулянты, сорбенты, ионообменные смолы.

В связи со сложившейся в 2023 г. международной обстановкой, российский рынок реагентов, материалов и оборудования для процессов водоочистки и водоподготовки претерпел существенные изменения: практически полностью ушли с рынка производители из стран Европейского Союза, США и Канады. Наблюдается тенденция замещения ушедших производителей отечественными и производителями из дружественных стран. Целью данной работы является анализ сформировавшегося в Российской Федерации рынка реагентов для решения одной из наиболее актуальных экологических задач – водоочистки и водоподготовки.

Для очистки воды от взвесей, суспензий и эмульсий наиболее эффективными являются методы, основанные на использовании сил гравитации, флотации, адгезии, для коллоидов и высокомолекулярных соединений – коагуляционный метод. Примеси органических веществ наиболее эффективно извлекаются из воды в процессе адсорбционной очистки с применением активных углей, а растворы кислот, солей и оснований, представляющие собой электролиты, удаляются из воды переводом ионов в малорастворимые соединения, электрохимическими методами, методами ионного обмена и обратного осмоса. Для достижений максимальной эффективности перечисленных методов необходимо использование широкого спектра реагентов, в том числе: флокулянтов, коагулянтов, сорбентов, ионообменных смол, а также пеногасителей и антискалтантов [1–4].

Проведенный анализ рынка современных флокулянтов представляет нам обширный ассортимент флокулянтов различных типов. В зависимости от при-

роды ионогенных групп в основном представлены анионные, катионные и неионогенные флокулянты. Распределение долей рынка флокулянтов в соответствии с их типом представлено на рисунке 1.

Наибольшее количество выпускаемой продукции – анионного и катионного типа, при этом они занимают примерно равные доли рынка (анионные флокулянты составляют 40%, катионные 37%).

Неионогенные флокулянты составляют всего 23% от всех производимых флокулянтов (рис. 1).

Имеющиеся на рынке флокулянты подразделяют на три группы:

1. Твердые продукты
2. Эмульсии полимеров в органическом растворителе
3. Водные растворы (концентрация примерно 20 г/л).

Применение твердых флокулянтов или их эмульсий всегда требует особой подготовки для перевода их в раствор. Обязательно вторичное разбавление этих продуктов. Основу рынка производства флокулянтов составляют российские производители. Под разными торговыми марками широкий спектр флокулянтов с различными физико-химическими характеристиками производится следующими отечественными фирмами: ООО «ЭКОВА» (Республика Татарстан, г. Казань); ООО «НОВОРОС» (Ростовская область, г. Новочеркасск); ООО «Экотек» (г. Москва); ООО «АКВАТЭК» (г. Москва); ООО «ГринлайфФэктори» (г. Москва); АО «Альфахимпром» (г. Москва); ООО «Салаватский завод химических реагентов» (Республика Башкортостан, г. Салават); ООО «Промхимсервис» (Пермский край, г. Пермь); ОАО «Башкирская содовая компания» (Республика Башкортостан, г. Стерлитамак).

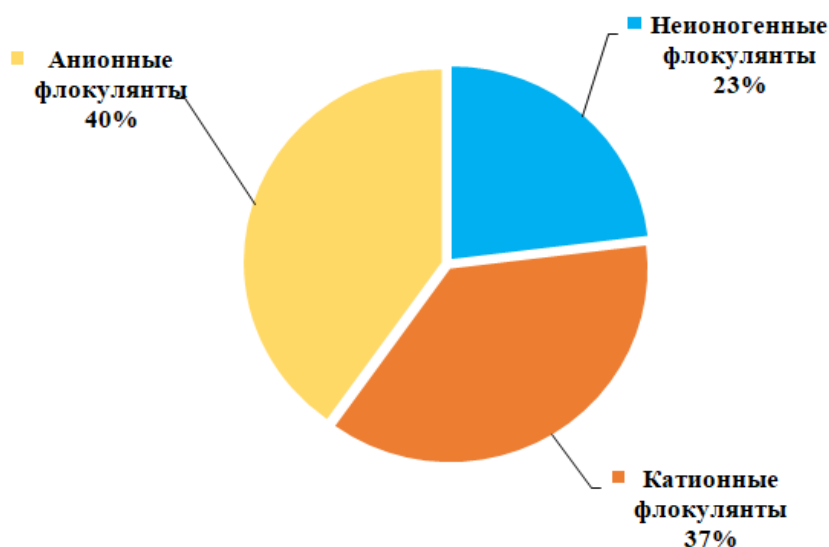


Рис. 1. Распределение долей рынка флокулянтов в соответствии с их типом

Непосредственным лидером среди производителей является АО «Альфахимпром». Эта компания под маркой Дифлок предлагает более 70 наименований производимых флокулянтов. Марка Дифлок – это полный российский аналог зарубежного Praestol.

Проведенный анализ рынка современных коагулянтов показал, что коагулянты широко применяются в комплексе с флокулянтами. Это помогает достичь более эффективных результатов в процессе очистки воды. В основном на рынке представлена продукция коагулянтов на основе солей алюминия (около 70% рынка), где высокозаряженные ионы алюминия в присутствии функциональных добавок, обеспечивают эффективное удаление фосфора фосфатов, жиров, снижение ХПК, БПК и взвешенных веществ. Присутствуют коагулянты на основе солей трёхвалентного железа с полимерными добавками. Их количество составляет 20% от доли рынка. Также представлены на рынке органические коагулянты, позволяющие не повышать общую жесткость воды. Основой для данных коагулянтов является катионный полимер – полидиметилхлорид-аммония (полиДАДМАХ). Распределение коагулянтов в зависимости от их функциональных основ представлено на рисунке 2.

Проведенные исследования российского рынка коагулянтов выявляют три крупные компании производителей: ООО «НОВОРОС» (Ростовская область, г. Новочеркасск), ЗАО «Новомосковский Завод Коагулянтов» (г. Новомосковск), ООО «НПО ПОВОЛЖСКИЙ ЗАВОД СОРБЕНТОВ «ТАТСОРБ» (Республика Татарстан, г. Казань).

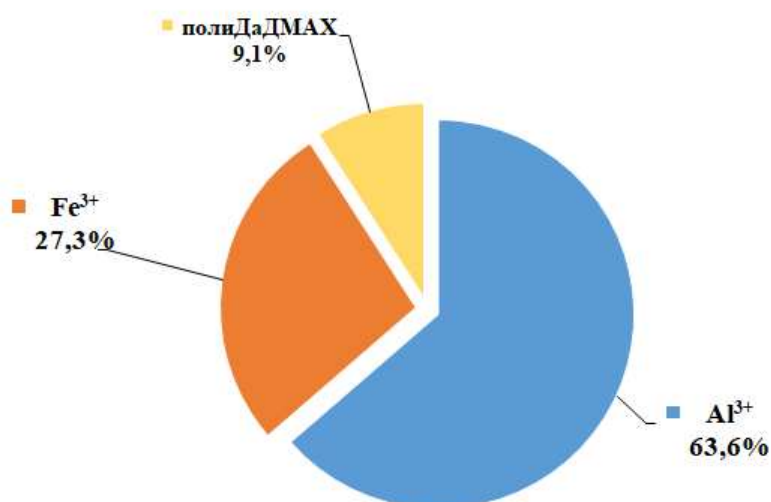


Рис. 2. Диаграмма распределения долей рынка коагулянтов в зависимости от их функциональных основ, определяющих свойства коагулянтов

Компания ООО «НОВОРОС» представляет в своем ассортименте продукции как органические коагулянты (Нитрофлок серии 200), так и минеральные коагулянты на основе солей алюминия – Акватех 30А, Акватех 30Б и железа – Акватех серии 300 и 500. Органические коагулянты представляют собой катионные полимеры различной молекулярной массы на основе полиДАДМАХ. Новомосковский Завод Коагулянтов производит коагулянты на основе алюминия оксихлорида под маркой ALUMOFLOC как в виде жидкого реагента, так и порошка. Данная компания производит коагулянт на основе FeCl₃. ООО «НПО ПОВОЛЖСКИЙ ЗАВОД СОРБЕНТОВ «ТАТСОРБ» производит коагу-

лянты марки Аква-РАС. Основу данных коагулянтов составляет полиоксихлорид алюминия.

Проведенный анализ рынка современных активных углей показал, что для их получения может использоваться разнообразное органическое сырьё: древесный уголь, кокосовый уголь, каменный уголь.

Под разными торговыми марками производится широкий спектр активных углей с различными характеристиками. Основные производители активных углей: АО «Сорбент»; ООО «Техносорб»; ООО «НПО ПОВОЛЖСКИЙ ЗАВОД СОРБЕНТОВ «ТАТСОРБ»; ООО «ПЕРМСКИЙ ЗАВОД СОРБЕНТОВ «УРАЛ-ХИМСОРБ»; ОАО «ЭНПО «Неорганика» (рис. 3).

Анализ рынка производства ионообменных смол показал, что широкий ассортимент катионитов, анионитов и ионитов смешанного действия с различными физико-химическими характеристиками выпускается отечественными фирмами (ООО «НПО АРГЕЛЛИТ»; ООО «СМОЛЫ»; ООО ПО «ТОКЕМ»), а также некоторыми китайскими производителями (Canature Health Technology Group Co., Ltd; Anhui Sanxing Resin Technology CO, Ltd.; HIGRADE RESIN; NINGBO ZHENGGUANG RESIN CO., LTD; Pure Resin Company; Suzhou bojie resin technology co. Ltd.; Seplite®).

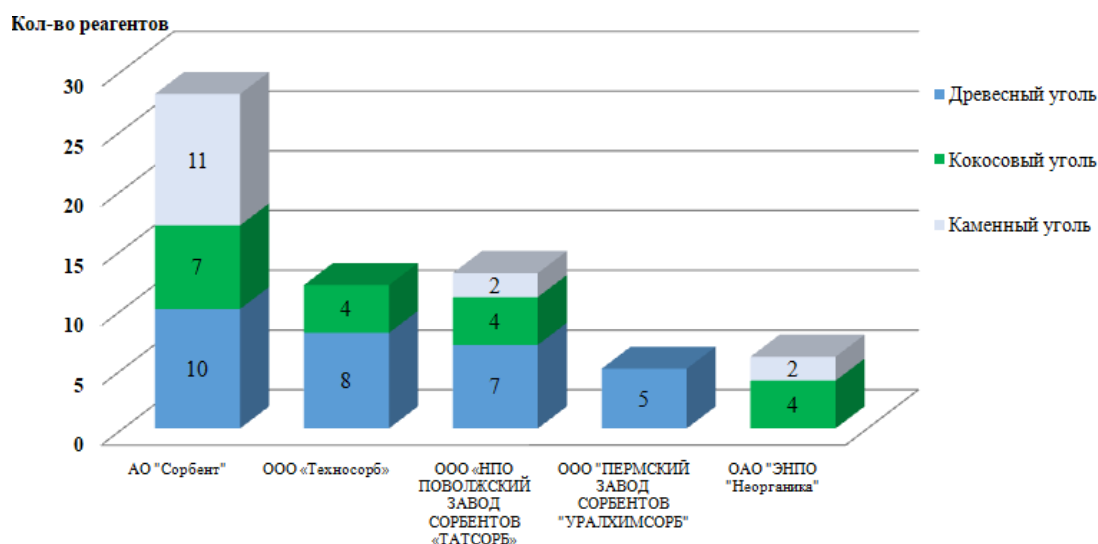


Рис. 3. Анализ рынка производителей активных углей

Выпускаемая продукция сертифицирована и соответствует актуальным нормативным документам (ТУ, ГОСТ). Можно отметить, что рынок российских реагентов способен полностью заместить зарубежные аналоги. В то же время замещение реагентов в действующих производствах потребует проведения дополнительных исследований.

Библиографический список

1. Харламова М. Д., Кривошеин Д. А., Зволинский В. П. Выбор оптимальной технологической схемы экозащитного процесса очистки сточных вод гальванических производств // Актуальные проблемы экологии и природопользования. 2003. № 3. Ч. 2. С. 239–248.
2. Виноградов С. С. Экологически безопасное гальваническое производство. изд. 2-е, перераб. и доп. М. : «Глобус», 2002. 352 с.

3. Разработка технологий извлечения металлов из отходов промышленных предприятий, обеззараживание и утилизация отходов металлургических, гальванических, инструментальных и механических производств / С. И. Никитин, Б. В. Авдеев, Ю. М. Миронов, С. В. Пругчиков, М. В. Корнев, С. А. Кононов // Труды Академии электротехнических наук Чувашской Республики. 2004. № 1. С. 42–52.

4. Галкина Ю. М., Тарчигина Н. Ф., Хамизов Р. Х. Предложения по организации локальной очистки промывных вод гальванических производств на примере цинкования, меднения, никелирования и хромирования // Успехи в химии и химической технологии. 2006. № 6. С. 12–15.

К ВОПРОСУ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛЫ СЖИГАНИЯ КАМЕННЫХ УГЛЕЙ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕПЛОЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

И. В. Кунилова, И. О. Крылов

*ФГБУН Институт проблем комплексного освоения недр
имени академика Н. В. Мельникова РАН, kunilova_i@ipkonran.ru*

В статье рассмотрены проблемы утилизации и различные направления комплексной переработки золы сжигания каменных углей предприятий теплоэлектроэнергетики. Приведены результаты экспериментальных исследований извлечения магнетитового концентрата, углеродсодержащего и алюмосодержащего продуктов из золы-уноса Рефтинской ГРЭС, а также пути их дальнейшего применения.

Ключевые слова: зола сжигания углей, каменные угли, комплексная переработка, магнетитовый концентрат, углеродсодержащий продукт, алюмосодержащий продукт.

В Энергетической стратегии России до 2035 года, принятой в 2020 году, подчеркивается важная роль угольной электроэнергетики в обеспечении энергетической безопасности страны [1]. В новой Энергетической стратегии России до 2050 года, в связи с изменившимися условиями, прорабатывается вариант увеличения доли угля в энергобалансе страны с текущих 13% до 15%, а не снижения до 4–5%, как прогнозировалось ранее [2].

Каменный уголь – наиболее распространенный вид ископаемых углей, применяемых в качестве энергетических на предприятиях теплоэлектроэнергетики благодаря своим свойствам, прежде всего, высокой теплоте сгорания, малому количеству образующейся золы по сравнению с бурными углями. Каменный уголь Экибастузского угольного бассейна (Казахстан) – проектное топливо 8-ми крупных электростанций России в Омской, Челябинской, Свердловской областях, а также местных теплоэлектростанций Казахстана, благодаря их близости к месторождению, принадлежности к углям первой группы взрываемости и способности не самовоспламеняться, что является важным при пылеугольном сжигании.

Высокая степень утилизации отходов сжигания углей в некоторых зарубежных странах (до 100%) связана во многом с сухим способом раздельного удаления и хранения золы уноса и золошлаковых отходов. По данным Минэнерго, в России степень утилизации золошлаковых отходов в 2018 г. составила всего 8,4%, в основном в строительных отраслях и для рекультивации нарушенных земель. Причинами низкой степени утилизации отходов сжигания углей являются большие расстояния между теплоэлектростанциями и возможными потребителями, распространенное на большинстве предприятий теплоэнергетики мокрое золошлакоудаление в золошлакохранилища, влекущее за собой снижение технологических свойств отходов в качестве вторичного минерального сырья, а также недостаточная изученность золы и золошлаковых отходов с точки зрения их комплексной переработки.

В целях увеличения возможных направлений утилизации отходов сжигания углей, при строительстве и реконструкции теплоэлектростанций, работающих на угле, предпочтительным являются раздельный отбор и хранение сухой золы уноса и золошлаковых отходов. Сухое золоудаление в России производится, например, на Рефтинской ГРЭС, Красноярских ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2 и Барнаулской ТЭЦ-3. В мире разработано более 300 технологий их использования и переработки, в основном в строительных отраслях. Сухая зола уноса может быть использована в качестве замены минерального порошка, в частности, как компонент тяжелых, легких, ячеистых бетонов, блоков, золоблоков, сухих строительных смесей, в дорожном строительстве [3].

Увеличению масштабов промышленного применения отходов сжигания углей может способствовать возможность извлечения из них черных, цветных и благородных металлов, а также редких элементов. В минеральной части углей может содержаться до 150 минералов [4]. При сжигании угля содержащие их термомодифицированные частицы перераспределяются между золой уноса и золошлаком. При этом может происходить концентрирование различных примесных элементов в золе уноса, причем степень концентрирования часто возрастает с уменьшением размера частиц [5]. Химический и гранулометрический состав летучей золы разных предприятий заметно отличаются в зависимости от состава сжигаемого угля, режима сжигания (пылеугольного, слоевого и т.д.) и технологий улавливания (электрофильтрами, циклонами) и способами удаления. Основными компонентами зол являются кислородсодержащие соединения кремния и алюминия в виде стеклообразного материала, высокотемпературного кварца и алюмосиликатов, а также, в подчиненных содержаниях, оксиды железа, кальция и других щелочноземельных и щелочных металлов, кислородсодержащие соединения серы и фосфора, титана. Также в золах уноса присутствует некоторое количество недожога, порядка нескольких процентов.

В качестве примесных элементов, или микроэлементов, золы содержат марганец, ванадий, цирконий ($100 \cdot n$ г/т), редкоземельные элементы, прежде всего, церий, иттрий, лантан, неодим, другие редкие элементы – галлий, скандий, серебро ($10 \cdot n$ г/т). Несмотря на высокую дисперсность золы уноса (1–100 мкм), следует отметить крайне неравномерное распределение микроэлементов в золе. Так, к классу менее 20 мкм относится более 40% золы уноса

Рефтинской ГРЭС. Анализ распределения содержаний ценных микроэлементов по классам крупности в золе уноса Рефтинской ГРЭС показал (табл.), что наиболее тонкий класс менее 20 мкм обогащен ценными элементами – ванадием, редкоземельными элементами – церием, лантаном и танталом, а также редкими элементами – галлием и танталом, серебром. Содержание циркония несколько выше в классе менее 40 мкм, а кобальта – в классе +40 мкм. Иттрий и ниобий распределены по классам практически равномерно. Содержания, при которых возможно рассмотрение промышленного выделения ценных микроэлементов, установлены для суммы редкоземельных элементов (117,5 г/т) и циркония (457,5 г/т), суммарно 575г/т.

Таблица

Распределение содержаний ценных элементов по классам крупности, г/т

№	Класс, мм	Zr	Co	V	Y	Ce	La	Ga	Ta	Nb	Ag
1	+ 0,071	372	377	116	46	ниже ПО	Ниже ПО	23	14	20	5,7
2	- 0,071 + 0,04	415	383	121	57	ниже ПО	Ниже ПО	19	17	15	4,0
3	- 0,04 + 0,02	472	212	124	55	ниже ПО	Ниже ПО	21	16	19	3,7
4	- 0,02	457	198	169	50	122	104	41	36	15	38

Примечание: ПО – предел обнаружения.

В настоящее время промышленностью освоено извлечение из золы углей только германия и урана. Ранее были разработаны способы доизвлечения галлия и церия [6, 7]. Предложена пирометаллургическая переработка зольного уноса, содержащего 30–410 г/т галлия, с улавливанием возгонов; последующая гидromеталлургическая переработка возгонов с извлечением галлия из остаточных растворов после извлечения других компонентов [8]. Показана возможность извлечения тонкого золота из золы с содержанием до 150 мг/т с получением в процессе операции обогащения концентратов, содержащих до 200 г/т золота. Доводка концентратов магнитным и флотационным методами позволила повысить содержание золота до 5 кг/т концентрата [9]. До 80% золота можно извлечь из золы методом кучного выщелачивания [10].

В ИПКОН РАН разработаны технологии комплексной переработки отходов сжигания углей с получением железосодержащего и углеродсодержащего продуктов, растворов солей ценных микроэлементов и алюмосиликатного продукта из золошлаковых отходов Каширской ГРЭС, использующей каменные угли Кузнецкого бассейна, и золы уноса Рефтинской ГРЭС, сжигающей каменные угли Экибастузского бассейна. Последующая глубокая переработка алюмосиликатного продукта с применением комбинированных технологий – автоклавных (ИМЕТ РАН) [11] и термических позволяет получить крупнотоннажные источники алюминиевого и силикатного сырья, востребованного в химической промышленности и очистке сточных вод.

Выделение углеродсодержащего продукта из золы может проводиться методом флотации. Извлечение углерода при этом составляет 85,3%. Углеродсодержащий продукт может быть использован как дополнительное топливо на теплоэлектростанции. В хвостах флотации остаточное содержание углерода составляет 0,65%.

Железосодержащий продукт, полученный методом мокрой магнитной сепарации за одну стадию, с содержанием железа 44% при извлечении 45%, может быть применен в процессе Ромелт для получения чугуна. Среднее содержание железа в хвостах магнитной сепарации снизилось до 1,5%.

Алюминий и ценные микроэлементы (цирконий, церий, иттрий, лантан, и др.) могут быть извлечены из алюмосиликатного остатка термо-химико-гидрометаллургическими методами.

Технико-экономическая оценка показала эффективность разработанных технических решений.

Таким образом, зола уноса, образовавшаяся при сжигании каменных углей на предприятиях теплоэлектроэнергетики, может являться крупнотоннажным источником техногенного минерального сырья. Комплексная переработка золы уноса позволяет получить, в зависимости от состава золы, железосодержащий, углеродсодержащий продукты и алюмосиликатный материал, который может быть использован в строительных целях либо подвергнут более глубокой переработке с получением алюмосодержащего раствора. Последний может быть применен в качестве коагулянта для очистки сточных вод или подвергнут стадийному выделению ценных элементов.

Библиографический список

1. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р. [Электронный ресурс]. – URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1026> (дата обращения: 30.09.2023).
2. Милькин В., Волобуев А. В России к 2050 году доля угля в генерации энергии может вырасти // Ведомости. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2023/08/25/991818-v-rossii-k-2050-godu-dolya-uglya-v-generatsii-energii-mozhet-virasti> (дата обращения: 29.08.2023).
3. Зола-уноса Рефтинской ГРЭС. Технические условия ТУ 08.12.13-001-00105638-2020. Утв. 30.11.2020 директором ОСП Рефтинская ГРЭС АО «Кузбассэнерго» А. А. Золотовым (Дата введения в действие 01.12.2020). ОСП Рефтинская ГРЭС АО «Кузбассэнерго»: Свердловская обл., пгт. Рефтинский, 2020. 13 с.
4. Редкие элементы в углях Кузнецкого бассейна / С. И. Арбузов, В. В. Ершов, А. А. Поцелуев, Л. П. Рихванов. Кемерово: Изд-во КПК, 2000. 248 с.
5. Шпирт М. Я., Артемьев В. Б., Силютин С. А. Использование твердых отходов добычи и переработки углей. М.: Изд-во «Горное дело» ООО Киммерийский центр, 2013. 432 с.
6. Борбат В. Ф., Михайлов Ю. Л., Адеева Л. Н., Голованова О.А. Гидрощелочное извлечение галлия из золы уноса экибастузских углей // Изв. вузов. Химия и химическая технология. 2000. Т. 43. № 1. С. 102–105.
7. Адеева Л. Н., Борбат В. Ф. Зола ТЭЦ – перспективное сырье для промышленности // Вестник Омского университета. 2009. № 2. С. 141–151.
8. Скурский М. Д. Прогноз редкоземельно-редкометалльно-нефтегазоугольных месторождений в Кузбассе // ТЭК и ресурсы Кузбасса. 2004. № 2/15. С. 24–30.
9. Патент РФ № 2123890 В03В9. 27.12.1998. Линия выделения металла из золошлаковых отходов тепловых электростанций / К. В. Федотов, А. А. Потемкин. 1997.
10. Систематизация и методы переработки отходов производства / Д. О. Скобелев, В. А. Марьев, Л. Я. Шубов, С. И. Иванков, И. Г. Доронкина // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. Обзорная информация. 2019. Вып. 3. С. 2–106.

11. High-pressure HCl leaching of coal ash to extract Al into a chloride solution with further use as a coagulant for water treatment / D. Valeev, I. Kunilova, A. Shoppert, C. Salazar-Concha, A. Kondratiev // Journal of Cleaner Production. 2020. Vol. 276. Article No. 123206. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.123206

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ КИСЛОТНОЙ МОДИФИКАЦИИ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО СОРБЦИОННОГО МАТЕРИАЛА, ПОЛУЧЕННОГО НА ОСНОВЕ ОТХОДА ПРОИЗВОДСТВА РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

*Д. О. Половнева, И. В. Старостина, Т. А. Василенко,
А. Н. Лифинцев, Л. В. Денисова
Белгородский государственный технологический
университет имени В. Г. Шухова, dasha1021998@mail.ru*

В работе исследовали влияние условий кислотной модификации углеродсодержащего сорбционного материала, полученного карбонизацией отработанного кизельгурового шлама маслоэкстракционного производства, на его физико-химические и сорбционные характеристики при очистке сточных вод от красителя метиленового голубого.

Ключевые слова: углеродсодержащий сорбционный материал, краситель метиленовый голубой, химическая модификация.

В настоящее время для очистки сточных вод от различных поллютантов наибольшей эффективностью характеризуются сорбционные процессы. При этом в качестве сорбционных материалов все большую популярность приобретают углеродные и композиционные углеродсодержащие сорбционные материалы, полученные на основе органоминеральных природных и техногенных материалов – смеси глины и шелухи подсолнечника, сапропели, шламовых отходов различных производств, стеблей подсолнуха, древесных опилок, скорлупы и других [1–5].

Это обусловлено тем, что углеродный слой, формирующийся на поверхности подобных материалов, характеризуется беспорядочной слоистой структурой, отсутствием строгой периодичности элементарных слоев и различным расстоянием между ними, что обеспечивает высокую эффективность удаления различных загрязнителей из сточных вод [6].

В ряде случаев с целью увеличения сорбционной активности, повышения ионообменных и окислительно-восстановительных свойств, удельной поверхности полученных сорбционных материалов их дополнительно подвергают различным методам активации или модификации [7–10].

Наибольшее распространение получили способы термической и химической модификации. Под химической обработкой материалов для получения адсорбентов подразумевается обработка разбавленными и концентрированными

химическими растворами – кислотами, щелочами, солями и органическими веществами.

Энергетическая неоднородность поверхности углеродного слоя приводит к химической сорбции атмосферного кислорода, в результате чего образуются кислородсодержащие поверхностные функциональные группы, предположительно, основного характера. Химическая природа углеродной поверхности сорбционных материалов играет важную роль в процессах адсорбции [11].

Цель работы – оценка влияния условий кислотной модификации углеродсодержащего сорбционного материала, полученного карбонизацией отработанного кизельгурового шлама маслоэкстракционного производства, на его физико-химические и сорбционные характеристики при очистке сточных вод от красителя метиленового голубого (МГ).

В работе исследовали образцы углеродминерального сорбционного материала, полученного в результате термической обработки кизельгурового шлама маслоэкстракционного производства при температуре 500 °С в условиях недостатка кислорода, с условным обозначением ТКШ₅₀₀. Использовали частицы менее 0,315 мм.

В качестве химического активатора рассматривали азотную кислоту концентрированную и растворы с 10% и 30%-ными концентрациями. Химическую активацию поверхности частиц ТКШ₅₀₀ осуществляли при соотношении компонентов: твердое вещество (г) : раствор (мл) = 1 : 10 при температуре 295±2 К в статических условиях в течение 24 часов по методике, представленной в работе [12].

Исследование процесса адсорбции красителя МГ, представленное в работе [13], изучали в статических условиях при температуре 295±2 К методом переменных концентраций. Использовали растворы с концентрациями МГ от 5 до 1100 мг/дм³. Конечную концентрацию красителя определяли фотометрическим методом при длине волны 720 нм на приборе КФК-3, Россия.

Качественный состав кислородсодержащих функциональных групп (КФГ) нативного и модифицированных образцов ТКШ₅₀₀ определяли методом ИК-спектроскопии в диапазоне 500–4000 см⁻¹ на ИК-Фурье-спектрометре. Образцы готовились в виде таблеток с KBr.

Интерпретацию полученных ИК-спектров проводили с использованием сведений, представленных в работе [14].

Углеродсодержащий сорбционный материал ТКШ₅₀₀ характеризуется как тонкодисперсный малопористый материал с мезопористой структурой, обладающий бифункциональными сорбционными свойствами – активен по отношению к ионам тяжелых металлов и органическим веществам, в том числе нефтепродуктам [15].

Минеральная часть ТКШ₅₀₀ представлена диатомитом – осадочной породой, образованной кремнеземистыми обломками панцирей микроскопических диатомовых водорослей – диатомей и радиолярий. Кремнеземистые панцири состоят из морфных кремнегидратов различной степени обводнения – разновидностей опала вида $m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Фиксируются глинистые примеси в амор-

физированном состоянии. Частицы углерода на поверхности материала – сажеподобные, имеют сходство с активированными углями.

Методом рентгеноспектрального микрозондового анализа установлено, что углерод на поверхности частиц диатомита распределен неоднородно, его содержание варьируется от 0 до 15,6%. Т. е. поверхность сорбционного материала представляет собой сочетание углеродных и минеральных фрагментов (рис. 1).

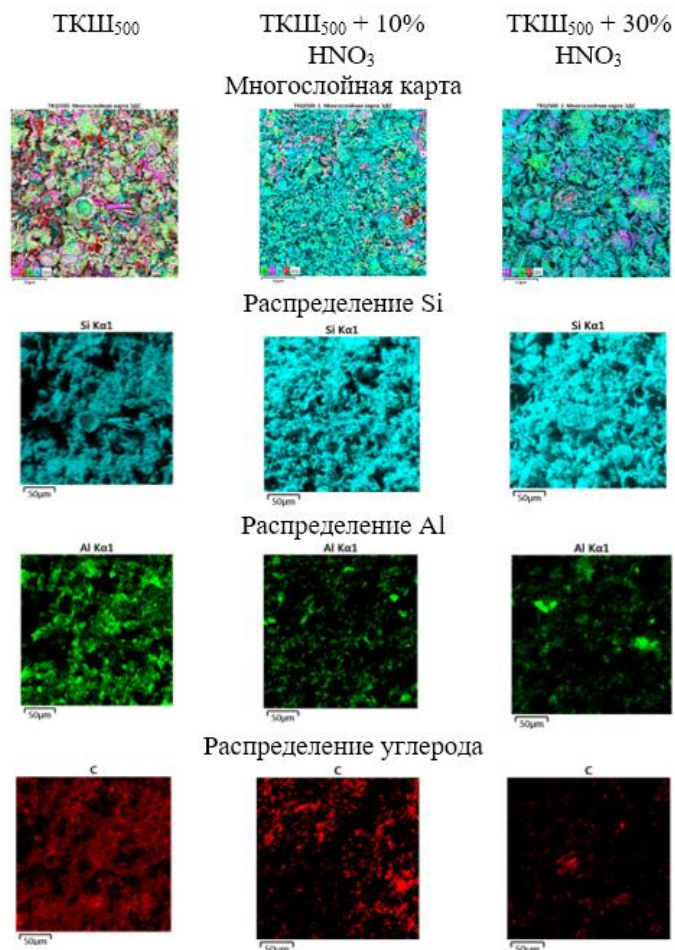


Рис. 1. Результаты рентгеноспектрального микрозондового анализа частиц ТКШ₅₀₀ нативного и модифицированного растворами азотной кислоты различной концентрации

В процессе обработки углеродсодержащего сорбционного материала растворами азотной кислоты происходят реакции окисления, в результате которых происходит воздействие как на углеродные, так и на минеральные участки поверхности ТКШ₅₀₀.

Методом рентгеноспектрального микрозондового анализа установлено, что в результате воздействия растворов азотной кислоты на минеральную составляющую происходит ее выщелачивание – декальцирование и деалюминирование, приводящее к снижению содержания кальция, магния, калия, натрия и алюминия в сорбционном материале. Процесс модификации сопровождается окислением и углеродных фрагментов поверхности сорбционного материала, что приводит к снижению их содержания, что наглядно отражено на рисунке 1.

Однако при этом происходит изменение химической природы активных центров на поверхности ТКШ₅₀₀. Ранее проведенные исследования показали [13, 16], что модификация ТКШ_{500исх.} растворами азотной кислоты способствует увеличению интенсивности полос, характерных для гидроксильных групп и связи С=О, что указывает на увеличение их содержания и подтверждается количественной оценкой содержания КФГ на поверхности модифицированных сорбционных материалов [16].

В сорбционных методах очистки сточных вод при выборе сорбционных материалов одной из важных характеристик является их удельная поверхность, от которой зависит эффективность процесса удаления поллютантов из водных сред [12]. На основании ранее проведенных исследований [16] по величине сорбционной емкости монослоя МГ определили удельную поверхность сорбционных материалов.

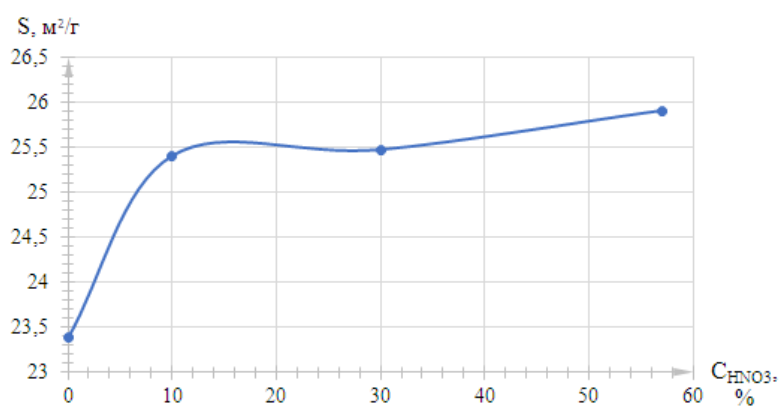


Рис. 2. График зависимости удельной поверхности ТКШ₅₀₀ от концентрации модифицирующего раствора (азотной кислоты)

Результаты, представленные на рисунке 2, показали, что с повышением концентрации раствора азотной кислоты с 10% до 57% (концентрированная) удельная поверхность по сравнению с нативным ТКШ₅₀₀ увеличилась на 1,5%, 2,6% и 3,1%, соответственно.

Изменение химической природы активных центров, увеличение пористости проявляются в более выраженном виде на изотерме плато и увеличении количества МГ, участвующего в образовании монослоя [16].

Результаты, представленные в работе [16], выявили, что при химической модификации концентрированной азотной кислотой ТКШ₅₀₀ сорбционная емкость материала (0,24 ммоль/г) увеличилась по сравнению с нативным ТКШ₅₀₀ (0,19 ммоль/г) – на 27%.

Таким образом, при химической активации поверхности углеродсодержащего сорбционного материала – ТКШ₅₀₀, полученного карбонизацией отработанного кизельгурового шлама маслоэкстракционного производства, концентрированной азотной кислотой (57%) достигается его максимальная сорбционная емкость (0,24 ммоль/г) и максимальная удельная поверхность (25,9 мг/м²) по сравнению с кислотной модификацией другими реагентами.

Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ имени В. Г. Шухова.

Библиографический список

1. Исследование модифицированных сорбентов на основе скорлупы кедрового ореха / М. Е. Сафонова, И. А. Клепалова, Т. И. Маслакова, И. Г. Первова // Химия растительного сырья. 2023. № 1. С. 375–383. doi:10.14258/jcprgm.20230111687
2. Николаева Л. А., Исакова Р. Я. Оценка возможности использования карбонатного шлама для очистки карстового озера Большое голубое // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 1. С. 109–114. doi: 10.25750/1995-4301-2022-1-109-114
3. Очистка модельных сточных вод масложировой промышленности отходом растениеводства / Е. В. Локтионова, С. С. Омелянова, В. И. Сыса, А. С. Лушников // Рациональное использование природных ресурсов и переработка техногенного сырья: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, химия и биотехнология : сб. докл. Междунар. науч. конф. Белгород : БГТУ имени В. Г. Шухова, 2023. С. 105–110.
4. Углеродные адсорбенты на основе лигноцеллюлозных материалов / Ю. А. Саврасова, Н. И. Богданович, Н. А. Макаревич, М. Г. Белецкая // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2012. № 1. С. 107–112.
5. Чистяков А. В., Цодиков М. В. Методы синтеза углеродных сорбентов из лигнина (обзор) // Журнал прикладной химии. 2018. Т. 91. № 7. С. 949–967. doi: 10.1134/S0044461818070058
6. Работягов К. В., Ратушная А. Д., Бахтин А. С. Сравнение сорбционной активности различных активных углей // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. 2022. Т. 8 (74). № 1. С. 224–235.
7. Диденко Т. А., Богданова А. О. Кислотно-основная активация углеродноминерального материала и его применение для извлечения ионов меди (II) из водных растворов // Омский научный вестник. 2015. № 3 (143). С. 358–361.
8. Котова Д. Л., Сокрюкина А. И., Крысанова Т. А. Равновесная сорбция метиленового голубого на клиноптилолите. Сорбционные и хроматографические процессы. 2019. Т. 19. № 2. С. 174–178. doi: 10.17308/sorpchrom.2019.19/735
9. Сазонова А. В., Лямцев С. Е. Перспективы использования природных сорбентов для очистки сточных вод от техногенных загрязнений // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Техника и технологии. 2015. № 3 (16). С. 80–84.
10. Исследование адсорбции ионов Ni^{2+} из водных растворов сернокислотомодифицированной корой акации ушковиной (*Acacia Auriculiformis*) / Р. З. Галимова, Д. А. Нгуен, И. Г. Шайхиев, Т. К. Т. Нгуен // Вопросы современной науки и практики. Университет имени В. И. Вернадского. 2023. № 1 (87). С. 9–19. doi: 10.17277/voprosy.2023.01.pp.009-019
11. Применение углеродных сорбентов в технологии очистки сточных вод от ртути / Е. А. Фарберова, М. Б. Ходяшев, В. Ю. Филатов, Н. Б. Ходяшев, Е. А. Тиньгаева, А. Д. Ноздрюхин // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 4. С. 322–329. doi: 10.20914/2310-1202-2018-4-322-329
12. Диденко Т. А., Вережкина О. А., Адеева Л. Н. Окисленный углеродминеральный сорбент для извлечения ионов меди (II) из водных растворов // Омский научный вестник. 2013. № 3 (123). С. 47–49.
13. Кислотно-основная активация углеродсодержащего сорбционного материала и его применение для извлечения красителя метиленовый голубой из водных сред / И. В. Старостина, Д. О. Половнева, Ю. Л. Макридина, Е. В. Локтионова // Вопросы современной науки и практики. Университет имени В. И. Вернадского. 2021. № 4 (82). С. 29–38. doi: 10.17277/voprosy.2021.04.pp.029-038

14. Тарасевич Б. Н. ИК спектры основных классов органических соединений : справочные материалы. М. : МГУ, 2012. 54 с.

15. Отработанный кизельгуровый шлам маслоэкстракционного производства – сырье для получения сорбционного материала / И. В. Старостина, С. В. Свергузова, Д. В. Столяров, Е. В. Порожняк, И. Г. Шайхиев, Я. Н. Аничина // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20. № 16. С. 133–136.

16. Половнева Д. О., Старостина И. В. Изучение влияния условий кислотной модификации углеродсодержащего материала на его сорбционные свойства в отношении красителя метиленового голубого // Рациональное использование природных ресурсов и переработка техногенного сырья: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, химия и биотехнология : сб. докл. Междунар. науч. конф. Белгород : «Изд-во БГТУ имени В. Г. Шухова», 2023. С. 137–141.

ПРОМПЛОЩАДКА ЗАВОДА ВОСТСИБЭЛЕМЕНТ КАК ТЕХНОГЕННОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

В. В. Трусова^{1,2}, А. С. Алексеев², О. Л. Качор¹, А. В. Паршин^{1,2}

*¹ Иркутский национальный исследовательский технический университет,
vvtrusova@geo.istu.edu,*

² Институт геохимии имени А. П. Виноградова СО РАН

Объектом исследования является территория заброшенной промышленной площадки завода «Востсибэлемент» (ВСЭ), расположенная в границах города Свирск. Высокие концентрации металлов в почве, грунтах и отходах позволяют рассматривать объект как возможный источник получения металлов.

Ключевые слова: накопленный вред, техногенное месторождение, извлечение металлов, гравитационное обогащение, магнитная сепарация.

Для подготовки заявления о включении промплощадки бывшего завода по производству аккумуляторов – ОАО «Востсибэлемент», г. Свирск, Иркутская область – в Государственный реестр объектов накопленного вреда окружающей среде в ИРНТУ обратилась администрация города с запросом об оценке экологического состояния данного объекта. Завод был основан в 1939 г. и просуществовал до 1999 г. Здания предприятия после закрытия завода не были демонтированы, промплощадка не рекультивировалась. Площадь промплощадки бывшего завода составляет более 35 га.

По результатам исследований, проведенных в 2021–2022 гг. разными научными коллективами ИРНТУ [1–3] сделан вывод, что исследуемая территория является опасным объектом накопленного вреда окружающей среде. Особая угроза от заброшенной промплощадки заключается в том, что она находится в непосредственной близости к жилой зоне и к р. Ангаре. В связи с этим, разработка технологии ликвидации и рекультивации территории промплощадки бывшего аккумуляторного завода «Востсибэлемент» (ВСЭ) является актуальной задачей.

В результате ранее проведенных исследований было выявлено, что в техногенном грунте промплощадки ВСЭ концентрации загрязняющих веществ превышают нормативные и фоновые значения по свинцу (ПДК 32 мг/кг) в отдельных пробах в нескольких тысяч раз, по мышьяку (ПДК 2 мг/кг), цинку (ПДК 23 мг/кг), меди (ПДК 3 мг/кг), никелю (ПДК 4 мг/кг) – в сотни раз. Глубина проникновения поллютантов – более 1,5 м. Концентрации металлов и объемы техногенного грунта позволяют рассматривать данный объект не только как источник повышенной опасности для человека и окружающей среды, но и как техногенное месторождение. Такой рекуперативный подход позволит рационально подойти к вопросу ликвидации объекта накопленного вреда, не только устраняя техногенную угрозу, но и извлекая пользу для общества из уже ликвидированного производства.

В связи с этим осенью 2022 и 2023 гг. на промплощадке ВСЭ в точках с наиболее значимыми концентрациями загрязняющих веществ и для которых был установлен II класс и III класс опасности отходов [1], были отобраны пробы грунта.

Исследуемые пробы были изучены на электронном микроскопе (Tescan MIRA 3 LMN). В результате исследования выявлено, что свинец в пробах находится в основном в форме оксидов и карбонатов (платтнерит PbO_2 и церуссит $PbCO_3$). Железо присутствует в пробах в виде сульфидных (пирит) и окисленных соединений: магнетит, сидерит, гётит и другие оксиды. Также в пробах отмечается присутствие следующих минералов: каолин, доломит, биотит, кальцит, плагиоклаз, кварц, полевые шпаты, гранат, амфиболы, пироксены, хлориты, мусковит и другие.

Так как преобладающими минеральными формами свинца в пробах являются минералы, относящиеся к тяжелым (плотность платтнерита – 9,4–9,44 г/см³, церуссита – 6,53–6,57 г/см³), в работе использован гравитационный метод обогащения для извлечения свинца из проб, отобранных на промплощадке. Для извлечения соединений железа, которые в основном относятся к парамагнетикам (сидерит, гётит, пирит) и ферромагнетикам (магнетит) использовался магнитный метод обогащения.

Гравитационное обогащение проводили на концентрационном столе СКОШ-0,5. Разделение пробы на магнитную и немагнитную фракции проводили на электромагнитном сепараторе 120Т с силой тока 1 А.

Подготовка пробы к обогащению заключалась в объединении проб, отобранных с разных участков промплощадки, классификации до крупности – 0,315 мм, доизмельчении плюсового класса. Результаты гравитационного обогащения приведены в таблице 1.

Таким образом, обогащение на концентрационном столе позволило увеличить содержание свинца в концентрате в 22 раза по сравнению с содержанием в исходной пробе, мышьяка – в 7,7 раза, железа – в 16,7 раз.

Для исследования возможности извлечения железа, промпродукт концентрационного стола одного из опытов направлялся на магнитную сепарацию, результаты приведены в таблице 2.

Таблица 1

Результаты гравитационного обогащения

Наименование продукта	Выход		Pb		Fe		Zn		As	
	г	%	β^* , %	ε^* , %	β , %	ε , %	β , %	ε , %	β , мг/кг	ε , %
Концентрат	156,9	1,2	6,6	27,9	40,1	20,0	0,2	0,8	1153,0	9,3
Промпродукт	753,5	5,8	0,3	7,1	4,5	10,8	0,1	2,4	3,0	0,1
Хвосты	12089,6	93,0	0,2	65,0	1,8	69,2	0,3	96,7	146,0	90,6
Исходная руда	13000,0	100,0	0,3	100,0	2,4	100,0	0,3	100,0	149,9	100,0

Примечание: * β – содержание элемента в продукте; ε – извлечение элемента в продукт.

Таблица 2

Результаты магнитной сепарации

Наименование продукта	Выход, %	Pb		Fe		Cu		Zn	
		β , %	ε , %	β , %	ε , %	β , %	ε , %	β , %	ε , %
Концентрат	18,0	0,2	25,1	61,5	97,6	0,013	73,0	0,03	68,3
Хвосты	82,0	0,13	74,9	0,34	2,4	0,001	27,0	0,003	31,6
Исходная руда	100,0	0,15	100,0	11,4	100,0	0,003	100,0	0,008	100,0

Магнитное обогащение позволило получить концентрат с высоким содержанием и извлечением железа, меди и цинка, распределение же свинца по продуктам обогащения не дало хороших результатов, поэтому для повышения качества конечных продуктов и разделения металлов планируется дальнейшее совершенствование схемы извлечения металлов.

Таким образом, исходя из объемов техногенного грунта и концентраций металлов, содержащихся в нем, данный объект можно рассматривать как техногенное месторождение. Извлечение металлов позволит снизить уровень загрязнения на рассматриваемой заброшенной промышленной площадке, а также вовлечь в оборот извлечённые компоненты.

Библиографический список

1. Качор О. Л., Паршин А. В., Трусова В. В. Комплексный подход к геоэкологической оценке объектов накопленного вреда // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 4. С. 65–71. doi: 10.25750/1995-4301-2022-4-065-071
2. Установление масштабов негативного влияния промплощадки бывшего завода «ВОСТСИБЭЛЕМЕНТ» на объекты окружающей среды / О. Л. Качор, А. В. Паршин, В. В. Трусова, А. В. Курина // Технологии переработки отходов с получением новой продукции : материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : Вятский государственный университет, 2022. С. 247–250.
3. Богданов А. В., Шкрабо А. И., Шатрова А. С. Технологические решения рекультивации промплощадки бывшего аккумуляторного завода «Востсибэлемент» // Науки о Земле и недропользование. 2023. Т. 46. № 1. С. 84–96.

ПЕРЕРАБОТКА БУМАЖНОГО ШЛАМА ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В БИОЭТАНОЛ

А. Г. Донцов

*Институт биологии Коми научного центра
Уральского отделения Российской академии наук, dontsov@ib.komisc.ru*

В статье представлены результаты по оценке эффективности предварительной кислотной обработки бумажного шлама, позволяющей осуществить его переработку в биоэтанол, а также обеспечить возможность получения сопутствующих продуктов – удобрений и жидкой углекислоты.

Ключевые слова: бумажный шлам, биоэтанол, предварительная обработка кислотами.

Целлюлозно-бумажная промышленность (ЦБП) находится в числе немногих отраслей производства, в которых налажено значительное восполнение сырьевой базы за счет использования вторичного ресурса – облагороженной макулатуры. Однако, в процессе получения «вторичного» целлюлозного волокна образуется до 70% от общего количества отходов ЦБП [1] в виде бумажного шлама (БШ), состоящего в основном из короткого целлюлозного волокна (20–40%), потерявшего бумагообразующие свойства, а также наполнителей бумаги (50–70%) – мела и каолина. Одним из решений проблемы утилизации БШ является ферментативное получение глюкозосодержащих гидролизатов из целлюлозной фракции БШ с последующей микробиологической конверсией глюкозы в этиловый спирт (биоэтанол). Однако, при этом остается нерешенным вопрос утилизации отходов биоэтанольного производства – негидролизованного остатка, состоящего из смеси микрокристаллической целлюлозы и каолина, а также кубового остатка после дистилляции спирта. Кроме того, установлено, что ферментативный гидролиз целлюлозной фракции шлама в значительной степени блокируется карбонатами кальция и магния, которые проявляют высокую сорбционную активность по отношению к ферментам-целлюлазам, а также смещают значение рН среды в неоптимальный диапазон [2]. Влияние карбонатов снижается при добавлении в среду неионогенных ПАВ, а также при использовании более концентрированного буферного раствора, но это не уменьшает количество негидролизованного остатка и значительно увеличивает затраты на ферментативный гидролиз БШ.

Нами изучена возможность использования предварительной обработки БШ кислотами для его активации перед ферментативным гидролизом. Очевидным результатом кислотной обработки БШ является разложение карбонатов и снижение их ингибирующего влияния при ферментативном гидролизе целлюлозной фракции шлама. Выделяющийся при этом углекислый газ может быть трансформирован в жидкую углекислоту для использования, например, в крупных тепличных комплексах для подкормки овощных культур путем рассеивания в воздухе рабочей зоны.

В качестве объекта исследований был использован бумажный шлам ОАО «Сыктывкар Тиссю Групп» от производства бумаги санитарно-гигиенического назначения с использованием облагороженной макулатурной массы. Бумажной шлам представлял собой смесь короткого волокна целлюлозы и минеральных компонентов, представленных каолином и карбонатом кальция, содержащую также примеси типографской краски и синтетических ПАВ. Содержание целлюлозной фракции составляло от 20 до 40% в зависимости от состава макулатурной композиции, использованной в производстве.

В таблице 1 приведены данные по изменению реакционной способности БШ после обработки кислотами при концентрации суспензии 1% и дозировке ферментов 0,1% от массы целлюлозы, которая оценивалась по начальной скорости гидролиза V_n (мг глюкозы/час). Как видно из таблицы, кислотная предобработка шлама приводит к увеличению его реакционной способности (РС) более чем в 2 раза в результате разложения карбонатов исходного шлама. Наибольшую РС имела целлюлозная фракция (ЦФ), полученная после обработки серной кислотой. Это может быть связано с более полным связыванием ионов кальция, которые проявляют ингибирующее действие на ферменты [3].

Таблица 1

Изменение реакционной способности бумажного шлама после предварительной обработки кислотами

Предварительная обработка	Начальная скорость гидролиза V_n , мг глюкозы/час
без обработки	2,5
фосфорная кислота	6,1
азотная кислота	6,5
соляная кислота	6,6
серная кислота	7,2

Применение фосфорной и серной кислот для предварительной обработки БШ приводит к образованию нерастворимых солей кальция, что затрудняет получение ЦФ, свободной от балластных компонентов. Напротив, использование азотной кислоты позволяет получать помимо ЦФ и жидкой углекислоты (после сжижения углекислого газа, образующегося при разложении карбонатов), также концентрированный раствор кальциевой селитры, который может использоваться для получения удобрений.

В таблице 2 приведены сравнительные данные реакционной способности ЦФ после обработки азотной кислотой и беленой целлюлозы (фильтровальная бумага). Из таблицы видно, что ЦФ шлама после кислотной обработки азотной кислотой имеет несколько более высокую реакционную способность по сравнению с беленой целлюлозой, что объясняется меньшими размерами волокон целлюлозы. Данные таблицы могут свидетельствовать о полном устранении влияния ингибиторов ферментов после обработки азотной кислотой.

**Сравнение реакционной способности целлюлозной фракции
бумажного шлама после обработки азотной кислотой и беленой целлюлозы
(концентрация целлюлозы в суспензии 1%)**

Доза ферментов, мг/г асц	Начальная скорость гидролиза $V_{н.}$, мг глюкозы/час	
	ЦФ шлама	беленая целлюлоза
1,1	6,5	6,1
3,2	19,4	19,1
5,4	25,6	22,4

Изучение кинетических особенностей ферментативного гидролиза целлюлозной фракции шлама, полученной после обработки азотной кислотой, показало, что существенный рост скорости гидролиза наблюдается в диапазоне концентраций суспензии целлюлозы до 10%. При больших значениях концентрации возникают затруднения с перемешиванием реакционной смеси, вызванные высокой вязкостью суспензии, что препятствует массообмену между твердой (субстрат) и жидкой (ферменты) фазами.

Также установлено, что при высокой дозировке ферментов происходит снижение величины удельной скорости гидролиза $V_{уд}$ (мг глюкозы/час \times мг фермента), показывающей эффективность действия ферментов. Одной из причин этого может являться пространственная конкуренция между молекулами ферментов при их передозировке.

Анализ полученных данных позволил определить оптимальные условия ферментативного гидролиза для конверсии целлюлозной фракции бумажного шлама в глюкозу для производства биоэтанола: предварительная обработка азотной кислотой, концентрация целлюлозы в реакционной смеси – 10%, доза ферментов 15–17 единиц активности FPU/г целлюлозы, среда – 0,1 М ацетатный буфер с pH 4,7 и температура 50 °С.

В ходе ферментативного гидролиза бумажного шлама при оптимальных условиях в течение 24 часов выход глюкозы составил 74,5% от теоретически возможного, при степени конверсии около 80%. Непрогидролизованный остаток не имел волокнистой структуры и представлял собой серый порошок с содержанием целлюлозы 14,5% (микрористаллическая фракция), который, после обезвоживания, может использоваться в минеральных композициях при производстве удобрений.

На рисунке представлен концепт биоэтанольного производства, предполагающий совместную переработку бумажного шлама и кородревесных остатков длительного хранения (КДО). Согласно блок-схеме производства бумажный шлам загружается автотранспортом по эстакаде в приемный бункер, из которого шнековым питателем и роторным дозатором подается в реактор с мешалкой для предварительной обработки шлама (РПО) объемом 50 м³, заполненный 30 м³ раствора разбавленной азотной кислоты. Выделяющийся углекислый газ, под воздействием давления в реакторе, отводится через коллектор в верхней части реактора и поступает в скруббер для промывки и далее в угле-

кислотный цех. Обработка проводится до прекращения выделения CO_2 или до установления значения рН 4,0–6,0 суспензии, после она выгружается в приемный бассейн, из которого направляется на вакуум фильтр. Регенерированная целлюлоза после промывки на вакуум фильтре подается в ферментер, в котором подвергается ферментативному гидролизу в течение 24 часов при температуре 50 °С и рН 4,7–5,0 с нагрузкой по ферментному препарату Целлолюкс F (Россия) из расчета 15–17 FPU/г целлюлозы. Фильтрат и промывная вода с вакуум-фильтра подается в бак оборотного фильтрата, куда также подается концентрированный раствор азотной кислоты, после чего он поступает в РПО на повторное использование. После достижения определенного значения плотности раствора кальциевой селитры производится его частичный отбор для подачи в реактор шнекового типа для обработки кородревесных остатков длительного хранения.

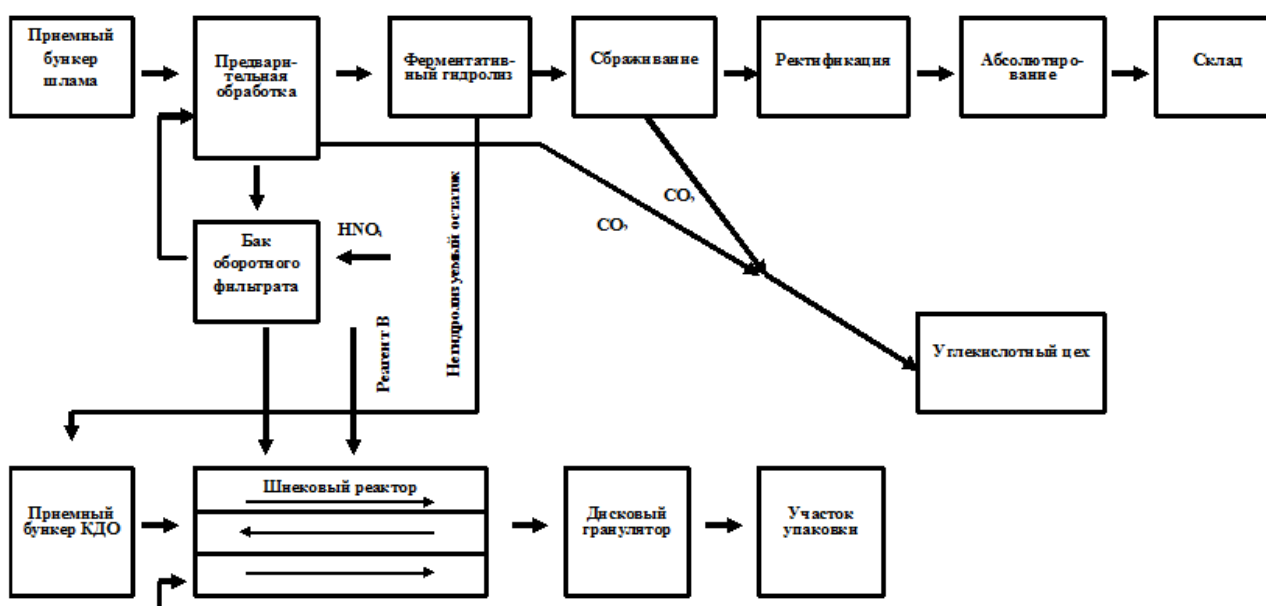


Рис. Блок-схема биоэтанольного производства

Гидролизат из ферментера, после отделения негидролизуемого остатка на вакуум-фильтре или центрифуге, поступает на участок сбраживания (48–72 часа), после чего брага подается на ректификационную установку, после которой спирт-сырец подвергается абсолютированию на колоннах с цеолитом или на пародиффузионных мембранах. Поток углекислого газа, образующегося при сбраживании гидролизата, также подается в скруббер, где смешивается с потоком CO_2 из РПО и поступает в цех получения жидкой углекислоты. Негидролизуемый остаток, содержащий микрокристаллическую целлюлозу и каолин, подается в шнековый реактор вместе с КДО. Кубовый остаток после ректификации может использоваться для приготовления растворов реагентов для синтеза удобрений.

При отработке лабораторного регламента процесса получены образцы гранулированных НРК-удобрений на основе кородревесных остатков длительного хранения ОАО «Лесопромышленная компания «Сыктывкарский ЛДК» и отходов кофейного производства ООО «Кофе плюс» (г. Сыктывкар).

Обработка бумажного шлама растворами азотной кислоты позволяет полностью устранить влияние ингибиторов ферментов-целлюлаз и достичь высокого выхода сахаров, а также создает возможность более полной переработки бумажного шлама с получением жидкой углекислоты и растворов кальциевой селитры для производства удобрений.

Работа выполнена по теме госзадания «Научно-обоснованные биотехнологии для улучшения экологической обстановки и здоровья человека на Севере» (№ государственной регистрации 1021051101411-4-1.6.23).

Библиографический список

1. Monte M., Fuente E., Blanco A. Waste management from pulp and paper production in the European Union // Waste management. 2009. Vol. 29. No. 1. P. 293–308.
2. Min B. C., Ramarao B. V. Mechanisms of the inhibition of enzymatic hydrolysis of waste pulp fibers by calcium carbonate and the influence of nonionic surfactant for mitigation // Bioprocess and Biosystems Engineering. 2017. Vol. 40. No. 6. P. 799–806.
3. Effect of calcium carbonate in waste office paper on enzymatic hydrolysis efficiency and enhancement procedures / X. Wang, A. Song, L. Li, X. Li, R. Zhang // Korean Journal of Chemical Engineering. 2011. Vol. 28. P. 550–556.

ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ КАК ЭЛЕМЕНТА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ НА ПРИМЕРЕ ОАО «РОССИЙСКИЕ ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ»

*К. Р. Румянцева, А. С. Ермишин
Ярославский государственный технический университет,
aksinia.2001@mail.ru*

В статье представлен опыт внедрения технологии переработки отходов в контексте интеграции системы менеджмента качества и экологического менеджмента. Рассмотрена переработка твердых отходов, среди которых промасленная ветошь, нефтезагрязненные грунты, старогодние шпалы. Отходы подвергаются обезвреживанию с получением электроэнергии, пара, горячей воды.

Ключевые слова: термическое обезвреживание отходов, экологизация производства, менеджмент качества, экологический менеджмент.

В современном мире вопрос качества стоит наиболее остро. Совершенствование и внедрение систем менеджмента качества повышает уровень жизни, в том числе и благодаря интеграции с экологической безопасностью.

Качество не может быть рассмотрено только с точки зрения качества товаров или услуг. Качество – это определенность, включающая совокупность свойств объекта, позволяющих ему удовлетворять различные уровни потребностей и находящихся в постоянном движении, изменении, преобразовании [1].

XXI век характеризуется сферой услуг. Рынок услуг активно развивается и обеспечивает удовлетворение потребностей общества. Растет уровень влия-

ния бизнеса на окружающую среду. В связи с развитием общественного экологического сознания популярность приобретает экологический аспект качества, который выражается в минимизации антропогенного воздействия на природу. Сегодняшние потребители при прочих равных условиях все чаще предпочитают продукцию и услуги, производимые с наименьшим уроном окружающей среде. Интеграция систем менеджмента, регламентированных стандартами ISO 9001:2015 и ISO 14001:2015, не является противоречивой идеей, поскольку систему качества можно рассматривать как систему управления производством с акцентом на качество, а систему управления охраной окружающей среды – как систему управления производством с обязательным выполнением экологических требований, тем более что стандарты ISO серии 14000 гармонизированы со стандартами в области управления качеством.

Таким образом, интегрированная система может быть охарактеризована как система управления производством, ориентированная на изготовление качественной продукции (или предоставление качественных услуг) при условии выполнения требований экологических нормативов и законодательства.

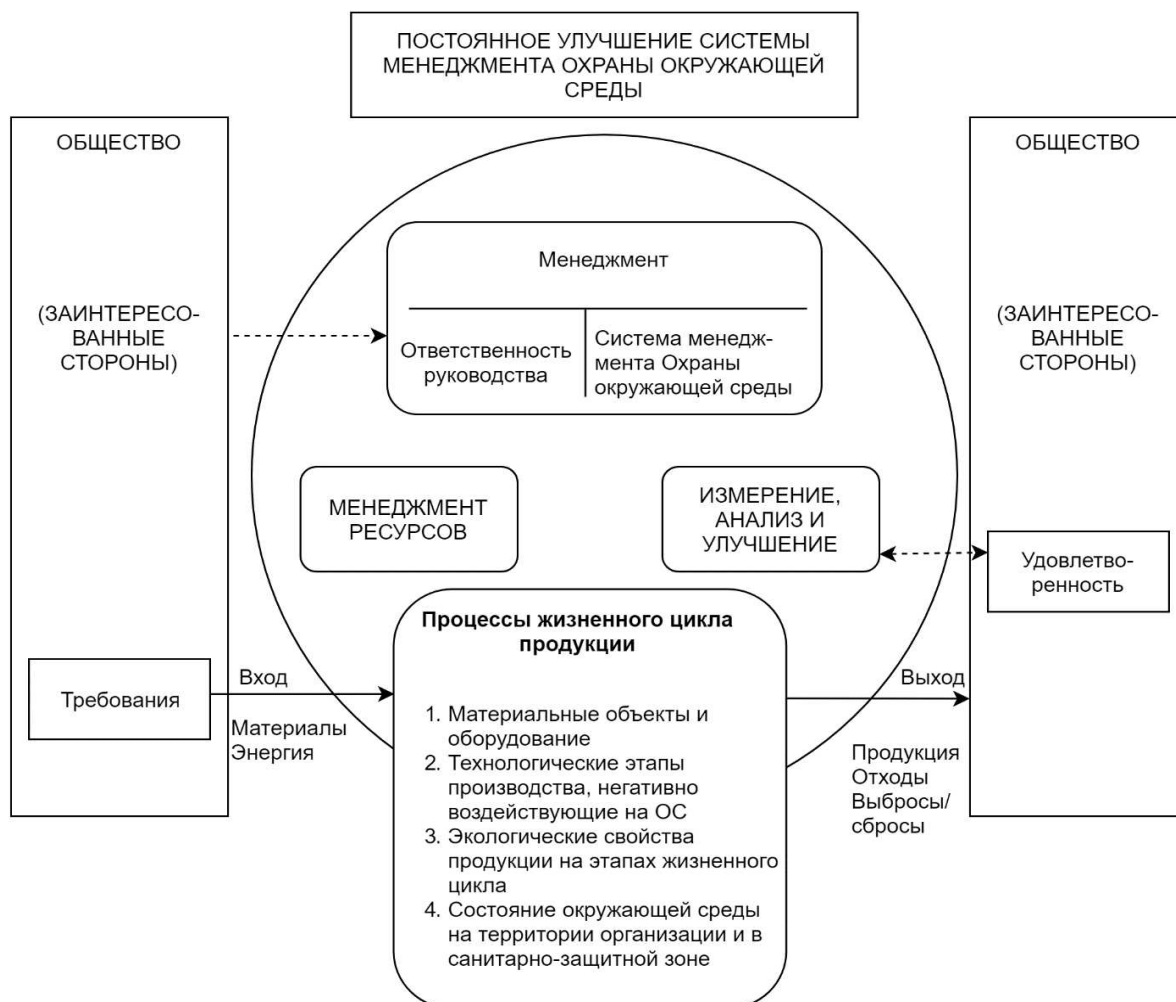


Рис. Процессная модель системы менеджмента охраны окружающей среды (выполнено на основе [2])

Интеграция систем менеджмента обеспечивает единый подход к их разработке, функционированию и проверкам, что гарантирует не только удобство, но и снижение всех видов затрат, прежде всего трудовых. Улучшить модель системы экологического менеджмента, сделать ее пригодной для пользователей можно с помощью модели системы менеджмента качества, представленной в международном стандарте ISO 9001:2015 (или идентичном ему ГОСТ Р ИСО 9001-2015). В процессную модель экологический элемент вводится следующим образом: в блоке «менеджмент» объединены «ответственность руководства» и система экологического менеджмента» (рис.). На предлагаемой модели раскрыты понятия «вход» и «выход». На «входе», например, указаны материалы – перерабатываемые, восстановленные (рециклированные), сырье, природные ресурсы, а также энергия – типы и количество используемых энергоносителей. На «выходе» кроме продукции (основной, вспомогательной, восстановленных и повторно используемых материалов) указаны отходы (твердые и жидкие, опасные и неопасные, пригодные для восстановления и повторного использования), выбросы в атмосферу и сбросы в воду или землю, а также шумы, тепло вибрации, свет; радиация [3].

В качестве примера интеграции экологических аспектов в систему управления качеством рассмотрим опыт ОАО «РЖД». Холдинг является лидером транспортного рынка, организует пассажирские и грузовые перевозки. В связи с тем, что ОАО «РЖД» является крупнейшим природопользователем, компания способна нанести непоправимый вред экологии страны в случае отсутствия специальных мер и программ по охране окружающей среды.

Экологическая безопасность ОАО «РЖД» основана на реализации экологических программ, одной из которых стал проект по постройке комплекса термического обезвреживания отходов. Это первый и единственный проект по уничтожению токсичных и вредных для человека субстанций, среди которых нефтезагрязненные грунты, промасленная ветошь, старогодние шпалы.

Проблема утилизации, обезвреживания и дислокации мест хранения отходов актуальна для России. Стремительный рост мусорных полигонов и отсутствие значительных прорывов в утилизации делает эту проблему критической.

Одно ОАО «РЖД» имеет около 150 тыс. т в год отработанных, пропитанных креозотом деревянных шпал, которые за время своей службы, кроме того, впитывают токсичные масла с подвагонных механизмов поездов. Внедрение нового подхода в обращении с отходами, энергетической утилизации, позволит корпорации получать прибыль с продуктов переработки и снизит нагрузку на окружающую среду.

Для задач, поставленных руководством РЖД, промышленная группа «Безопасные технологии» спроектировала и построила комплекс термического обезвреживания отходов КТО-500. Процесс переработки твердых отходов многостадийный.

Твердые отходы, измельченные шредером, подаются в загрузочное устройство инсинератора. Термическое обезвреживание отходов происходит в камере сжигания инсинератора при температуре +850–+950 °С. Температура

поддерживается автоматическими горелками с подачей природного газа. Для улучшения процесса горения, в камеру сжигания дутьевым вентилятором подается воздух.

Дымовые газы поступают из камеры сжигания инсинератора в камеру дожигания, где под действием высокой температуры происходит разложение диоксинов, возможность образования которых вероятна при термическом обезвреживании отходов. Температура в камере дожигания +1100– +1200 °С, поддерживается горелками, с подачей природного газа и воздуха. Поддерживаемый уровень кислорода составляет 6–12%. Время пребывания газов в камере около 2 секунд. Для подавления окислов азота в камеру дожигания вводится 40% водный раствор карбамида. Для распыления раствора на форсунке подается сжатый воздух.

Зола, образованная в инсинераторе при сжигании отходов, выгружается из камеры дожигания шнековым транспортером в емкость. Далее золошлаковый отход может быть переработан в гранулят, применяемый в качестве инертного заполнителя при производстве строительных материалов.

Переработка осуществляется в несколько этапов. Накопленный в емкости золошлак пропускается через щековую дробилку. Затем дисперсные золошлаковые отходы в течение 5–25 мин подвергаются совместному помолу с известью, строительным песком и механоактивированным цементом. Далее продукты помола прессуются на дырчатых вальцах. На поверхности полученного гранулята формируется оболочка из механоактивированного цемента, строительного песка и микрокремнезема. Формирование оболочки происходит в устройстве для капсулирования [4].

Комплекс термического обезвреживания отходов не ограничивается этапом сжигания, а включает в себя сложную систему газоочистки, с помощью которой возможно нивелировать отрицательное воздействие процесса сжигания на атмосферный воздух.

После камеры дожигания газы направляются в котел-утилизатор. Он представляет собой кожухотрубчатый испаритель, в котором дымовые газы охлаждаются до +500 °С, отдавая тепло воде. В результате образуется пар, который используется на нужды предприятия. В комплекс входит паротурбинная установка, вырабатывающая электроэнергию. Мощность установки 150 кВт.

Охлажденные дымовые газы по газоходу направляются в скруббер, работающий в режиме распылительной сушки. Аппарат представляет собой полый газопромыватель с форсунками. На форсунки подается 5%-ный раствор соды из реагентного хозяйства для подавления кислых компонентов. В скруббере дымовые газы охлаждаются до температуры +130– +170 °С.

Далее в газоход дозирующим устройством подается активированный уголь для связывания диоксинов и фуранов.

Последний этап очистки дымовых газов – рукавный фильтр, предназначенный для окончательного улавливания летучей золы и продуктов газоочистки. В рукавный фильтр газы поступают с температурой +150 °С. Выгрузка уловленной золы осуществляется шнеком.

Радиальный вентилятор, установленный в конце технологической схемы, не только заменяет вентилятор для рукавного фильтра, но и создает разряжение во всем процессе. Охлажденные дымовые газы с помощью него поступают в атмосферу.

Проект осуществляется в рамках генеральной экологической стратегии РЖД по снижению нагрузки на окружающую среду и минимизации ущерба к 2030 г. Производительность комплекса составляет 500 кг отходов в час [5].

Таким образом, было рассмотрено одно из самых масштабных направлений деятельности ОАО «РЖД» в рамках системы экологического менеджмента.

Осознавая характер своей деятельности и ее возможные серьезные последствия для окружающей среды, компания стремится интегрировать систему менеджмента качества с системой управления охраной окружающей среды. Это положительно влияет на репутацию компании в глазах бизнес-партнеров и клиентов, помогает холдингу бороться с глобальными экологическими проблемами современности.

Пример компании доказывает важность экологических аспектов, интегрированных в систему управления качеством. Они становятся неотъемлемой частью менеджмента по причине повышения уровня негативного влияния бизнес-сообщества на окружающую среду.

Рассматривая, в частности, внедрение технологии переработки отходов, можно сделать вывод о высокой экологической сознательности холдинга ОАО «РЖД». Переработка неорганических отходов, полученных в результате антропогенных процессов, имеет многообещающие перспективы. Необходимость производств данного типа подтвердилась в период пандемии, когда комплекс термического обезвреживания отходов перерабатывал не только отходы железнодорожного транспорта, но и отходы сторонних медицинских учреждений, образующихся при осуществлении медицинских мероприятий для лечения новой коронавирусной инфекции. Для развития данного направления деятельности необходимы не только инвестиционные вложения холдинга, но и поддержка общественности. Сегодняшние потребители при прочих равных условиях все чаще предпочитают продукцию и услуги, производимые с наименьшим уроном окружающей среде. Система экологического менеджмента дает возможность организации соответствовать возрастающим экологическим требованиям, обеспечивать выполнение текущих национальных и международных экологических задач, поэтому она должна стать приоритетной для компании.

Библиографический список

1. Салимова Т. А., Ватолкина Н. Ш. История управления качеством : учебное пособие. М. : КНОРУС, 2005. 256 с.
2. ГОСТ ISO 9000-2011. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. Введ. 2013-01-01. М. : ФГУП «Стандартинформ», 2020 28 с.
3. Царева С. А., Голкина В. А., Ермишин А. С. Интегрированные системы менеджмента. Часть 1. Теоретические аспекты : учебное пособие. Ярославль : Издат. дом ЯГТУ, 2019. С. 41–46.
4. Искусственный гранулят из отходов мусоросжигательных заводов: патент 16262 Рос. Федерация: МПК. В09В 3/00 С04В 18/04 / М. Я. Бикбау, Я. М. Бикбау; заявитель и па-

тентообладатель Бикбау М. Я., Бикбау Я. М. № 2000115890/20: заявл. 26.06.2000: опубл. 20.12.2000. 4 с.

5. Комплекс термического обезвреживания отходов РЖД [Электронный ресурс]. – URL: <https://zaobt.ru/news/kto-500-utiliziruet-opasnye-otxody-predpriyatij-rzhd> (дата обращения: 10.10.2023).

ПЕРЕРАБОТКА ЭКСТРАКТОВ СЕЛЕКТИВНОЙ ОЧИСТКИ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ МАСЛА-ПЛАСТИФИКАТОРЫ

*С. А. Антонов^{1,2}, А. И. Матвеева^{1,2}, И. А. Пронченков^{1,2},
Р. В. Бартко², Ю. В. Еремина³*

¹ АО «ВНИИ НП», antonovsa@vniinpr.ru,

² РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина,

³ Самарский государственный технический университет

В статье представлены результаты исследований по получению экологически безопасных масел-пластификаторов для шинной и резинотехнической промышленности. На лабораторной проточной установке проведена селективная очистка экстрактов N-метилпирролидоном, определены технологические параметры (температурный режим в колонне и соотношение сырья к растворителю), обеспечивающие получение продукта с содержанием полициклических ароматических углеводородов, отвечающих экологическим нормам Директивы №2005/69/ЕС.

Ключевые слова: экстракт селективной очистки, масло-пластификатор, полициклические ароматические углеводороды.

Экстракты селективной очистки являются побочными продуктами при производстве базовых масел в традиционной поточной схеме маслблока нефтеперерабатывающего завода. Они представляют собой смесь парафино-нафтеновых, ароматических углеводородов различной степени цикличности, а также асфальто-смолистых веществ. При этом в экстрактах селективной очистки преимущественно концентрируются полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), среди них восемь идентифицированы как канцерогенные: бензо[а]пирен, бензо[е]пирен, бензо[а]антрацен, бензо[б]флуорантен, бензо[ж]флуорантен, бензо[к]флуорантен, дибензо[а,h]антрацен и хризен.

Экстракты селективной очистки используются в некоторых резиновых смесях в качестве масел-пластификаторов для придания им необходимых технологических свойств и облегчения дальнейшей переработки. Такие резиновые смеси широко используются в производстве шин [1].

По результатам исследований, проведенных в г. Москве, одним из основных загрязнителей городского воздуха является истертая в мелкую пыль резина автомобильных шин. Международным агентством по изучению рака, а в Российской Федерации – Федеральным центром Госсанэпиднадзора, предприятия резиновой и шинной промышленности включены в список канцерогенно опас-

ных. Установлено, что в шинной пыли присутствует более 140 химических соединений различной степени токсичности.

В таблице 1 представлены относительные концентрации ПАУ в шинной пыли в сравнении с относительными концентрациями этих веществ в выхлопе карбюраторных и дизельных двигателей.

Согласно результатам химического анализа, вклад шинной пыли в выброс ПАУ по сравнению с выхлопными газами значительно выше.

Например, в Швеции ежегодно вместе с 10 тыс. т продуктов износа шин в окружающую среду выбрасывается 14 т ПАУ, в том числе канцерогенных.

Таблица 1

Сравнение концентраций ПАУ в шинной пыли и в выхлопных газах автомобиля, отн. ед. (концентрация ПАУ/концентрация бенз(а)пирена)

Вещество	Класс опасности	Шины	Выхлоп бензинового двигателя	Выхлоп дизельного двигателя
Фенантрен	3	22,22–44,42	–	35,8
Флуорантен	3	8,89–44,42	9,9–75,6	23,3
Пирен	3	2,13–4,44	13,8–14,3	22,5
Перилен	3	0,20–1,06	0,3	0,2
Бенз(а)антрацен	2А	0,36–1,11	1,1–7,4	0,9–4,0
Хризен	3	2,26–3,11	4,4–15,2	2,6
Бенз(к)флуорантен	2В	0,93–1,35	9,1	1,0–1,1
Бенз(б)флуорантен	2В	2,41–7,89	1,4–7,4	–
Бенз(е)пирен	3	1,17–2,13	1,5–2,6	4,9
Дибенз(а, h)антрацен	2А	0,14–0,35	0,6	0,6
Дибенз(а, с)антрацен	3	0,28–1,28	–	–
Дибенз(а, h)пирен	2В	0,15–0,19	–	–
Коронен	3	0,14–0,38	1,1	0,1
Бенз(ghi)флуорантен	–	–	–	–
Циклопента(с)пирен	–	–	–	0,5
Антрацен	–	–	–	0,1–1,5
Индекс(ghi)пирен	–	–	1,0–5,2	1,4

В соответствии с Директивой №2005/69/ЕС, вступившей в силу 1 января 2010 г., все произведенные или импортированные в Европейский союз шины должны производиться с использованием экологически безопасных масел-пластификаторов, удовлетворяющих требованиям, представленным в таблице 2 [2].

В РФ пока не введены ограничительные меры по использованию масел-пластификаторов, однако, ориентируясь на внешний рынок, производители должны соблюдать требования Директивы №2005/69/ЕС. При этом в паспортах на масла-пластификаторы основным показателем, нормирующим канцерогенную безопасность, являлось содержание экстракта ПАУ по методу IP 346.

Таким образом, одним из вариантов снижения выбросов канцерогенных веществ в атмосферу является использование в составе шин масел-пластификаторов с пониженным содержанием ПАУ.

**Требования, предъявляемые к маслам-пластификаторам
согласно Директиве №2005/69/ЕС**

Наименование показателя	Значение
Содержание экстракта ПАУ (по методу IP 346), масс.%, не более	3,0
Содержание бенз(а)пирена (РАН-0397 – Grimmer method), мг/кг (ppm), не более	1
Содержание суммы канцерогенных ПАУ (РАН-0397– Grimmer method) бенз(а)пирена, бенз(е)пирена, бенз(а)антрацена, хризена, бенз(б)флуорантена, бенз(j)флуорантена, бенз(к)флуорантена, дибенз(а,h)антрацена, мг/кг (ppm), не более	10

В данной работе проведены исследования по получению экологически безопасных масел-пластификаторов из экстракта селективной очистки.

В качестве сырья использован промышленный образец экстракта селективной очистки. Экстракт подвергался очистке N-метилпирролидоном на лабораторной проточной установке. Варьируемым параметром процесса являлось соотношение сырье : растворитель, температурный режим в экстракционной колонне в обеих сериях опытов оставался постоянным (температура верха, середины и низа экстракционной колонны 40, 45 и 50 °С соответственно). Из полученного целевого и побочного продуктов отгонялся N-метилпирролидон под вакуумом в ротационном испарителе.

Данные по качеству сырья и продуктов представлены в таблице 3.

Таблица 3

Характеристика сырья и полученных масел-пластификаторов

Наименование показателя	Сырье	Масло-пластификатор, полученное при массовом соотношении сырье : растворитель	
		1 : 0,8	1 : 1
Кинематическая вязкость при 100 °С, мм ² /с	38,28	28,9	27,4
Плотность при 20°С, кг/м ³	0,9853	0,9723	0,9517
Содержание ПАУ (по методу IP 346), % масс.	9,4	4,3	2,2
Содержание серы, % масс.	2,91	2,71	2,62

Из данных таблицы 3 следует, что в результате селективной очистки сырья у продукта закономерно снижаются кинематическая вязкость, плотность, содержание серы. При соотношении сырья к растворителю 1 : 0,8 у продукта содержание ПАУ составляет 4,3% масс., что несколько превышает требуемое значение для экологически безопасных масел-пластификаторов. При увеличении соотношения сырья к растворителю до 1 : 1, содержание ПАУ снижается до 2,2% масс., что удовлетворяет требованиям Директивы №2005/69/ЕС.

Таким образом, проведенными исследованиями показано, что при соотношении сырья к растворителю равном 1 : 1 и температурном режиме в экстракционной колонне 40–45–50 °С из данного промышленного образца экс-

тракта возможно получение экологически безопасных масел-пластификаторов для шинной и резинотехнической промышленности.

Библиографический список

1. Производство и применение технических жидкостей и специальных продуктов масляных производств: учебник / В. А. Дорогочинская, Б. П. Тонконогов, С. Н. Волгин, С. А. Антонов. М. : ИЦ РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина, 2019. 348 с.
2. Технологии получения экологически безопасных масел-пластификаторов различных типов / С. А. Антонов, Б. П. Тонконогов, А. Ю. Килякова, В. А. Дорогочинская // Химия и технология топлив и масел. 2020. № 3. С. 35–45. doi: 10.1007/s10553-020-01148-0

ПРОДУКЦИЯ ИЗ ПЕРЕРАБОТАННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

Р. М. Хайруллова

Ульяновский государственный технический университет, htubyf2508@mail.ru

В статье рассмотрены методы переработки полимерных композиционных материалов (ПКМ) (термопластичных и термореактивных), их преимущества и недостатки. Также приведены примеры возможного применения восстановленных волокон в промышленных масштабах.

Ключевые слова: полимерные композиты, переработка, вторичное применение, автомобилестроение, самолётостроение.

В последние годы появляется множество новых материалов, которые отвечают всё более возрастающим требованиям прогресса и обладают улучшенными свойствами по сравнению с традиционными материалами. К ним относятся и полимерные композиты.

Благодаря своим характеристикам (например, повышенная прочность, лёгкость, устойчивость к воздействию агрессивных сред) они широко применяются во многих отраслях: в строительстве, в авиа- и машиностроении, в лопастях для ветряной энергетики, в медицине и других.

Однако из-за особенностей своего строения (композиционный материал состоит из двух или более частей разного происхождения, которые называются матрицей и наполнителем) утилизация их становится непростой задачей. Именно поэтому сейчас чрезвычайно актуален вопрос их вторичной переработки.

Полимерные композиты можно разделить на две большие группы. Выделяют те, у которых в качестве матрицы выступают *термопластичные* материалы (например, полиэтилен, полипропилен) и те, основу которых составляют *термореактивные* полимеры (например, фенолформальдегидные смолы) (рис. 1).

Первые поддаются переработке за счёт обычного нагревания при температурах 450–700 °С [1], когда летучие материалы (матрица) сгорают, а необходимые для дальнейшего применения волокна (наполнитель) остаются. Благодаря этому возможен такой метод переработки, когда после механического

измельчения материал можно повторно расплавить и после получить новое изделие. Однако важно отметить, что его свойства будут несколько уступать изначальным. Кроме того, переработанные волокна не такие чистые и однородные, как первичные, потому они требуют постобработки.

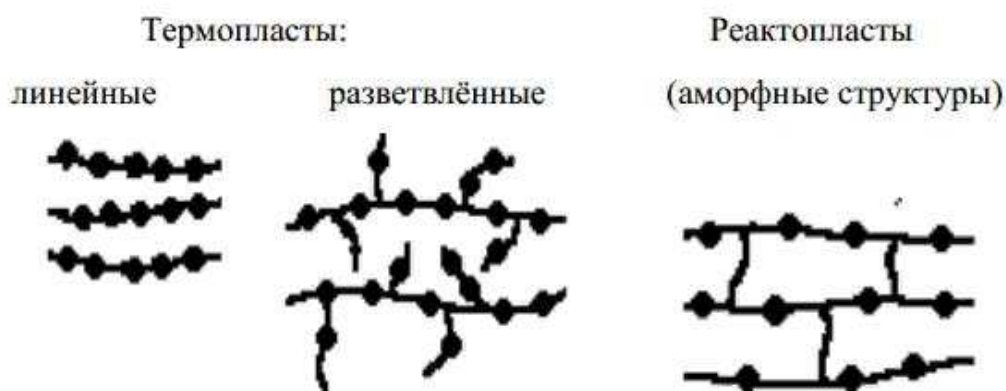


Рис. 1. Структура термопластичных полимеров и термореактивных (реактопластов)

Со второй группой ПКМ дело обстоит сложнее за счёт того, что они имеют сшитую структуру, и такой композит является нерастворимым и неплавким.

Из-за этого приходится искать альтернативные методы переработки таких полимерных композиционных материалов (рис. 2).

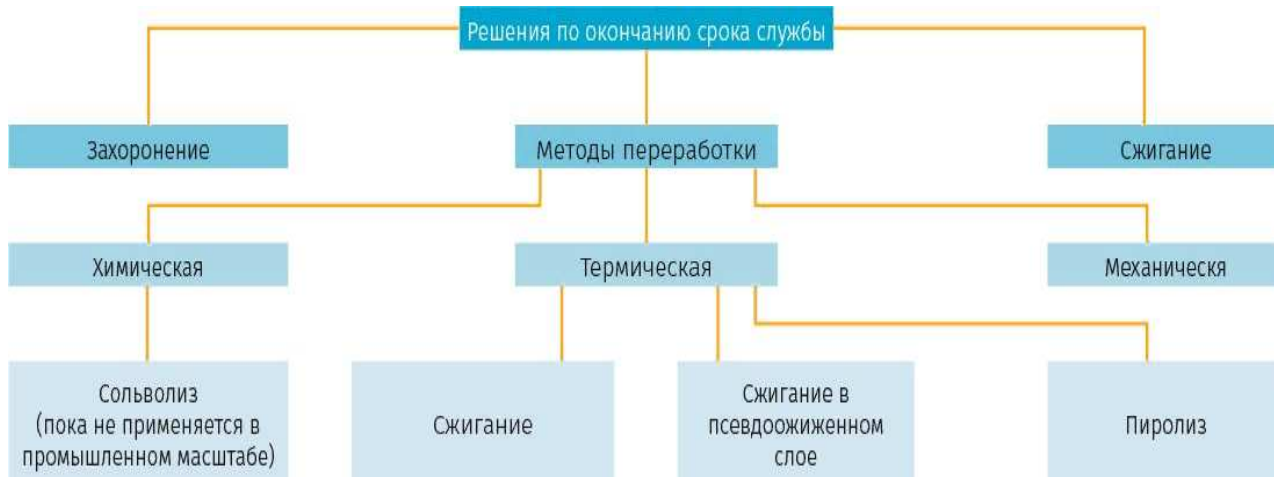


Рис. 2. Схема вариантов переработки ПКМ

Рассмотрим подробнее каждый из методов.

Захоронение является относительно дешевым способом утилизации, но это наименее предпочтительный вариант обращения с отходами [2]. Например, захоронение композитных отходов уже было запрещено в Германии в 2009 г. Тем не менее, во всем мире большая часть отходов производства ПКМ по-прежнему выбрасывается на свалки.

Сжигание – это процесс переработки отходов, основанный на сжигании органических веществ, содержащихся в отходах. Это еще один распространен-

ный метод утилизации полимерных композитов. Однако в этом процессе около 50% отходов остается в виде золы и подлежит захоронению на свалке [2]. Также выделяются большие количества углекислого газа и токсичных веществ.

При *сольволизе* (реакции обменного разложения при взаимодействии с растворителем) наблюдается сохранение механических свойств углеродных волокон [1].

Например, возможна переработка термореактивных полимерных композитов, состоящих из углеродного волокна и эпоксидной смолы за счёт предварительной обработки в азотной кислоте для первоначального разложения и наслоения, после чего слоистые ПКМ подвергали обработке полиэтиленгликолем в присутствии гидроксида калия при повышенных температурах [3].

В результате углеродное волокно было отделено и извлечено из эпоксидной смолы. При этом важно отметить, что поверхность восстановленного волокна была близка к поверхности первичного волокна, то есть наблюдалось сохранение свойств [3]. Кроме того, смачиваемость поверхности вторичного волокна улучшилась, а это, в свою очередь, может способствовать проникновению смолы и ещё большему улучшению характеристик переработанного углеродного ПКМ.

Следует отметить, что для практического применения при разработке технологии переработки армированных волокнами полимеров необходимо учитывать как экологические, так и экономические аспекты. Так, хотя механическая переработка является экономически эффективным процессом, характеристики волокон после неё ухудшаются [2].

Теперь обратимся к возможному применению переработанных композитов.

Сейчас использование переработанных ПКМ широко распространено в автомобильной, ветроэнергетической, аэрокосмической, морской и, частично, железнодорожной сферах.

Переработанные стеклопластики можно увидеть в самолетах и автомобилях [2]. Например, существуют различные области применения переработанных материалов в качестве внешних компонентов в автомобильном секторе. Так, в 2012 г. BMWGroup и Airbus договорились о сотрудничестве в области переработки углеродных волокон и разработки методов повторного использования.

Также измельченные восстановленные волокна могут быть повторно использованы для изготовления полуфабрикатов из нетканого листового формовочного композита [2], например, для получения люка автомобиля.

Таким образом, можно сделать вывод, что продукция из переработанных ПКМ – перспективное направление в развитии как с точки зрения экологии, так и экономики.

Библиографический список

1. Технологии вторичной переработки полимерных композитных материалов. Современное состояние и развитие на 2020-е годы [Электронный ресурс]. – URL:

<https://compositeworld.ru/articles/tech/id61c2dcfb8606de0019d92093> (дата обращения: 17.10.2023).

2. Composite Material Recycling Technology—State-of-the-Art and Sustainable Development for the 2020s [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mdpi.com/2504-477X/5/1/28> (дата обращения: 18.10.2023).

3. On the Successful Chemical Recycling of Carbon Fiber/Epoxy Resin Composites under the Mild Condition / J. Jiang, G. Deng, X. Chen, X. Gao, Q. Guo, C. Xu, L. Zhou // Composites Science and Technology. 2017. Vol. 151. P. 243–251.

СОРБЦИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА НА УГЛЕРОДНОМ СОРБЕНТЕ ИЗ НЕФТЯНОГО КОКСА

М. А. Фомичева, А. А. Царева

*Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
4269153@mail.ru, kudinovaancka@yandex.ru*

В статье рассматриваются сорбционные свойства пористых углеродных материалов (ПУМ), полученных химической активацией КОН при 750 °С из низкокачественного сернистого нефтяного кокса. Полученные углеродные материалы обладают высокой пористостью, удельной площадью поверхности и регенерационной способностью и могут быть использованы для сорбции СО₂.

Ключевые слова: нефтяной кокс, активация, сорбция, термодинамическая модель, удельная площадь поверхности.

На сегодняшний день нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) все чаще сталкиваются с проблемой переработки высокосернистой нефти. Одним из эффективных способов углубления переработки нефти является введение в технологическую схему процесса коксования, однако получаемый при этом побочный продукт – низкокачественный серосодержащий нефтяной кокс – не находит широкого применения и используется в качестве твердого топлива либо складывается на НПЗ. Использование такого нефтяного кокса наносит вред окружающей среде, так как при его сжигании выделяется большое количество сернистых соединений, а при хранении кокса нерационально используются большие площади земли [1, 2]. Поэтому необходимо найти альтернативные способы утилизации низкокачественного нефтяного кокса.

Нефтяной кокс является перспективным сырьем для получения пористого углеродного материала, так как после физической или химической активации он обладает высокой пористостью и удельной площадью поверхности [3, 4]. Активированный нефтяной кокс может использоваться как адсорбент, например, для сорбции кислых газов, в том числе и для адсорбции углекислого газа, что решает актуальную задачу декарбонизации [5, 6].

Целью данной работы является исследование сорбции углекислого газа на пористых углеродных материалах (ПУМ), полученных путём активации нефтяного кокса из гудрона и тяжёлой сланцевой смолы (ТСС), а также на промышленном активированном угле. Нефтяные коксы активировали КОН в му-

фельной печи в течение 1 часа при температуре 750 °С при соотношении КОН:кокс = 3:1. Затем углеродный материал охлаждали до комнатной температуры в токе азота. Образцы промывали сначала HCl, а затем дистиллированной водой до нейтрального значения pH промывных вод. Образцы сушили 3 часа при 120 °С.

Адсорбцию проводили при комнатной температуре в герметичных колбах объемом 250 мл. В каждую колбу помещали 2 г кокса, затем удаляли объем воздуха, равный добавляемому объему CO₂ 50–100 мл, для поддержания постоянного давления в системе. Процесс адсорбции проводили в течение 10 минут. Концентрацию CO₂ в смеси определяли на газовом хроматографе Хроматек «Кристалл-5000».

Состав и структура образцов были изучены с помощью методов БЭТ и ИК-спектроскопии. После активации нефтяного кокса были получены углеродные материалы с высокой пористостью и удельной площадью поверхности (1219 м²/г для гудрона, 620 м²/г для ТСС и 637 м²/г для активированного угля) [7].

Полученные пористые углеродные материалы обладают высокой регенерационной способностью и могут быть использованы повторно более 10 циклов.

Ниже на рисунке приведены изотермы сорбции для трех углеродных образцов.

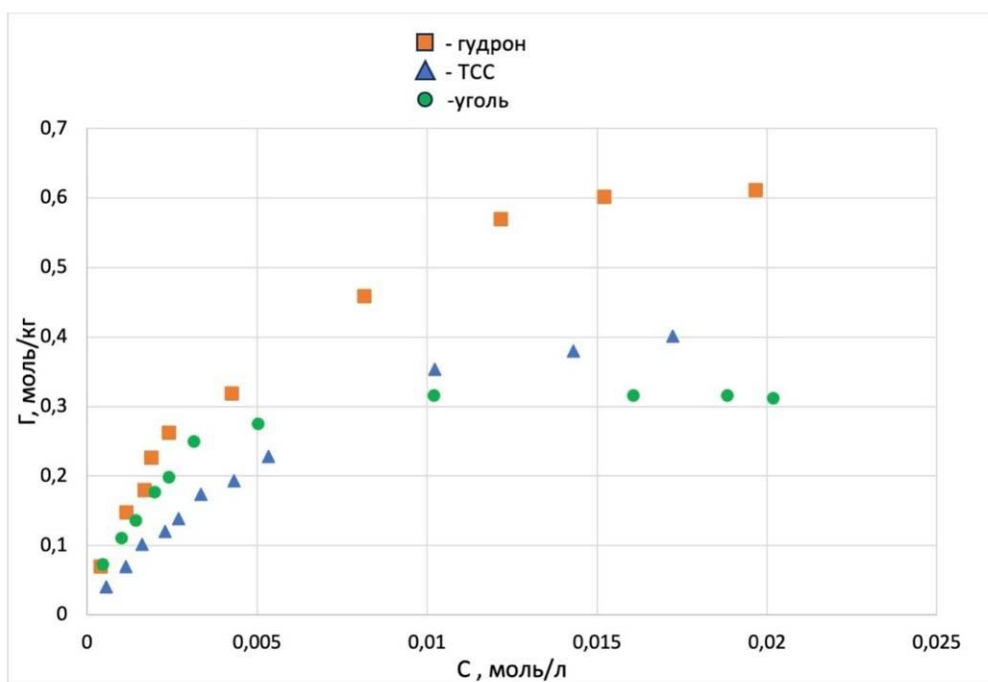


Рис. Изотермы сорбции CO₂ на различных углеродных материалах

При всех концентрациях углекислого газа активированный кокс, полученный из гудрона, имеет самую высокую сорбционную емкость по сравнению с другими образцами, что связано с высоким объемом микропор данного сорбента (69% от общего объема пор). При низких концентрациях углекислого газа минимальную сорбционную емкость имеет активированный кокс, полученный из ТСС, что связано с минимальным объемом микропор (37% от общего объема

пор). При концентрациях CO_2 выше 0,01 М, наименьшая сорбционная емкость наблюдается у активированного угля, что, по-видимому, связано с поверхностными характеристиками сорбента.

Для активированного нефтяного кокса, полученного из гудрона, экспериментальные данные наилучшим образом описываются моделью Дубинина-Радушкевича. Это объясняется большим вкладом микропор в процесс сорбции CO_2 . Также хорошо описывают сорбционный процесс модели Ленгмюра и Фрейндлиха, однако модель Темкина не подходит для анализа экспериментальных данных и проведения термодинамических расчетов. Константа равновесия, рассчитанная по модели Ленгмюра, равна 367, а значение энергии Гиббса равно -14,5 кДж/моль, что говорит о самопроизвольности процесса. На поверхности адсорбента протекает физическая адсорбция, о чем свидетельствует значение средней свободной энергии адсорбции по Дубинину-Радушкевичу ниже 8 кДж/моль и величина коэффициента Фрейндлиха $n > 1$ [8, 9].

Для активированного кокса, полученного из ТСС, экспериментальная кривая лучше всего описывается моделями Дубинина-Радушкевича и Фрейндлиха. При этом сложно отдать предпочтение одной из моделей, что может говорить о прохождении процесса сорбции не только на поверхности сорбента, но и в микропорах. По-видимому, это связано с низким объемом микропор в данном сорбенте по сравнению с активированным коксом, полученным из гудрона. Также экспериментальные данные хорошо описывает модель Ленгмюра. Константа равновесия, рассчитанная по модели Ленгмюра равна 174, а значение энергии Гиббса равно -12,5 кДж/моль, что также говорит о самопроизвольности процесса. Модель Темкина не может быть использована для термодинамического расчета из-за низкого коэффициента корреляции. Величина коэффициента Фрейндлиха $n > 1$, а значение средней свободной энергии адсорбции по Дубинину-Радушкевичу ниже 8 кДж/моль, что свидетельствует о физическом характере адсорбции.

Для активированного угля наилучшее описание экспериментальных данных было получено при использовании модели Ленгмюра и Фрейндлиха. При этом также сложно отдать предпочтение одной из моделей, так как коэффициент корреляции для них обеих составляет около 0,99. Однако при сравнении экспериментальных точек с расчетами по моделям, модель Фрейндлиха лучше описывает экспериментальные данные, что говорит о неоднородности сорбционной поверхности сорбента. Модель Дубинина-Радушкевича тоже хорошо описывает экспериментальные данные, тогда как модель Темкина для данного образца также не может быть использована для термодинамического расчета. Величина коэффициента Фрейндлиха $n > 1$, а значение средней свободной энергии адсорбции по Дубинину-Радушкевичу ниже 8 кДж/моль, что свидетельствует о физическом характере адсорбции. Константа равновесия, рассчитанная по модели Ленгмюра, равна 518, а значение энергии Гиббса равно -15,2 кДж/моль, что также говорит о самопроизвольности процесса.

Предельная сорбционная емкость по модели Ленгмюра для активированного кокса, полученного из гудрона, ТСС и для активированного угля, равны 0,52, 0,45 и 0,35 моль/кг соответственно. Однако модель Ленгмюра занижает

величину предельной сорбционной ёмкости, для активированного кокса из гудрона, экспериментально полученное значение которой составило 0,60 моль/кг, а для активированного кокса из ТСС и угля модель Ленгмюра наоборот немного превышает значения, так как экспериментально полученные значения составляют лишь 0,39 и 0,31 моль/кг соответственно.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что все образцы ПУМ являются достаточно хорошими адсорбентами CO₂ и могут быть широко использованы в промышленности для решения актуальной проблемы декарбонизации. Активированный кокс из гудрона обладает самыми высокими сорбционными свойствами по сравнению с активированным коксом из ТСС и углем, что связано с высоким объемом микропор образца.

Библиографический список

1. Kugatov P. V. Production of molded activated carbon from carbon black and petroleum pitch by alkaline activation // Russian Journal of Applied Chemistry. 2016. No. 6. P. 886–890. doi: 0.1134/S1070427216060069
2. Caruso J. A. Petroleum coke in the urban environment: A review of potential health effects // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2015. Vol. 12. No. 6. P. 6218–6231. doi: 10.3390/ijerph120606218
3. Liu S. Esterification over acid-treated mesoporous carbon derived from petroleum coke // ACS Omega. 2019. Vol. 5. No. 3. P. 1992–1997. doi: 10.3390/ijerph120606218
4. Kawano T., Kubota M., Onyango M. S. Preparation of activated carbon from petroleum coke by KOH chemical activation for adsorption heat pump // Applied Thermal Engineering. 2008. Vol. 25. No. 8–9. P. 865–871. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2007.07.009
5. Wu M., Zha Q., Qiu J. Preparation of porous carbons from petroleum coke by different activation methods // Fuel. 2005. Vol. 84. No. 14–15. P. 6050–6058. doi: 10.1016/j.fuel.2005.03.008
6. Jang E., Choi S. W., Hong S. M. Development of a Cost-Effective CO₂ Adsorbent from Petroleum Coke via KOH Activation // Applied Surface Science. 2018. No. 429. P. 62–71. doi: 10.1016/j.apsusc.2017.08.075
7. Oguz E. F., Копач Т. Highly effective activated carbons from Turkish-kozlu bituminous coal by physical and KOH activation and sorption studies with organic vapors // International Journal of Chemical Reactor Engineering. 2019. Vol. 17. No. 5. P. 1–20. doi: 10.1515/ijcre-2018-0071
8. Jang M., Guo L., Hu G. Adsorption of CO₂ by Petroleum Coke Nitrogen-Doped Porous Carbons Synthesized by Combining Ammoxidation with KOH Activation // Industrial & Engineering Chemistry Research. 2016. No. 55. P. 757–765. doi: 10.1021/acs.iecr.5b04038
9. Hu Q., Zhang Z. Application of Dubinin–Radushkevich isotherm model at the solid/solution interface: A theoretical analysis // Journal of Molecular Liquids. 2019. Vol. 277. P. 646–648. doi: 10.1016/j.molliq.2019.01.005

ПОЛУЧЕНИЕ РЕАГЕНТОВ КОМПЛЕКСНОГО ДЕЙСТВИЯ – ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ, СОЛЕОТЛОЖЕНИЙ И БАКТЕРИЦИДОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

*Н. Н. Пастухова¹, Н. М. Погудина¹, В. А. Яковлев¹,
И. А. Жилин^{1,2}, З. З. Тимербаева¹, Р. В. Мустакимов¹,
И. С. Казанцева², Ф. Ф. Чаусов², М. А. Шумилова²*

¹ АО «Ижевский электромеханический завод «КУПОЛ»», *nadi007@bk.ru*,

² Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН,
chaus@udman.ru

Представлены результаты испытаний с определением противонакипной, противокоррозионной и бактерицидной (по отношению к сульфатвосстанавливающим бактериям) реагентов комплексного действия на основе отходов гальванических производств (цинкования, меднения и кадмирования).

Ключевые слова: отходы гальванических производств, металлохелатные ингибиторы коррозии и солеотложений, биоциды, сульфатвосстанавливающие бактерии.

Гальванические отходы образуются на большом количестве предприятий, общее количество которых составляет более 7000 гальванических цехов на территории Российской Федерации. Отработанные электролиты содержат большое количество тяжёлых металлов и являются одними из самых опасных экотоксикантов. Хотя сброс отработанных растворов гальванических ванн составляет 0,2–0,3% от общего количества промышленных стоков, общее содержание сбрасываемых экотоксикантов в них составляет 70% от общего количества промышленных стоков.

Кроме загрязнения окружающей среды, потери отработанных электролитов влекут за собой затраты для предприятий на ежегодную закупку материалов. Нагрузка на очистные сооружения при сливе гальванических отходов влечет за собой частые проскоки по металлам, и как следствие, высокие штрафы.

Среднее содержание в ванне солей металлов составляет 100–200 г/дм³, а средняя продолжительность работы гальванической ванны составляет 0,5–1 год; за данный срок использование металлов из раствора ванн составляет 30–40%. Ежегодные затраты на закупку солей цветных металлов для одной ванны объемом 500 дм³ составляют 150 тыс. руб. Среднее количество ванн для гальваники на одном производстве – около 10 шт.; итого, общие затраты в год только на химикаты составляют 1500–3000 тыс. руб. Стоимость цветных металлов, сбрасываемых в сточные воды за год, достигает 1000–2000 тыс. руб.

Таким образом, восстановление солей металлов и получение на их основе новых материалов даст высокий эколого-экономический эффект.

В рамках выполненной работы на основе отходов гальванических производств кадмирования, цинкования и меднения получены новые функциональные материалы: кадмиевый комплекс и гетерометаллические медно-цинковые

комплексы нитрило-трис-метиленфосфоновой кислоты; определена их противокоррозионная, противонакипная и противобактериальная активность.

Путем синтеза были получены образцы комплекса $\text{Na}_4[\text{Cd}(\text{H}_2\text{O})\text{N}(\text{CH}_2\text{PO}_3)_3] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (CdNTP) [1].

Из раствора, содержащего Cu^{2+} и Zn^{2+} , выращены монокристаллы трех комплексов [2].

Противонакипную активность полученных кадмиевых и медно-цинковых комплексов нитрило-трис-метиленфосфоновой кислоты определяли в водных средах, пересыщенных карбонатом кальция CaCO_3 и сульфатом кальция CaSO_4 .

Среды готовили, приливая по каплям 1%-ые растворы солей к необходимому объёму воды при комнатной температуре. После нагревания при 95°C аликвоты 100 мл раствора с ингибитором и без ингибитора в течение 6 часов растворы фильтровали через фильтр с синей лентой, определяли кальциевую жёсткость растворов.

При всех исследованных значениях пересыщения противонакипная активность ингибитора была выше 95% при концентрации ингибитора $0,5 \text{ г/дм}^3$ вплоть до 10-кратного пересыщения раствора, что достаточно для защиты тепловых сетей отопления и горячего водоснабжения РФ от накипеобразования в процессе эксплуатации.

Коррозионные испытания полученных образцов ингибиторов проводили поляризационным методом с использованием образцов из углеродистой стали марки Ст3кп по ГОСТ 380-2005. В качестве коррозионной среды использовался боратно-борнокислый буферный раствор Холмса с $\text{pH} = 7,4$. Испытания проводили в потенциодинамическом режиме со скоростью развертки 2 мВ/с . Использовали трехэлектродную электрохимическую ячейку, в которой в качестве электрода сравнения и противоиэлектрода использовались хлоридсеребряный $\text{Ag}|\text{AgCl}$ (нас.) и платиновый электроды соответственно. Ингибиторы вводили в коррозионную среду в дозировке от 25 до 2000 мг/дм^3 . Результаты коррозионных испытаний ингибитора CdNTP представлены в таблице 1, ингибитора $\text{Cu}_{1/4}\text{Zn}_{3/4}\text{NTP}$ – в таблице 2, а ингибитора $\text{Cu}_{1/2}\text{Zn}_{1/2}\text{NTP}$ – в таблице 3.

Таблица 1

Результаты коррозионных испытаний ингибитора CdNTP

Доза CdNTP (мг/дм^3)	Характеристические точки анодной поляризационной кривой				
	потенциалы (В, относительно х.с.э.)			плотность тока (А/м^2)	
	открытой цепи (стационарный) Φ_{oc}	начала пассивации Φ_{pp}	транс-пассивности Φ_{pp}	критическая (начала пассивации) i_c	минимальная в пассивном состоянии
0	-0,68	-0,21	1,17	1,43	0,23
25	-0,71	-0,28	1,17	0,99	0,32
50	-0,71	-0,32	1,17	0,81	0,30
100	-0,71	-0,33	1,18	0,63	0,28
200	-0,73	-0,33	1,18	0,49	0,24
500	-0,75	-0,33	1,18	0,74	0,24
1000	-0,78	-0,34	1,19	0,90	0,25
2000	-0,80	-0,37	1,19	1,01	0,26

Таблица 2

Результаты коррозионных испытаний ингибитора $\text{Cu}^{1/4}\text{Zn}^{3/4}\text{NTP}$

Доза $\text{Cu}^{1/4}\text{Zn}^{3/4}\text{NTP}$ ($\text{мг}/\text{дм}^3$)	Характеристические точки анодной поляризационной кривой				
	потенциалы (В, относительно х.с.э.)			плотность тока ($\text{А}/\text{м}^2$)	
	открытой цепи (стационарный) Φ_{oc}	начала пассивации Φ_{pp}	транс- пассивности Φ_{pp}	критическая (начала пассивации)	минимальная в пассивном состоянии
0	-0,72	-0,30	1,14	1,27	0,31
25	-0,72	-0,32	1,22	1,13	0,49
50	-0,72	-0,32	1,21	1,04	0,50
100	-0,69	-0,40	1,19	0,68	0,42
200	-0,69	-0,34	1,18	0,62	0,48
500	-0,69	-0,35	1,20	0,61	0,49
1000	-0,72	-0,43	1,78	0,78	0,56
2000	-0,73	-0,44	1,13	0,96	0,63

Таблица 3

Результаты коррозионных испытаний ингибитора $\text{Cu}^{1/2}\text{Zn}^{1/2}\text{NTP}$

Добавка ингибитора $\text{Cu}^{1/2}\text{Zn}^{1/2}\text{NTP}$ ($\text{мг}/\text{дм}^3$)	Характеристические точки анодной поляризационной кривой				
	потенциалы (В, относительно х.с.э.)			плотность тока ($\text{А}/\text{м}^2$)	
	открытой цепи (стационарный) Φ_{oc}	начала пассивации Φ_{pp}	транс- пассивности Φ_{pp}	критическая (начала пассивации)	минимальная в пассивном состоянии
0	-0,74	-0,30	1,19	1,30	0,45
25	-0,73	-0,30	1,18	1,28	0,48
50	-0,72	-0,32	1,17	1,12	0,49
100	-0,72	-0,36	1,19	0,99	0,51
200	-0,71	-0,40	1,20	0,84	0,46
500	-0,71	-0,44	1,20	0,66	0,48
1000	-0,73	-0,44	1,18	0,88	0,60
2000	-0,74	-0,44	1,16	0,97	0,74

Противобактериальная активность ингибиторов CdNTP , $\text{Cu}^{1/4}\text{Zn}^{3/4}\text{NTP}$ и $\text{Cu}^{1/2}\text{Zn}^{1/2}\text{NTP}$ определена в отношении сульфатовосстанавливающих бактерий (СВБ). Эксперименты проводились в статических условиях, и нагреве до 28 °С. В колбы объёмом 100 мл помещали одинаковое количество микроорганизмов и расчетное количество ингибиторов. Результаты определения противобактериальной активности ингибитора CdNTP в отношении СВБ приведены в таблице 4, а ингибиторов $\text{Cu}^{1/4}\text{Zn}^{3/4}\text{NTP}$ и $\text{Cu}^{1/2}\text{Zn}^{1/2}\text{NTP}$ – в таблице 5.

Таблица 4

Результаты антибактериальных испытаний ингибитора CdNTP

Опыт	Доза CdNTP , $\text{мг}/\text{дм}^3$	Содержание H_2S			Результат
		в начале опыта	в конце опыта	снижение, %	
	2	3	4	5	6
Контроль	0	533	600	-12,48	жизнедеятельность продолжается
1	25	533	394	26,08	жизнедеятельность снижена
	50	533	332	37,80	жизнедеятельность снижена
	100	533	360	32,46	жизнедеятельность снижена

1	2	3	4	5	6
2	25	533	323	39,40	жизнедеятельность снижена
	50	533	318	40,39	жизнедеятельность снижена
	100	533	360	32,46	жизнедеятельность снижена
3	25	533	306	42,59	жизнедеятельность снижена
	50	533	228	57,22	жизнедеятельность снижена
	100	533	226	57,60	жизнедеятельность снижена

Таблица 5

**Результаты антибактериальных испытаний ингибиторов
Cu_{1/4}Zn_{3/4}NTP и Cu_{1/2}Zn_{1/2}NTP**

Опыт	Ингибитор и доза, мг/ дм ³	Содержание H ₂ S			Результат
		в начале опыта	в конце опыта	снижение, %	
0	Контроль	533	511	4,09	жизнедеятельность продолжается
1	Cu _{1/4} Zn _{3/4} NTP, 25	533	500	6,19	жизнедеятельность снижена
	Cu _{1/4} Zn _{3/4} NTP, 50	533	469	12,10	жизнедеятельность снижена
	Cu _{1/4} Zn _{3/4} NTP, 100	533	198	62,85	жизнедеятельность остановилась
2	Cu _{1/4} Zn _{3/4} NTP, 25	533	479	10,06	жизнедеятельность снижена
	Cu _{1/4} Zn _{3/4} NTP, 50	533	477	10,48	жизнедеятельность снижена
	Cu _{1/4} Zn _{3/4} NTP, 100	533	366	31,26	жизнедеятельность остановилась
3	Cu _{1/2} Zn _{1/2} NTP, 25	533	494	7,29	жизнедеятельность снижена
	Cu _{1/2} Zn _{1/2} NTP, 50	533	139	73,92	жизнедеятельность остановилась
	Cu _{1/2} Zn _{1/2} NTP, 100	533	184	65,48	жизнедеятельность остановилась

Таким образом, ингибитор CdNTP в дозе от 25 до 100 мг/дм³ снижает жизнедеятельность СВБ, но не прекращает её полностью; ингибитор Cu_{1/4}Zn_{3/4}NTP в дозах 25–50 мг/дм³ снижает жизнедеятельность СВБ, а в дозе 100 мг/дм³ прекращает её полностью; ингибитор Cu_{1/2}Zn_{1/2}NTP в дозе 25 мг/ дм³ снижает жизнедеятельность СВБ, а в дозе 50 мг/дм³ и более прекращает её полностью.

Таким образом, ингибиторы CdNTP и CuZnNTP представляют собой монофазные, моноструктурные продукты; полученный образец CdNTP отвечает формуле Na₄[Cd(H₂O){N(CH₂PO₃)₃}]·7H₂O, ингибиторы CuZnNTP – Na₄[(Cu_xZn_(1-x)){N(CH₂PO₃)₃}]·13H₂O.

Полученные ингибиторы CdNTP, Cu_{1/4}Zn_{3/4}NTP и Cu_{1/2}Zn_{1/2}NTP обладают достаточными противонакипными свойствами для применения в тепловых сетях РФ при температуре теплоносителя до 95°С.

Полученные ингибиторы CdNTP, Cu_{1/4}Zn_{3/4}NTP и Cu_{1/2}Zn_{1/2}NTP обладают различными противокоррозионными свойствами. Лучшими противокоррозионными свойствами обладает ингибитор CdNTP: он снижает токи анодного растворения металла при всех потенциалах, расширяет область пассивного состояния металла, его оптимальная концентрация составляет 0,15 ммоль/дм³, что экономнее всех остальных изученных ингибиторов, включая ранее изученный ZnNTP. Ингибиторы Cu_{1/4}Zn_{3/4}NTP и Cu_{1/2}Zn_{1/2}NTP обладают менее выраженными противокоррозионными свойствами, причём ингибитор Cu_{1/4}Zn_{3/4}NTP эффектив-

нее, чем $\text{Cu}_{1/2}\text{Zn}_{1/2}\text{NTP}$. Но, в отличие от ингибитора CdNTP , они не содержат кадмия.

Полученные ингибиторы CdNTP , $\text{Cu}_{1/4}\text{Zn}_{3/4}\text{NTP}$ и $\text{Cu}_{1/2}\text{Zn}_{1/2}\text{NTP}$ обладают различными антибактериальными свойствами. Лучшими антибактериальными свойствами в отношении СББ обладает ингибитор $\text{Cu}_{1/2}\text{Zn}_{1/2}\text{NTP}$, который прекращает жизнедеятельность СББ уже в концентрации 50 мг/дм^3 . Ингибитор $\text{Cu}_{1/4}\text{Zn}_{3/4}\text{NTP}$ требует для этого концентрации 100 мг/дм^3 , а ингибитор CdNTP не прекращает жизнедеятельность СББ полностью, а только частично подавляет её.

Для защиты от коррозии систем отопления, охлаждения, циркуляционного водоснабжения может быть рекомендован ингибитор CdNTP , а для защиты систем такого рода от СББ – ингибитор $\text{Cu}_{1/2}\text{Zn}_{1/2}\text{NTP}$. При этом все испытанные ингибиторы достаточно эффективны против накипеобразования.

Библиографический список

1. Zinc and cadmium nitrilotris(methylenephosphonate)s: A Comparative study of different coordination structures for corrosion inhibition of steels in neutral aqueous media / F. F. Chaouf, I. S. Kazantseva, S. M. Reshetnikov, N. V. Lomova, A. N. Maratkanova, N. V. Somov // ChemistrySelect. 2020. Vol. 5. No. 43. P. 13711–13719. doi: 10.1002/slct.202003255

2. Термохимическое поведение кристаллических медно-цинковых комплексов нитрило-трис-метиленфосфоновой кислоты / Ф. Ф. Чаусов, И. С. Казанцева, Н. В. Ломова, А. В. Холзаков, И. Н. Шабанова, Н. Е. Суксин // ЖПХ. 2022. Т. 95. № 4. С. 458–467. doi: 10.31857/S0044461822040065

ПЕРЕРАБОТКА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПЫЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВА БРОНЗЫ МЕТОДАМИ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ И ЭЛЕКТРОЛИЗА

И. С. Максимов, А. Р. Яворский, В. А. Бродский

*Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева,
vanyamaks@mail.ru*

Разработана схема извлечения меди и цинка из бронзовых и латунных пылей металлургического производства. Изучен состав отходов и установлено оптимальное время и концентрация кислоты для выщелачивания латунной и бронзовых пылей. Установлены оптимальные условия для электроосаждения меди и цинка из сернокислых растворов выщелачивания на медном электроде. Найден наиболее эффективный экстрагент для проведения экстракции.

Ключевые слова: экстракция, электролиз, очистка металлургических пылей, выщелачивание.

Медь и другие цветные металлы играют важную роль в отечественной металлургии. Они составляют значительную часть общего объема производства в Российской Федерации. Значение меди из года в год растёт, особенно в связи с бурным развитием энергетики, электроники, машиностроения, авиационной, космической и атомной техники.

В современной металлургии существуют два основных метода извлечения меди из растворов: «жидкостная экстракция – электроэкстракция» (SX-EW) и ионообменная сорбция. Оба этих процесса решают одну и ту же задачу – селективное выделение меди из многокомпонентных растворов [1, 2].

Жидкостная экстракция является перспективным методом селективного извлечения металлов в гидрометаллургии, благодаря возможности создания непрерывно работающих технологических схем, которые отличаются относительной простотой в аппаратурном оформлении. Технология переработки меди включает четыре основные стадии [3]:

- выщелачивание меди в растворе H_2SO_4 ;
- экстракция меди в органическую фазу;
- реэкстракция меди с получением сернокислого электролита;
- катодное осаждение меди из электролита.

Применение технологии SX-EW позволяет получать катодную медь высокого качества. Однако одним из недостатков этого метода является образование и накопление большого объема стойкой межфазной взвеси при экстракции меди органическим экстрагентом. Эта взвесь, или «борода», затрудняет эффективное проведение экстракции и приводит к потерям экстрагента и водного раствора [4].

Целью работы является разработка схемы переработки шлака и определение технологических параметров процессов извлечения меди и цинка методами жидкостной экстракции и электролиза.

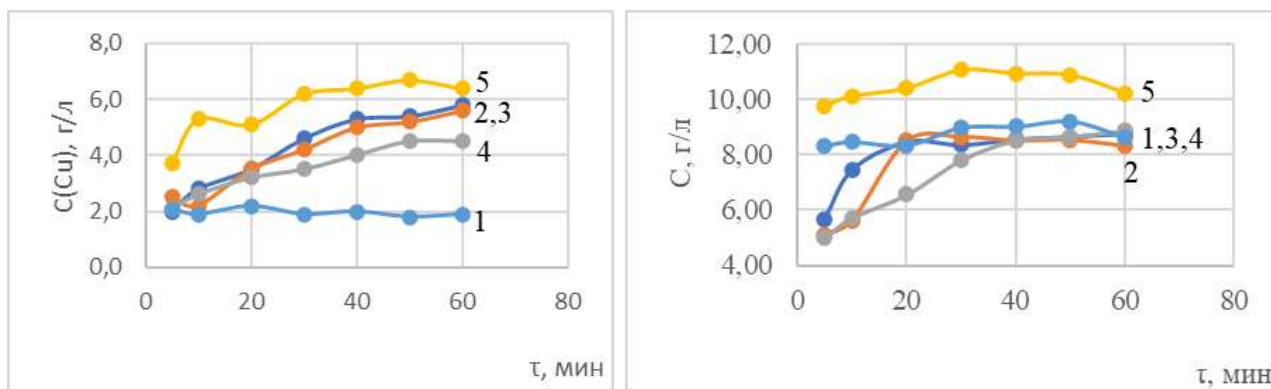
В проведенных исследованиях был изучен состав реальных отходов, образующихся на предприятии по обработке цветных металлов. Установлено оптимальное время и концентрация серной кислоты для выщелачивания бронзовой пыли. Состав отхода представлен в таблице, он был получен методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА). В результате, после растворения бронзовой пыли в 0,1 М растворе серной кислоты образуется раствор, содержащий порядка 2 г/л меди и 8 г/л цинка, имеющий конечную кислотность, характеризующуюся значениями рН порядка 1,5–2,0 (рис. 1).

Таблица

Состав пыли

Пыль	Элементный состав, ат. %					
	Cu	Zn	Pb	Sn	Fe	Cr
Бронзовая	48,742	33,405	8,861	4,934	3,519	0,539
Прибор EDX-7000; Атмосфера: Воздух; Коллиматор: 10(mm)						

Установлены оптимальные условия для электроосаждения меди и цинка из сернокислых растворов на медном электроде (0,1М H_2SO_4) (рис. 2, 3). После выщелачивания растворы направляются на проработку сначала от меди при плотности тока 1,26 А/дм², а затем от цинка при плотности тока 1 А/дм². Предварительно в растворе выщелачивания нужно увеличить концентрацию серной кислоты до 1 М. После проработки раствор можно вернуть на повторное выщелачивание.



А

Б

Рис. 1. Эффективность выщелачивания меди (А) и цинка (Б) в H_2SO_4 различной концентрации (М): 1 – 0,1; 2 – 0,5; 3 – 1,0; 4 – 1,5; 5 – 2,0

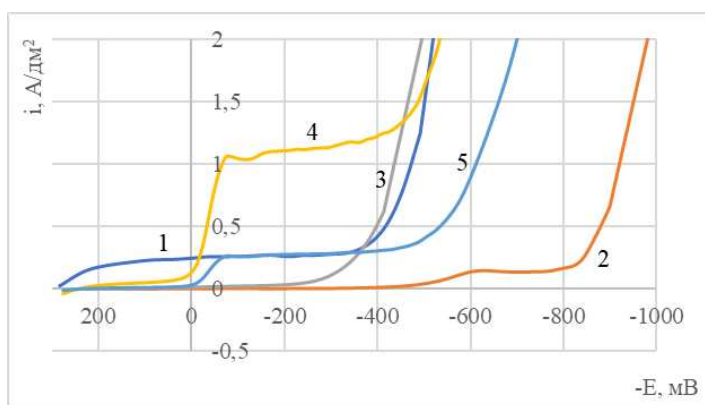


Рис. 2. Катодные поляризационные кривые продукционных растворов бронзового порошка: 1 – выделение меди (мод. р-р без цинка); 2 – выделение цинка (мод. р-р без меди); 3 – выделение водорода (мод. р-р без меди и цинка); 4 – совместное выделение меди и цинка (мод. р-р); 5 – реальный раствор $C(Cu^{2+}) = 2$ г/л; $C(Zn^{2+}) = 8$ г/л; $C(H_2SO_4) = 0,1M$

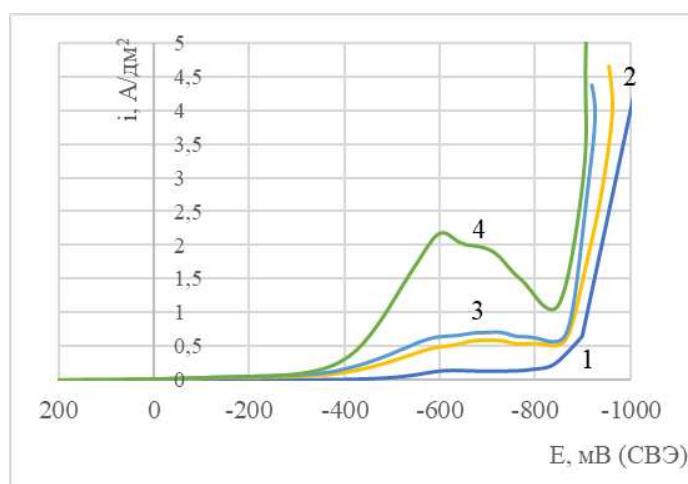


Рис. 3. Катодные поляризационные кривые выделения цинка из модельных растворов бронзового порошка при различных концентрациях серной кислоты (М): 1 – 0,1; 2 – 0,35; 3 – 0,5; 4 – 1,0; $C(Zn^{2+}) = 8$ г/л

После проработки твердый загрязненный остаток меди (кек) направляется на медно-аммиачное выщелачивание (рис. 4). Из данных видно, что гарантированная полнота выщелачивания (35 г/л) достигается через 40 минут контакта фаз. Таким образом, после растворения бронзовой пыли в медно-аммиачном растворе образуется раствор, содержащий порядка 35 г/л меди. Оставшийся бронзовый кек целесообразно отправить на повторное выщелачивание обедненным по меди медно-аммиачным травильным раствором.

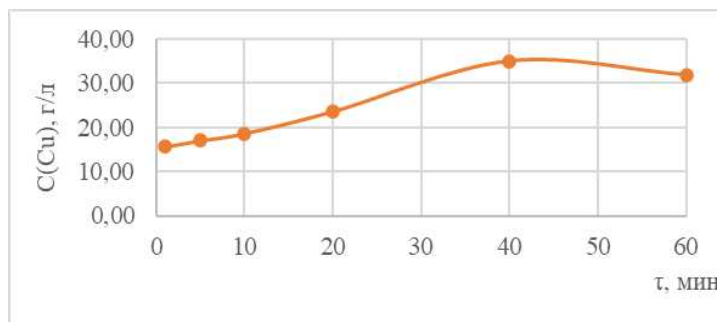


Рис. 4. Эффективность выщелачивания меди из медного кека медно-аммиачным раствором

Далее были получены данные об эффективности экстракционного извлечения меди из реального раствора медно-аммиачного выщелачивания (рис. 5).

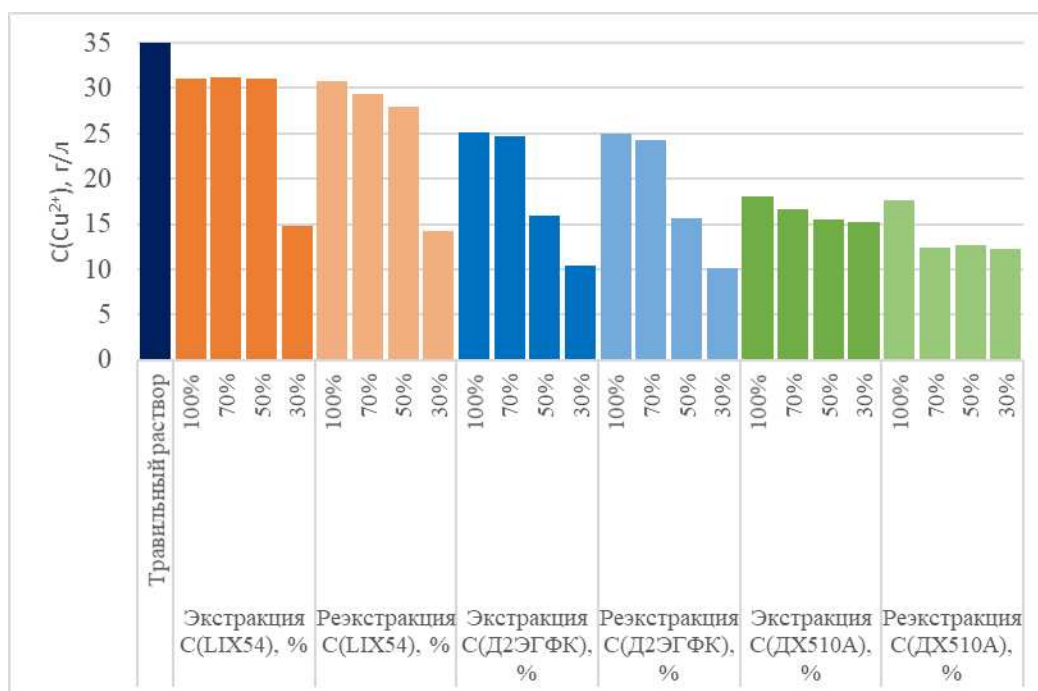


Рис. 5. Эффективность извлечения меди из травильного раствора бронзового порошка в экстрагент и в серную кислоту при различных концентрациях экстрагента

В результате проделанных исследований можно сделать следующие выводы:

– разработана принципиальная блок-схема процесса извлечения и разделения цветных металлов из металлургических пылей, а также подобраны оптимальные условия для данного процесса;

– в результате выщелачивания пылей в 0,1 М серной кислоте образуются продукционные растворы с концентрацией меди 2 г/л, цинка 8 г/л;

– с целью возврата серной кислоты, продукционный раствор направляется на проработку сначала от меди при плотности тока 1,25 А/дм², а затем от цинка при плотности тока 1 А/дм²;

– медный кек после сернокислого выщелачивания направляется на медно-аммиачное выщелачивание (оптимальное время процесса – 30 мин) с последующей жидкостной экстракцией в растворе LIX54 и реэкстракцией в 2 М серной кислоте;

– для получения готового продукта – чистого осадка катодной меди, сернокислый реэкстрагирующий раствор направляют на стадию электролиза с плотностью тока 0,5 А/дм².

Библиографический список

1. Electrolysis of copper form stripping solutions for etching printed circuit boards / E. S. Kondratieva, A. F. Gubin, V. A. Brodsky, V. A. Kolesnikov, M. Zhurinov, A. Bayeshov, A. R. Brodskiy // News of the Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. 2019. No. 5 (437). P. 6–14.

2. Extractive metallurgy of copper / W. G. Davenport, M. King, M. Schlesinger, A. K. Biswas. Pergamon, 2002. 434 p.

3. Жидкостная экстракция в гидрометаллургии получения неорганических материалов / Н. И. Стеблевская, М. А. Медоков, М. В. Белобелецкая, А. А. Смольков, В. П. Молчанов // Вестник ДВО РАН. 2006. № 5. С. 38.

4. Набойченко С. С. Процессы и аппараты цветной металлургии. Екатеринбург : ГОУ ВПО УГТУ УПИ, 2005. 700 с.

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЗОЛЫ УНОСА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ОТ ПАРОВ АЦЕТОНА

А. А. Кушков, А. А. Тормакова, С. Л. Фукс

Вятский государственный университет,

kushkov_alexey@mail.ru, tormakova@bk.ru, tzb_fuks@vyatsu.ru

Улавливание ацетона из воздуха рабочей зоны осуществлялось путём адсорбции лигнином, являющимся отходом гидролиза древесины и золой уноса теплоэлектростанций. В результате экспериментов были получены зависимости концентрации ацетона от времени процесса, из которых были сделаны выводы по эффективности сорбентов.

Ключевые слова: адсорбция, очистка, ацетон, зола уноса, лигнин.

Ацетон является важным веществом, широко применяемым в различных отраслях промышленности: в производстве лаков, взрывчатых веществ, лекарственных средств, в процессах синтеза. Пары ацетона раздражают дыхательные пути, что приводит к возникновению воспаления слизистых оболочек, отёку лёгких и токсической пневмонии. Пары оказывают слабое наркотическое действие, сопровождаемое, чаще всего, дисфорией. В существенных количествах возникает выраженная интоксикация, хотя, как правило, отравления ацетоном не смертельны. Предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны 200 мг/м^3 [1]. Ацетон является веществом 4 класса опасности [2]. Поэтому важно избегать накопления паров в воздухе рабочей зоны, чего можно достичь применением сорбентов ацетона.

В настоящее время разработаны условия очистки воздуха от жидкого и парообразного ацетона адсорбцией на поверхности углеродных металлосодержащих наноструктур [3] и активированного угля [4]. Однако применение таких материалов для очистки воздуха рабочей зоны маловероятно из-за дороговизны и дефицитности.

В связи с этим целью работы являлось изучение эффективности адсорбции ацетона с использованием производственных отходов золы уноса [5], гидролизного лигнина [6], в том числе карбонизированного при температурах 200 и 400 °С, а также смеси золы уноса с диоксидом марганца. Для сравнения сорбирующей способности отходов проводились исследования поглотительной способности активированного угля.

Загрязненная ацетоном атмосфера создавалась в специальной ёмкости объёмом 20 л. Через верхний вход в неё подавался атмосферный воздух компрессором с объёмным расходом $3,6$ л/мин, который проходил через колонку с сорбентом. Для определения остаточной концентрации ацетона использовали хроматографический метод при помощи газоанализатора «КОЛИОН-1А-01С» [7]. Масса сорбентов составляла: гидролизный и карбонизированный лигнин – 15 г, зола уноса – 45 г, активированный уголь – 35 г.

Результаты исследования состояния воздуха после очистки от ацетона гидролизным лигнином приведены на рисунке 1.

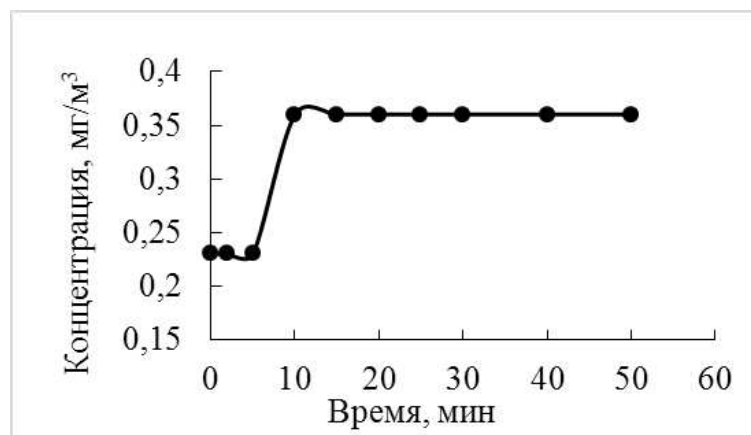


Рис. 1. Зависимость концентрации поглощённого количества ацетона гидролизным лигнином

Из рисунка 1 видно, что в начале опыта концентрация ацетона почти не меняется. После 5 мин происходит скачок в росте концентрации, далее значение остается равным $0,36 \text{ мг/м}^3$. Следовательно, очистка эффективна в течение 1 ч.

Результаты исследования состояния воздуха после очистки от ацетона карбонизированным лигнином приведены на рисунке 2.

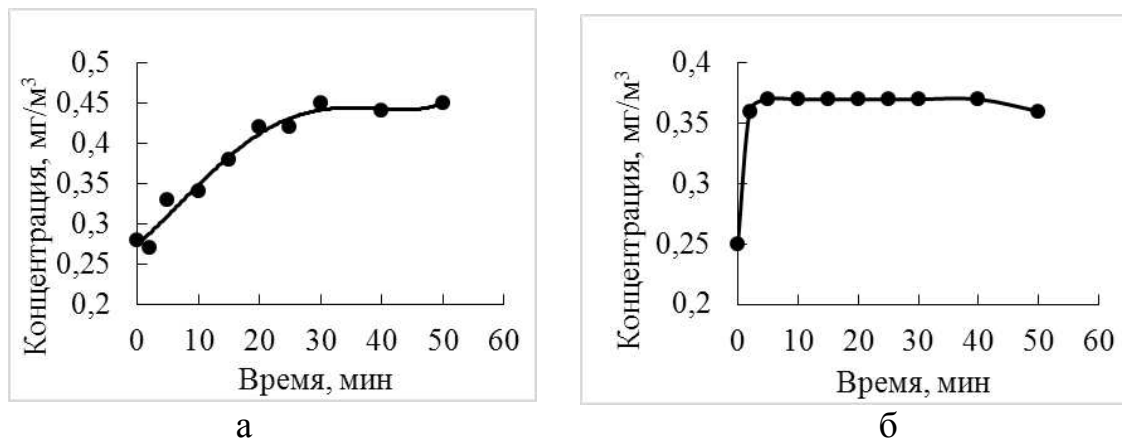


Рис. 2. Зависимость концентрации поглощённого количества ацетона карбонизированным лигнином, а – $t_{\text{обр.}} = 200 \text{ }^\circ\text{C}$, б – $t_{\text{обр.}} = 400 \text{ }^\circ\text{C}$

Из рисунка 2а видно, что в начале опыта концентрация ацетона, поглощённого лигнином, почти не меняется. Через 5 мин происходит увеличение концентрации ацетона в воздухе на выходе из сорбента от $0,28 \text{ мг/м}^3$ до $0,45 \text{ мг/м}^3$. После чего концентрация ацетона в воздухе не меняется.

Из рисунка 2б видно, что концентрация ацетона в воздухе равная $0,45 \text{ мг/м}^3$ через 1 мин и выходит на постоянное значение равное $0,37 \text{ мг/м}^3$.

Таким образом, использование для адсорбции ацетона гидролизного лигнина, полученного при температуре обработки $200 \text{ }^\circ\text{C}$ и $400 \text{ }^\circ\text{C}$ также эффективно при очистке воздуха в течение 1 ч.

Для сравнения очистки воздуха рабочей зоны активированным углем и золой уноса проводилась высокотемпературная обработка золы ($t_{\text{обр.}} = 400 \text{ }^\circ\text{C}$), необходимая для удаления из золы уноса остаточной угольной пыли.

Результаты исследования состояния воздуха после очистки от ацетона активированным углем и золой уноса приведены на рисунке 3.

Из рисунка 3а видно, что концентрация ацетона при обработке активированным углем медленно возрастает со временем без выхода на постоянное значение. Очистка достаточно эффективна.

Из рисунка 3б видно, что концентрация ацетона при обработке золой уноса также медленно возрастает со временем без выхода на постоянное значение. Очистка также эффективна.

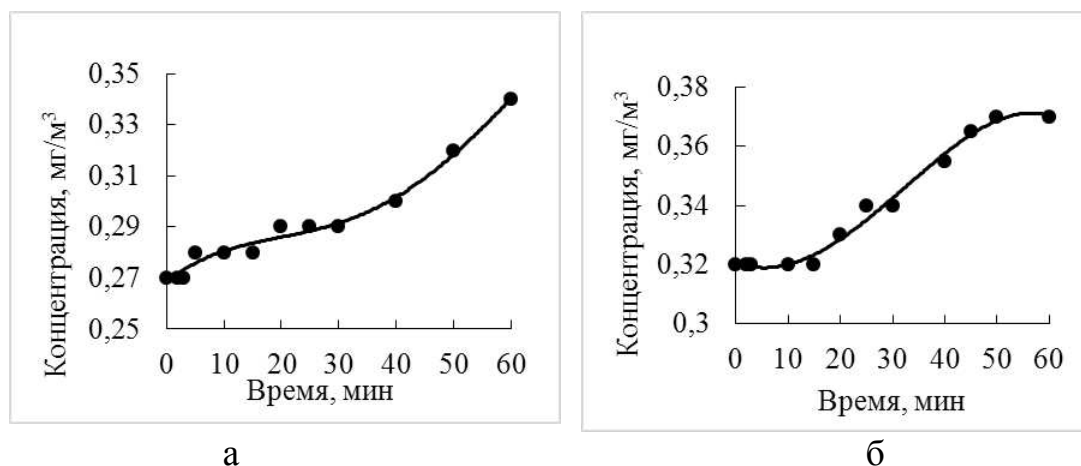


Рис. 3. Зависимость концентрации поглощённого количества ацетона, а – активированным углем, б – золой уноса ($t_{\text{обр.}} = 400\text{ }^{\circ}\text{C}$)

При очистке атмосферного воздуха от ацетона методом адсорбции в течение 1 ч эффективность возрастает в ряду: карбонизированный лигнин ($t_{\text{обр.}} = 400\text{ }^{\circ}\text{C}$), гидролизный лигнин, карбонизированный лигнин ($t_{\text{обр.}} = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$), зола уноса активированный уголь. Об эффективности смеси сорбентов золы уноса с MnO_2 нельзя утверждать из-за недостаточных данных.

Наибольшей эффективностью обладает карбонизированный лигнин ($t_{\text{обр.}} = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$) и зола уноса ($t_{\text{обр.}} = 400\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Библиографический список

1. Ацетон [Электронный ресурс]. – URL: <https://chem.ru/> (дата обращения: 20.10.2022).
2. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. 1.1 Гигиенические нормативы содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений М.: Минздрав России, 2021. 1029 с.
3. Исследование процесса адсорбции ацетона на поверхности углеродных металлсодержащих наноструктур [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/> (дата обращения: 29.06.2023).
4. Мухин В. М., Тарасов А. В., Клушин В. Н. Активные угли России. М. : Metallurgy, 2000. 352 с.
5. Буваков К. В., Купрюнин А. А. Экспериментальные исследования сорбционных свойств золы уноса канско-ачинских и кузнецких углей при денитрификации дымовых газов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2002. Т. 305. № 2. С. 166–171.
6. Браунс Ф. Э., Браунс Д. А. Химия лигнина. М. : Лесная промышленность, 1964. 864 с.
7. Газоанализатор КОЛИОН-1А-01С руководство по эксплуатации Аналитприбор [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gazanalizator.ru/> (дата обращения: 04.11.2022).

ВЛИЯНИЕ ГИДРОМОДУЛЯ НА ВЫХОД БЕТУЛИНА ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ БЕРЕЗОВОЙ КОРЫ

*О. А. Легостаева¹, А. П. Бозова¹, С. В. Девятерикова¹,
К. О. Камалов¹, Д. В. Мохова²*

*¹ Вятский государственный университет,
stud147541@vyatsu.ru, stud180623@vyatsu.ru, usr01730@vyatsu.ru,
usr00705@vyatsu.ru,*

*² Кировский государственный медицинский университет Минздрава России,
Diana.mokhova.78@mail.ru*

В статье представлены результаты исследования зависимости выхода бетулина из березовой коры от применяемого гидро модуля. Экспериментально установлено соотношение кора березы : растворитель, при котором выход бетулина максимален.

Ключевые слова: гидро модуль, березовая кора, бензол, бетулин.

На целлюлозно-бумажных и деревообрабатывающих предприятиях в результате необходимой окорки березовой древесины ежегодно скапливается большое количество коры. Тем не менее, березовая кора представляет собой ценное сырье для получения биологически активных веществ.

Кора состоит из двух компонентов: внешнего слоя (бересты) и внутреннего слоя (луба). Основными ценными химическими компонентами бересты являются тритерпеновый двухатомный спирт бетулин, полиэфир нерегулярного строения суберин, а также полифенолы и лигнин. Луб в своем составе содержит легко- и трудногидролизуемые полисахариды, лигнин, полифенолы, таннины и ряд других соединений. Поэтому переработка коры березы с выделением ценных химических продуктов и получение на их основе товаров с добавленной стоимостью является актуальным [1].

В составе тритерпенов бересты преобладает бетулин.

Тритерпеноиды лупанового ряда обладают антисептическими, антираhitными, ранозаживляющими свойствами, гипохолестеринемической, противогрибковой, противомеланомной, солнцезащитной, противовоспалительной, желчегонной, гепатопротекторной активностью, имеют противоопухолевое, антималярийное, антиартритное, антиоксидантное, антистрессорное, противогриппозное, противоязвенное, гастропротекторное действие. Обнаружена анти-ВИЧ активность бетулиновой кислоты. Бетулин и его производные следует рассматривать как перспективные ингибиторы безоболочного РНК-содержащего вируса, относящегося к возбудителям полиомиелита, риновирусной инфекции, лихорадочных и респираторных заболеваний, герпеса простого рода типа I. Показана активность бетулина и его производных в отношении вируса гриппа типа А, COVID-19. Противовирусная активность производных лупановых тритерпеноидов сочетается с выраженным иммуностимулирующим действием. Описана антибактериальная активность производных бетулина.

Предложены косметические композиции с бетулиновой кислотой, действующие в отношении морщин, целлюлита и сухости кожи. Композиции, содержащие лупеол, обладают омолаживающим действием. Бетулиновая кислота стимулирует синтез коллагена в большей степени, чем аскорбиновая кислота. Сумма тритерпеноидов также благоприятно воздействует на жировую дистрофию печени [2–5].

Бетулин активно ингибирует фермент эластазу, ответственный за потерю упругости эластичными волокнами кожи; стимулирует синтез коллагена и останавливает воспалительные процессы в коже, защищая ее от воздействия протеинкиназы; отбеливает кожу за счет тормозящего действия на меланогенез [3].

Возможна частичная замена натрия лаурилсульфата в шампунях на бетулин для получения «бессульфатных» шампуней, более экологичных по отношению к человеку, т.к. бетулин является гидрофобным соединением, эффективно стабилизирующим эмульсии типа «вода-масло» [4–5].

В работе [6] представлены результаты научного исследования по применению фитобиотика на основе бетулина в бройлерном птицеводстве. Введение в рацион кормовой добавки на основе бетулина способствовало повышению прироста живой массы и выхода грудных мышц на 7,6% по отношению к контрольной группе. Установлено, что потребление цыплятами фитобиотика приводило к снижению отложения подкожного и абдоминального жира, повышало биологическую полноценность мяса, улучшало технологические свойства мяса за счет повышения влагоудерживающей способности мышечного волокна, а также за счет интенсивности формирования и созревания мышечного волокна. Полученные результаты свидетельствуют о том, что применение бетулина в бройлерном производстве является перспективным направлением.

Достижение эффекта антимикробности полимерных материалов в большинстве случаев связано с введением в них антимикробных добавок различной химической природы, например, бетулина [7].

Предложено также использовать бетулин в качестве добавок в сырье пищевой промышленности, например, молочной [8].

Предложен и изучен способ введения низких содержаний бетулина (до 1 масс. %) в углеродный материал. Изучены свойства бетулина, импрегнированного в углеродный сорбент, и процесс его динамической десорбции в условиях, моделирующих биологическую среду желудочно-кишечного тракта [9].

Известные способы выделения бетулина основаны на экстракции бересты различными растворителями, а также на щелочном гидролизе бересты с последующей экстракцией бетулина. Однако бетулин растворяется только в органических растворителях, что обуславливает невысокую степень его извлечения [10].

Бетулин извлекали из березовой коры по следующей методике [11]: 56 г тонко размолотой березовой коры заливали 0,3 л растворителя и нагревали при температуре ниже температуры кипения растворителя в течение 2-х часов. Массу фильтровали на нутч-фильтре, шрот отжимали, а из фильтрата отгоняли

большую часть растворителя. Остаток оставляли для кристаллизации на не менее 16 часов при комнатной температуре. Полутвердую массу переносили на фильтр, тщательно отжимали от растворителя, а осадок промывали водой для удаления остаточного растворителя. Кристаллы бетулина высушивали до постоянного веса.

В настоящей работе представлены результаты извлечения бетулина из березовой коры с учётом изменения гидромодуля (соотношения кора березы : растворитель).

В качестве экстрагента применяли бензол. Результаты представлены на рисунке.

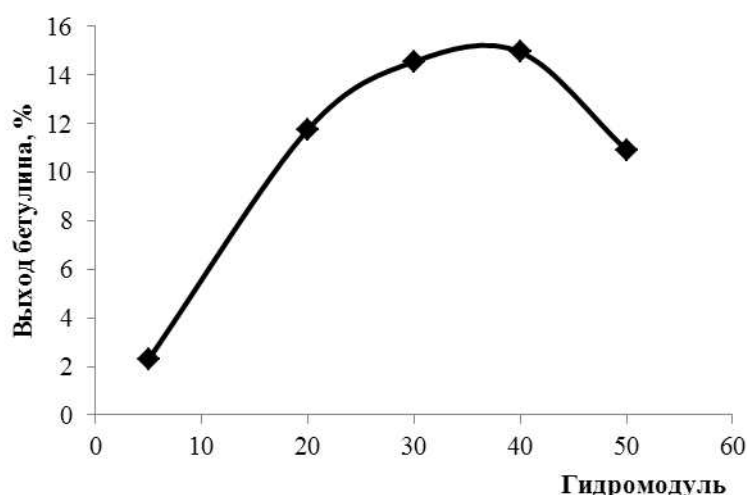


Рис. Зависимость выхода бетулина от гидромодуля при использовании в качестве растворителя бензола

Таким образом, максимальный выход бетулина наблюдается при использовании растворителя с гидромодулем 30–40, что является экономичным и экологичным, так как растворители являются достаточно токсичными (бензол – вещество третьего класса опасности).

Библиографический список

1. Патент 2618892 С1 МПК А61К 36/185 В01D 11/02 А61К 129/00 Способ комплексной переработки коры березы / Б. Н. Кузнецов, И. Г. Судакова, С. А. Кузнецова, Л. И. Гришечко, Г. П. Скворцова, Е. В. Веприкова, В. А. Левданский. Заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр» Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук (ФИЦ КНЦ СО РАН) – 2016120506, заявл. 25.05.2016, опубл. 11.05.2017 Бюл. № 14. 3 с.
2. Бетулин и его производные. Химия и биологическая активность / Г. А. Толстикова, О. Б. Флехтер, Э. Э. Шульц, Л. А. Балтина // Химия в интересах устойчивого развития. 2005. № 13. С. 1–30.
3. Белякова А. Ю., Погребняк А. В., Погребняк Л. В. Физико-химические и биологические свойства компонентов внешней коры березы // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2–2. С. 26–27.
4. Потребняк Л. В., Потребняк А. В. Перспективы использования внешней коры деревьев и кустарников семейства березовые (Betulaceae) в качестве источника биологически ак-

тивных и вспомогательных веществ // Известия Самарского научного центра РАН. 2015. № 5. С. 174–178.

5. Совершенствование методов выделения, изучение состава и свойств экстрактов березовой коры / Б. Н. Кузнецов, С. А. Кузнецова, В. А. Левданский, И. Г. Судакова, О. Ф. Веселова // Химия в интересах устойчивого развития. 2005. № 13. С. 391–400.

6. Перспективы применения бетулина в бройлерном производстве / М. В. Новикова, И. А. Лебедева, Л. И. Дроздова, А. В. Бюлер // Ветеринария сегодня. 2020. № 4. С. 277–282.

7. Шмакова Н. С. Влияние ультразвука на получение полиэтиленовых пленок с антимикробными свойствами : автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.17.06. М., 2021.

8. ООО «Биолит». Разработка высокоэффективной технологии получения иммуномоделирующей, интерферогенной, вирулицидной субстанции (бетулин) для защиты от современных вирусных инфекций [Электронный ресурс]. – URL: <http://innovation-tech.ru/biolit> (дата обращения: 18.10.2023).

9. Состояние и свойства углеродного сорбента, модифицированного биологически активным веществом / В. А. Дроздов, Л. Г. Пьянова, А. В. Лавренов, В. А. Лихолобов, Е. Н. Кудря, Л. С. Лузянина // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2019. Т. 55. № 6. С. 573–581.

10. Совершенствование методов выделения, изучения состава и свойств экстрактов березовой коры / Б. Н. Кузнецов, С. А. Кузнецова, В. А. Левданский, И. Г. Судакова, О. Ф. Веселова // Химия в интересах устойчивого развития. 2005. № 1. С. 391–393.

11. Коньк О. А. Технологии переработки твердых отходов : учеб.-метод. комплекс по дисциплине для студ. напр. бакалавриата 280200 «Защита окружающей среды» и спец. 280201 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» всех форм обучения : самост. учеб. электрон. изд. Сыктывкар : СЛИ, 2012.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ЭМИССИЮ МЕТАНА ИЗ ЖИДКОЙ ФРАКЦИИ СВИНЫХ НАВОЗНЫХ СТОКОВ

*Н. В. Сырчина¹, Л. В. Пилип², В. В. Рутман¹, Т. Я. Ашихмина^{1,3},
Д. А. Кузнецов¹, М. Л. Сазанова^{1,3}*

¹ Вятский государственный университет,

² Вятский государственный агротехнологический университет,

³ ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,

nvms1956@mail.ru, pilip_larisa@mail.ru, rutman.slavik@yandex.ru,

usr08619@vyatsu.ru, dimzaaa@gmail.com, usr11839@vyatsu.ru

Внесение поверхностно-активных веществ (ПАВ) в жидкую фракцию свиных навозных стоков (НС) приводит к повышению интенсивности выделения метана. Различные типы ПАВ оказывают разное влияние на эмиссию CH_4 . Согласно результатам эксперимента, к наиболее значительному увеличению концентрации CH_4 в выделяемых из НС газов приводит добавка бензалкония хлорида (катионное ПАВ).

Ключевые слова: навозные стоки, метан, поверхностно-активные вещества, бензалкония хлорид, катионные ПАВ, метаногенные археи.

Свиной навоз и навозные стоки (НС) относятся к побочным продуктам животноводства (ППЖ), рациональная утилизация которых представляет серьезную экологическую и технологическую проблему [1, 2]. В настоящее время основным направлением использования НС является внесение их в почву в качестве органических удобрений. Поскольку транспортирование соответствующих удобрений на значительные расстояния нерентабельно, обезвреженные НС вносят в пашню, расположенную вблизи свиноводческих предприятий [3]. Внесение значительных норм навоза на ограниченных площадях приводит к накоплению в почве тяжелых металлов [4–6], чрезмерному повышению подвижности фосфора и калия [7], трансформации естественных микробиологических сообществ [8]. Снижению экологической нагрузки на окружающую среду могут способствовать альтернативные способы переработки ППЖ, в том числе использование фильтрационно-сушильных установок (BRU) [9] или сбраживание НС в биогазовых установках (БГУ) с целью получения метана [10, 11]. Важнейшим критерием оценки эффективности работы БГУ является выход биогаза с высоким содержанием метана [12, 13].

Цель настоящей работы состояла в оценке влияния различных типов поверхностно-активных веществ (ПАВ) на эмиссию метана из жидкой фракции свиных навозных стоков.

Исследования проводили на примере жидкой фракции свиных навозных стоков (ЖНС), получаемой методом сепарирования содержимого навозонакопительных ванн, расположенных в подпольном пространстве свинарников. Время нахождения НС в ваннах – 10 суток. Влажность ЖНС – $98 \pm 1\%$; pH – $6,8 \pm 0,1$. В качестве ПАВ использовали растворы бензалкония хлорида (катионное ПАВ, КПАВ); лауретсульфата натрия (анионное ПАВ, АПАВ); оксида лаурилдиметиламина (неионогенное ПАВ, НПАВ). Для перечисленных ПАВ характерны солюбилизующие, эмульгирующие и стабилизирующие свойства, а также способность оказывать влияние на жизнедеятельность различных групп микроорганизмов (МО), благодаря чему они находят широкое применение в качестве моющих средств или компонентов ветеринарных, косметических, медицинских, смазочных и др. средств и составов.

Навозные стоки помещали в пятилитровые емкости, вносили добавки ПАВ (согласно вариантам эксперимента) перемешивали, закрывали крышками (не герметично) и оставляли в помещении при температуре 19 ± 2 °C в условиях слабого освещения. Объем НС в каждой емкости составлял 4 дм^3 . ПАВ вносили в ЖНС в форме 1% водных растворов в расчете 1 см^3 раствора ПАВ на 1 дм^3 ЖНС.

Исследования проводили в июне 2023 г. Общее время наблюдений – 13 суток. Для измерения содержания CH_4 в выделяемых из ЖНС газах использовали газоанализатор ГАНК-4.

Варианты эксперимента: 1) ЖНС без добавок (контроль); 2) ЖНС + НПАВ; 3) ЖНС+КПАВ; 4) ЖНС + АПАВ. Все добавки были внесены в ЖНС 7.06.2023 г. Исследования проводили в трех повторах. Статистическую обработку полученных результатов выполняли стандартными методами с использованием встроенного пакета программ Microsoft Excel. Статистическую значи-

мость различий средних величин оценивали по t-критерию Стьюдента. Полученные результаты приведены в таблице.

Таблица

Динамика содержания метана в газах, выделяемых из жидкой фракции навозных стоков*

Вариант	Содержание CH ₄ , мг/м ³					
	8.06.23**	9.06.23	12.06.23	14.06.23	16.06.23	19.06.23
1	13798±1334	5416±601	1777±698	1247±145	2735±260	2678±249
2	21373±2180	13714±1190	8956±987	8254±796	17092±1870	16015±1590
3	33641±2190	7577±670	5215±432	8844±920	20828±2300	37672±4390
4	20378±1870	5023±496	7165±809	11659±1050	17234±1206	12018±1340

Примечание: * полужирным шрифтом выделены статистически значимые различия между контролем (вариант № 1) и экспериментом (варианты № 2–4) (P > 0,95); **– даты измерения концентрации CH₄.

Согласно результатам эксперимента, добавки всех типов ПАВ привели к статистически значимому увеличению эмиссии CH₄ по сравнению с контролем. В течение первых 4–5 дней после внесения ПАВ содержание CH₄ в выделяемых газах во всех вариантах эксперимента снижалось, а затем начинало нарастать. Наиболее значительное увеличение концентрации CH₄ к концу эксперимента выявлено в варианте с добавкой КПАВ. Известно, что для КПАВ характерны выраженные бактерицидные свойства. Считается, что амфифильный катион КПАВ активно адсорбируется на отрицательно заряженных клеточных мембранах МО, вызывая их повреждение. В отличие от большинства МО, клеточные мембраны метаногенных архей характеризуются меньшей проницаемостью по отношению к компонентам внешней среды. С одной стороны низкая проницаемость клеточных мембран способствует защите клеток от химического повреждения, но с другой – ограничивает поступление питательных веществ внутрь клеток. Можно предположить, что адсорбция КПАВ не приводит к разрушению клеток метаногенных архей, а способствует повышению их проницаемости и активизации метаболизма [14]. Кроме того, КПАВ могут подавлять жизнедеятельность конкурирующей микробиоты и метанотрофных МО, использующих метан в качестве источника углерода и энергии. В результате содержание CH₄ в выделяемых газах повышается. К аналогичному, но менее выраженному эффекту привели и добавки других ПАВ.

Результаты исследований показали, что даже низкие дозы ПАВ могут оказать существенное влияние на эмиссию метана из навозных стоков. К наиболее существенному повышению выделения CH₄ привела добавка бензалкония хлорида. Результаты исследования могут быть использованы для повышения эффективности работы биогазовых установок.

Библиографический список

1. Оптимизация состава удобрений на основе молотых фосфоритов / Н. В. Сырчина, Т. Я. Ашихмина, Н. Н. Богатырёва, Г. Я. Кантор // Бутлеровские сообщения. 2019. Т. 60. № 12. С. 133–139.
2. Сырчина Н. В., Шубин А. С., Береснева Т. П. Дезодорация свиного навоза, предназначенного для производства удобрений // Биодиагностика состояния природных и природ-

- но-техногенных систем : материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием : в 2 кн. Кн. 1. Киров : ООО Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2016. С. 394–397.
3. Пилип Л. В., Ашихмина Т. Я. Отходы свиноводческих комплексов – проблемы, пути решения // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием : в 2 кн. Кн. 2. Киров : Вятский государственный университет, 2017. С. 180–183.
4. Пилип Л. В., Сырчина Н. В., Ашихмина Т. Я. Промышленные свинокомплексы как источники загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2021. № 5 (51). С. 88–91.
5. Пилип Л. В., Сырчина Н. В., Кузнецов Д. А. Животноводческие комплексы как источники загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами (Cu, Zn) // Принципы экологии. 2023. № 1 (47). С. 82–89.
6. Маркина Е. О., Григорьев В. В., Сырчина Н. В. Влияние различных добавок на подвижность тяжелых металлов в почвах // Экология родного края: проблемы и пути решения : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием : в 2 кн. Кн. 2. Киров : ООО Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2016. С. 87–90.
7. Сырчина Н. В., Пилип Л. В., Ашихмина Т. Я. Химическая деградация земель под воздействием отходов животноводства // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 3. С. 219–225. doi: 10.25750/1995-4301-2022-3-219-225
8. Биологическое загрязнение пахотных земель отходами свиноводства / Л. В. Пилип, Н. В. Сырчина, В. А. Козвонин, Е. П. Колеватых, Т. Я. Ашихмина, А. В. Сазанов // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 3. С. 199–205. doi: 10.25750/1995-4301-2022-3-199-205
9. Хвосты обогащения фосфоритов Вятско-камского месторождения как вторичные материальные ресурсы для производства натуральных удобрений / Н. В. Сырчина, Н. Н. Богатырёва, Т. Я. Ашихмина, Г. Я. Кантор // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 2. С. 107–114. doi: 10.25750/1995-4301-2021-2-107-114
10. Производство биоорганических удобрений как направление реализации безотходных технологий в свиноводстве / А. В. Сазанов, Ю. Н. Терентьев, Н. В. Сырчина, Т. Я. Ашихмина, В. А. Козвонин // Теоретическая и прикладная экология. 2017. № 3. С. 85–90. doi: 10.25750/1995-4301-2017-3-085-090
11. Курманов А. К. Совершенствование технологии производства биогаза // Техника и технологии в животноводстве. 2014. № 3 (15). С. 170–177.
12. Пилип Л. В., Сырчина Н. В., Колеватых Е. П. Оценка безопасности восстановленной подстилки, полученной на фильтрационно-сушильной установке // Российский журнал прикладной экологии. 2023. № 1 (33). С. 45–51.
13. Оболенский Н. В., Мартынянчев А. В., Вандышева М. С. Биогаз и удобрения из отходов // Экономика и предпринимательство. 2015. № 3–2. С. 816–818.
14. Влияние различных типов поверхностно-активных веществ на эмиссию газов и микробиоту жидкой фракции навозных стоков / Л. В. Пилип, Н. В. Сырчина, Е. П. Колеватых, В. В. Рутман // Теоретическая и прикладная экология. 2023. № 3. С. 59–72. doi: 10.25750/1995-4301-2023-3-059-072

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВТОРИЧНОГО ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА

К. О. Ардашова, С. Л. Фукс, С. В. Девятерикова, К. О. Камалов

*Вятский государственный университет,
stud126880@vyatsu.ru, tzb_fuks@vyatsu.ru, usr01730@vyatsu.ru,
usr00705@vyatsu.ru*

В статье представлен метод получения композитного материала с добавлением вторичного поливинилхлорида.

Ключевые слова: поливинилхлорид, зажимы для хлеба, вторичное использование, композиционные материалы.

Хлеб в России – традиционный продукт. По данным ID-Marketing, производство хлеба в России на 2021 г. составило 6,09 млн т. Это около 8 млрд буханок в год. Если допустить, что половину от общего числа хлебных изделий упаковывают при помощи зажимов, то ежегодно выбрасывается более 12 тыс. т пластико-металлических зажимов.

Целью работы явилось изучение методов использования зажимов для хлеба с целью получения вторичных продуктов.

Зажим для хлеба состоит из двух металлических проволок и поливинилхлорида (ПВХ) (рис. 1).

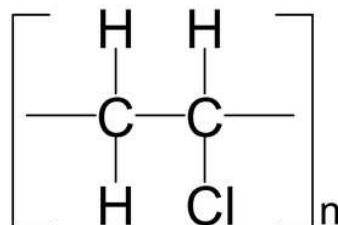


Рис. 1. Формула поливинилхлорида

Часто на полимер наносят краску для указания даты.

Проволоку утилизировать легче, так как металлические отходы легко переплавить, они безопасны при переработке, и на них есть спрос.

ПВХ – аморфный полимер, стойкий к химическим реагентам. При температуре выше 150–170 °С он разлагается с выделением хлороводорода, опасного для жизни. Это термопластичный полимер, получаемый полимеризацией винилхлорида. В зависимости от способа получения, рецептуры и технологии переработки дает большой ассортимент материалов и изделий: жестких и мягких, прозрачных и непрозрачных, окрашенных в любой цвет, эксплуатирующихся в интервале температур от –50 до 80 °С.

Дополнительная проблема в переработке зажимов заключается в разделении проволоки и полимера [1].

Включение пластика в композиты – удобный и широко распространенный метод вторичного использования отходов. Композиционные материалы

(композиты) – многокомпонентные материалы, состоящие из пластичной основы (матрицы), армированной наполнителями. Сочетание разнородных веществ приводит к созданию нового материала, свойства которого количественно и качественно отличаются от свойств каждого из его составляющих. Варьируя состав матрицы и наполнителя, их соотношение, ориентацию наполнителя, получают широкий спектр материалов с требуемым набором свойств [2].

В работе важной задачей являлось разделение металлической проволоки и пластика. В эксперименте опробовали два способа разделения: путем растворения пластика и механически. ПВХ растворяется в тетрагидрофуране, циклогексаноне, дихлорэтилене, трихлорэтилене. Для работы использовали трихлорэтилен. После растворения пластика проволока осталась на дне емкости. Таким образом, способ хорошо себя показал в разделении компонентов зажима, проволока получилась чистой, без остатков пластика. Тем не менее, для получения композита метод с растворением не подходит, так как ПВХ находится в растворенном состоянии, поэтому для разделения использовали механический метод.

Механически отделенный от металла ПВХ применили для использования в составе композитного материала. В качестве матрицы использовали термопластичный материал – полиэтилен высокого давления. Выбор его обусловлен экономичностью и доступностью. Состав композитного полимера приведен в таблице.

Таблица

Состав композитного полимера

Вещество	Масса (г)
Парафин	50
Стеарат кальция	2
Полиэтилен высокого давления	100
Поливинилхлорид	3

Парафин имеет более низкую температуру плавления, поэтому его используют в качестве жидкой основы для плавления полиэтилена, предварительно смешанного со стеаратом кальция. В последнюю очередь в расплавленную систему ввели вторичный ПВХ и продолжали нагрев до его полного растворения. Далее расплавленный композит залили в форму. После охлаждения композит извлекли из формы (рис. 2).



Рис. 2. Образец композита

Полученный композит испытали на ударную прочность, закрепив под трубой, через которую опускали груз весом 0,5 кг, сила составила 4,9 Н. Удар повторили 10 раз, после чего провели исследование под микроскопом, чтобы оценить тяжесть повреждений образца. Пример скола представлен на рисунке 3.

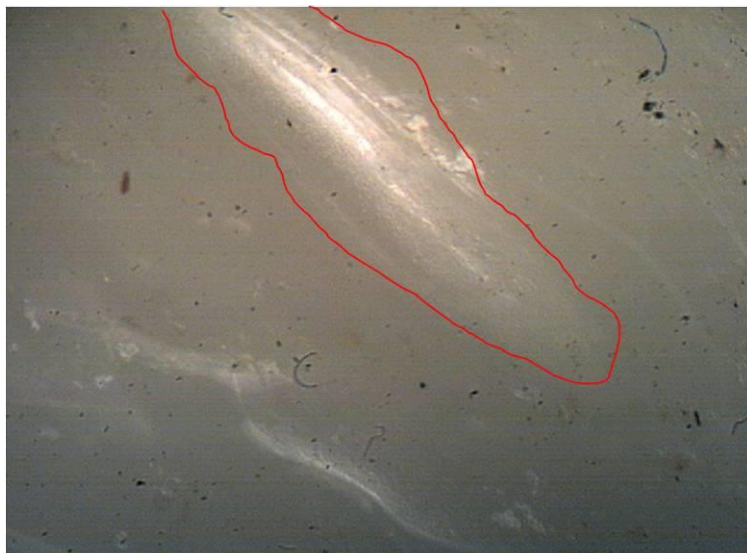


Рис. 3. Скол на композите

Размеры сколов и трещин не превысили 1×3 мм. Образец не раскололся, из чего можно сделать вывод, что композит подходит для дальнейшего использования, например, для изготовления уплотнительных изделий, и выдержит средние нагрузки.

Библиографический список

1. Власов С. В., Калинин Э. С., Кандырин Л. Б. Основы технологии переработки пластмасс. М. : Изд-во «Химия», 1995. 528 с.
2. Бондалетова Л. И., Бондалетов В. Г. Полимерные композиционные материалы. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2013. 118 с.

АМОРФНЫЙ ДИОКСИД КРЕМНИЯ ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ И ЕГО СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА

Г. Ф. Крысенко, С. Б. Ярусова, А. Е. Панасенко, П. С. Гордиенко
Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии наук,
yarusova_10@mail.ru

В статье приведены данные по получению аморфного диоксида кремния («белой сажи») при обработке отходов производства борной кислоты (борогипса) гидрофторидом аммония NH_4HF_2 . Изучена адсорбционная способность кремнезема по отношению к метиленовому синему (МС).

Ключевые слова: аморфный диоксид кремния, белая сажа, отходы борного производства, борогипс, адсорбционная способность, метиленовый синий.

Промышленные отходы представляют собой ценное сырье для получения функциональных веществ и материалов, их использование является приоритетным и выгодным направлением, а наличие эффективных отечественных технологических способов переработки ориентирует государство на ускоренное решение проблемы вовлечения в промышленное использование российского технологического сырья [1]. Интерес представляют многотоннажные отходы производства борной кислоты (борогипс), накопленные на территории Дальневосточного региона РФ в значительных объемах. Отходы образуются в результате разложения датолитового концентрата серной кислотой и представляют собой твердый остаток, который содержит различные фазы сульфата кальция и аморфный кремнезем [2].

В работе [3] была показана возможность получения аморфного диоксида кремния («белой сажи») при обработке отходов производства борной кислоты (борогипса) гидрофторидом аммония NH_4HF_2 марки «х.ч.» при температуре $180\text{ }^\circ\text{C}$ в течение 3 ч с последующим водным выщелачиванием полученного профторированного продукта. Аморфный диоксид кремния с содержанием SiO_2 97,1 масс.% и удельной поверхностью $199,0\text{ м}^2/\text{г}$ получали при аммиачном гидролизе фильтрата после выщелачивания. С целью очистки аморфного диоксида кремния от примеси железа использовали метод возгонки: после окончания процесса фторирования борогипса гидрофторидом аммония при температуре $180\text{ }^\circ\text{C}$ температуру поднимали до $350\text{ }^\circ\text{C}$ и при этой температуре продолжали выдерживать реакционную смесь в течение 2 ч. Собранный возгон, представляющий собой $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$, растворяли в дистиллированной воде и раствором аммиака осаждали аморфный диоксид кремния. Получали продукт с содержанием SiO_2 99,4 масс.% и удельной поверхностью $98,6\text{ м}^2/\text{г}$.

Для поиска возможных областей применения кремнезема, полученного из борогипса, авторами проведены исследования, касающиеся возможности его использования в качестве адсорбента катионного органического красителя – метиленового синего (МС).

С одной стороны, вышеуказанный краситель классифицируется как загрязнитель воды, оказывающий умеренное воздействие на здоровье человека. Поэтому очистка сточных вод и промышленных стоков, загрязненных этим поллютантом, необходима для снижения его концентрации в окружающей среде [4, 5].

С другой стороны, известно большое число работ, касающихся использования кремнезема различного происхождения в качестве адсорбента МС. В зависимости от исходного сырья, состава, структуры, способов получения и модификации SiO_2 и композиционных материалов на его основе, величина сорбционной емкости по МС варьирует в широких пределах – от десятых единиц мг/г до $600\text{--}700\text{ мг/г}$ [6–10].

Также немаловажным фактором является необходимость решения проблемы утилизации промышленных отходов с получением полезной продукции. Ранее [11] авторами было проведено исследование сорбционных свойств силикатов кальция из отходов борного производства, по отношению к МС. Установ-

лено, что сорбция МС на исследуемых образцах происходит по монослойному механизму, а значения сорбционной емкости по МС составляют $\sim 24,0$ мг/г.

Для изучения адсорбционных свойств аморфного диоксида кремния были использованы реактивы – метиленовый голубой $C_{16}H_{18}N_3SCl$ («ч.д.а.»). Исследование сорбции МС из водных растворов проводили в статических условиях при температуре $25\text{ }^\circ\text{C}$. К навескам образца прибавляли раствор красителя (соотношение сорбент : раствор 1 : 1000) концентрации 50–500 мг/л и перемешивали в течение 40 мин. После перемешивания суспензию центрифугировали, оптическую плотность раствора измеряли на спектрофотометре ЗОМЗ КФК-3-01 (Россия) при длине волны 657 нм.

Изотерма сорбции МС приведена на рисунке.

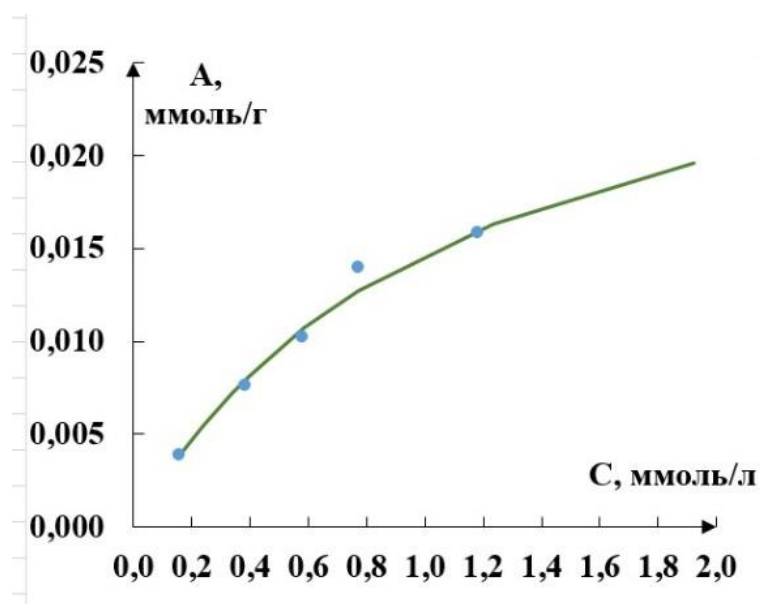


Рис. Изотерма сорбции МС аморфным диоксидом кремния из борогипса

При анализе изотермы сорбции МС по уравнению Ленгмюра получены следующие параметры: $A_{\max} = 0,031$ ммоль \cdot г $^{-1}$ (9,82 мг/г); $k = 0,916$ л \cdot ммоль $^{-1}$; $R^2 = 0,9964$. Высокое значение коэффициента детерминации говорит о протекании сорбции МС на исследованном материале по монослойному механизму и о равномерном распределении поверхностных центров сорбции по энергии.

Работа выполнена в рамках гос. задания Института химии ДВО РАН № FWFN(0205)-2022-0002.

Библиографический список

1. Приоритетные направления развития поисковых и прикладных научных исследований в области использования в промышленных масштабах отходов добычи и переработки полезных ископаемых / В. А. Чантурия, А. П. Козлов, И. В. Шадрунова, Е. Г. Ожогина // Горная промышленность. 2014. № 1 (113). С. 54–57.
2. Ярусова С. Б., Гордиенко П. С. Комплексная переработка гипсовых промышленных отходов с получением функциональных материалов // Современные проблемы комплексной и глубокой переработки минерального сырья природного и техногенного происхождения (Плаксинские чтения – 2022) : материалы междунар. конф. Владивосток : Изд-во Дальневосточного федерального университета, 2022. С.412–415. doi: 10.24866/7444-5340-4

3. Получение «белой сажи» из отходов борного производства / П. С. Гордиенко, Г. Ф. Крысенко, С. Б. Ярусова, М. А. Медков, И. Ю. Буравлев, В. Г. Курявый, Д. Х. Шлык, А. А. Буравлева // *Фундаментальные исследования и прикладные разработки процессов переработки и утилизации техногенных образований : труды V Конгресса с междунар. участием и Конференции молодых ученых «ТЕХНОГЕН-2021»*. Екатеринбург : УрО РАН, 2021. С. 183–186. doi: 10.34923/technogen-ural.2021.20.31.001
4. Adsorption of methylene blue on silica nanoparticles: Modelling analysis of the adsorption mechanism via a double layer model / Z. Li, L. Sellaoui, S. Gueddida, G. L. Dotto, A. B. Lamine, A. Bonilla-Petriciolet, M. Badawi // *Journal of Molecular Liquids*. 2020. Vol. 319. Article No. 114348. doi: 10.1016/j.molliq.2020.114348
5. Microwave synthesis of silica nanoparticles and its application for methylene blue adsorption / E. C. Peresa, J. C. Slaviero, A. M. Cunha, A. Hosseini-Bandegharai, G. L. Dotto // *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2018. Vol. 6. P. 649–659. doi: 10.1016/j.jece.2017.12.062
6. Adsorption of methylene blue by acid and heat treated diatomaceous silica / Z. Al-Qodah, W. K. Lafi, Z. Al-Anber, M. Al-Shannag, A. Harahsheh // *Desalination*. 2007. Vol. 217. P. 212–224. doi:10.1016/j.desal.2007.03.003
7. Zhao M., Tang Z., Liu P. Removal of methylene blue from aqueous solution with silica nano-sheets derived from vermiculite // *Journal of Hazardous Materials*. 2008. Vol. 158. P. 43–51. doi: 10.1016/j.jhazmat.2008.01.031
8. Magnetised nanocomposite mesoporous silica and its application for effective removal of methylene blue from aqueous solution / S. Kittappa, S. Pichiah, J. R. Kim, Y. Yoon, S. A. Snyder, M. Jang // *Separation and Purification Technology*. 2015. Vol. 153. P. 67–75. doi: 10.1016/j.seppur.2015.08.019
9. Mesoporous/microporous silica materials: Preparation from natural sands and highly efficient fixed-bed adsorption of methylene blue in wastewater / L. Sheng, Y. Zhang, F. Tang, S. Liu // *Microporous and Mesoporous Materials*. 2018. Vol. 257. P. 9–18. doi: 10.1016/j.micromeso.2017.08.023
10. Synthesis of mesoporous silica nanoparticles derived from rice husk and surface-controlled amine functionalization for efficient adsorption of methylene blue from aqueous solution / L. Usgodaarachchi, C. Thambiliyagodage, R. Wijesekera, M. G. Bakker // *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*. 2021. Vol. 4. Article No. 100116. doi: 10.1016/j.crgsc.2021.100116
11. Синтез сорбента на основе техногенных отходов и возможности его использования для очистки водных сред от различных поллютантов / С. Б. Ярусова, А. Е. Панасенко, У. В. Харченко, С. Н. Сомова, П. С. Гордиенко, Л. А. Земнухова // *Инновационные технологии защиты окружающей среды в современном мире : материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием молодых ученых и специалистов*. Казань : Изд-во КНИТУ, 2021. С. 542–545.

БИОЦИДНАЯ АКТИВНОСТЬ ЦИНКОВОГО КОМПЛЕКСА НИТРИЛО-ТРИС-МЕТИЛЕНФОСФОНОВОЙ КИСЛОТЫ (ИНГИБИТОР «ЭФИКС») НА ПРИМЕРЕ БИООБРАСТАНИЙ В СИСТЕМЕ ОХЛАЖДЕНИЯ ТЭЦ

*Н. Н. Пастухова¹, Н. М. Погудина¹, В. А. Яковлев¹,
И. А. Жилин^{1,2}, З. З. Тимербаева¹, Р. В. Мустакимов¹,
И. С. Казанцева², Ф. Ф. Чаусов², М. А. Шумилова²*

¹ АО «Ижевский электромеханический завод «Купол»», *nadi007@bk.ru*,
² Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН,
chaus@udman.ru

В работе проведена оценка биоцидной способности образцов металлохелатного ингибитора коррозии и солеотложений «ЭФИКС» состава $[ZnN(CH_2PO_3)_3]Na_4 \cdot 13H_2O$ на сине-зелёных водорослях, вызывающих биообрастания систем охлаждения ТЭЦ.

Ключевые слова: металлохелатный ингибитор коррозии и солеотложений, биоцид, сине-зелёные водоросли, системы охлаждения ТЭЦ.

Проблема разрастания микроорганизмов на системах охлаждения актуальна для многих предприятий. Она приводит к забиванию, выходу из строя дорогостоящего оборудования. Проблема разрастания дополняется сложностью борьбы с микроорганизмами. Медные поверхности систем охлаждения не допускают использования агрессивных реагентов на основе хлора, а использование бактерицидов ограничено требованиями к воде по солесодержанию. Кроме того, чаще всего забор воды производится из природных водоемов – рек, озер, где большое количество микроорганизмов и биозаражений.

Использованы пробы воды из реки и действующей системы охлаждения (СО) ТЭЦ с водопотреблением свыше 200 м³/час, в которой ярко выражена проблема зарастания водорослями конденсаторов и градирен. В настоящее время используется импортный ингибитор коррозии, бактерицид. При обследовании внутренних поверхностей медных теплообменников выявлено множество очагов коррозии. Результаты анализа проб воды представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты химического анализа воды

Анализируемый компонент	Исходная вода из реки	Вода из СО
рН	8,1	8,6
Мутность	0,48	0,37
Цветность	33,9	47,5
Жесткость, ммоль-экв/дм ³	14	26
Нитраты, мг/ дм ³	3,68	15,8
Щелочность общ, ммоль-экв/ дм ³	6	8,7
Цинк, мг/ дм ³	5,82	6,42
Фосфаты, мг/ дм ³	0,236	0,678

Вода в СО имеет повышенную цветность; учитывая отсутствие значимого количества соединений меди и железа и, с учётом результатов микроскопического исследования, был сделан вывод, что окраску воде придают присутствующие микроорганизмы – цианобактерии (сине-зеленые водоросли) (рис. 1).



Рис. 1. Фотография микроорганизмов в пробе воды из СО

В пробе воды из СО видны крупные, связанные в группы органические включения. Это показывает, что в СО присутствуют благоприятные условия для жизни и размножения микроорганизмов.

В качестве замены импортного ингибитора рассмотрен металлохелатный ингибитор коррозии и солейотложений «ЭФИКС» состава $[ZnN(CH_2PO_3)_3]Na_4 \cdot 13H_2O$ [1]. Для оценки коррозионных свойств, подготовлены образцы медных трубок марки ДКРМ М1Р, применяемых в теплообменном и охладительном оборудовании. Трубки помещали в среды состава:

- исходная вода с добавлением реагента – ингибитора «ЭФИКС» указанного выше состава в концентрациях 1, 5, 10, 20, 50, 100 мг/дм³;
- контрольный образец для сравнения (не содержащий «ЭФИКС»),
- вода из действующей СО с добавкой импортного ингибитора 10 мг/л.

Испытания проводили в течение 10 дней при перемешивании и периодическом нагреве до 50–60 °С, согласно РД 153-34.1-17.465-00. Результаты испытаний представлены в таблице 2.

Таблица 2

Скорость коррозии медных трубок

Образец	Наименование образца воды	Скорость коррозии, мм/год
1	Исходная вода	0,0029
2	Исходная вода с ЭФИКС, 1 мг/дм ³	0,0001
3	Исходная вода с ЭФИКС, 5 мг/дм ³	0,0001
4	Исходная вода с ЭФИКС, 10 мг/дм ³	0,0006
5	Исходная вода с ЭФИКС, 20 мг/дм ³	0,0010
6	Исходная вода с ЭФИКС, 50 мг/дм ³	0,0010
7	Исходная вода с ЭФИКС, 100 мг/дм ³	0,0019
8	Вода из системы с импортным ингибитором	0,0029

Оказалось, что в пробе с импортным ингибитором скорость коррозии меди составила 0,0029 мм/год, так же как и в исходной пробе, что свидетельствует о неэффективности импортного ингибитора. Оптимальные значения по скоро-

сти коррозии, равные 0,0001 мм/год, показали пробы с ингибитором «ЭФИКС» в дозировках 1–5 мг/дм³.

С целью оценки биоцидных свойств отобраны пробы воды, зараженной цианобактериями. Проведена обработка ингибитором «ЭФИКС» в концентрациях 1, 5, 10, 20, 50 мг/дм³ и контрольный образец без добавки ингибитора. Оценка развития микроорганизмов проведена через 7 дней. Результаты представлены на рисунках 2–7.



Рис. 2. Контрольный образец



Рис. 3. «ЭФИКС» 1 мг/дм³



Рис. 4. «ЭФИКС» 5 мг/дм³



Рис. 5. «ЭФИКС» 5 мг/дм³



Рис. 6. «ЭФИКС», 10 мг/дм³
(5 клеток в поле)



Рис. 7. «ЭФИКС» 20 мг/дм³
(8 клеток в поле)

Микроскопическое исследование образца с дозировкой 5 мг/дм³ показало в поле зрения всего 2 живые клетки (рис. 4) и клетку с разрушенной оболочкой (рис. 5), что свидетельствует о бактерицидном действии. Увеличение дозировки свыше 5 мг/дм³ приводит к снижению эффективности – клеток становится все больше. Бактерицидные свойства наблюдаются в диапазоне концентраций 1–10 мг/дм³. Передозировка ингибиторов, имеющих в составе фосфонаты, азот,

сульфатные группы может стать причиной увеличения количества питательной среды для роста и размножения микроорганизмов.

Оптимальная дозировка ингибитора «ЭФИКС», необходимая для бактерицидных и антикоррозионных свойств, составляет 5 мг/дм³, поэтому оценка накипиобразования была проведена при данной концентрации. Образцы с исходной водой питающего водоема и водой с введенным в нее ингибитором нагревали до 50–60 °С с визуальной оценкой выпадения кристаллов накипи. В исходной пробе при упаривании 15% объема начинает выпадать осадок солей. В пробе с ингибитором осадок начинает появляться при упаривании на 50%.

Введение ингибитора коррозии в рабочей дозировке 5 мг/дм³ не меняет технологические характеристики воды (табл. 3).

Таблица 3

Технологические характеристики воды

Показатель	Исходная вода	Исходная вода с добавкой «ЭФИКС» 5 мг/дм ³
рН	8,1	8,47
УЭП, мкСм/см	1895	1820
Ж _{Са} , ммоль-экв/дм ³	6,375	6,375
Ж _{общ} , ммоль-экв/дм ³	17,5	15
Щелочность общ, ммоль-экв/дм ³	6,25	6,25
Сухой остаток, мг/дм ³	1465	1475
Хлориды, мг/дм ³	440	430
Сульфаты, мг/дм ³	73	71
Солесодержание, мг/дм ³	918	924

Таким образом, лабораторные испытания ингибитора «ЭФИКС» показали следующие результаты:

- низкая скорость коррозии при дозировках 1–5 мг/дм³;
- подавление роста сине-зелёных водорослей при дозировках 1–10 мг/дм³;
- препятствие образованию накипи при дозировке 5 мг/дм³;
- соответствие технологических параметров воды при дозировке 5 мг/дм³.

Библиографический список

1. Сомов Н. В., Чаусов Ф. Ф. Структура ингибитора солеотложений и коррозии – тридекагидрата нитрилотриметилентрифосфонатоцинката тетранатрия Na₄[N(CH₂PO₃)₃Zn]·13H₂O // Кристаллография. 2014. Т. 59. № 1. С. 71–75. doi: 10.7868/S0023476113050123

СЕКЦИЯ 2

БИОТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ

СПЕЦИФИКА ТРАНСФОРМАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В КОРОДРЕВЕСНЫХ ОТВАЛАХ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ

*Р. С. Василевич¹, Е. Д. Гундерина^{1,2}, Д. Н. Габов¹,
Т. Н. Щемелинина¹, Е. М. Анчугова¹, И. В. Груздев¹, Е. М. Лаптева¹*

*¹ Институт биологии Коми научного центра
Уральского отделения Российской академии наук, vasilevich.r.s@ib.komisc.ru,
² Сыктывкарский государственный университет имени Путьирима Сорокина,
gunderina@ib.komisc.ru*

В материалах приводятся результаты исследования на участке складирования КДО в г. Сыктывкаре. Представлен анализ трансформации органического вещества и содержания поллютантов различной природы в слоях кородревесных отвалов (КДО). Приведены первичные данные эксперимента по компостированию КДО и выполнена оценка экологического состояния объекта.

Ключевые слова: экологическое состояние, агробиотехнология, гумификация, гуминовые кислоты, ПАУ, фенол.

Складирование и накопление многотоннажных отходов (кора, щепа, опилки) предприятий лесодобычи и лесопереработки, особенно в черте населенных пунктов, приводит к серьезным экологическим проблемам, как для населения, так и для окружающей среды [1]. Эта проблема существует во многих регионах, в том числе и в Республике Коми, где в результате многолетней деятельности предприятий деревообрабатывающей промышленности накоплены значительные объемы кородревесных отходов (КДО). В частности, на территории города Сыктывкара в районе м. Лесозавод расположен склад КДО (отвал), который уже является источником экологических проблем [2]. На его территории происходит периодическое возгорание древесных остатков, создающее проблемы жителям города; разложение органического материала в толще отвала является источником поступления парниковых газов в атмосферу. Размещение отвала в долине р. Сысола может способствовать поступлению загрязняющих веществ в грунтовые и подземные воды, на территорию прилегающей поймы и в ее водоемы.

В настоящее время в республике предпринимаются определенные меры для ликвидации свалок путем перевода КДО в биоэнергетический ресурс и производство пеллет. Однако специфика отходов (наличие минеральных включений) не позволяет в полном объеме использовать их в производственном

цикле введенных в действие электростанций и сдерживает возможность применения в производстве гранул и брикетов. Необходим поиск и разработка технологий, позволяющих перевести накопленные кородревесные отходы в биоресурс, который можно применять в сельском хозяйстве в качестве агробиоудобрения (вместо химических удобрений), а также при проведении очистных работ при нефтеразливах (сорбенты и биосорбенты органических загрязнителей). Одним из наиболее перспективных направлений глубокой переработки КДО длительного хранения является разработка и внедрение инновационных продуктов комплексной переработки углеродсодержащего сырья на основе гуматов, активно применяемых как в сельском хозяйстве в качестве стимулятора роста растений, так и сорбентов для иммобилизации стойких органических загрязнителей. Кроме того, такие отвалы представляют собой уникальные объекты, в которых в условиях приближенных к природным, возможны исследования первичных стадий гумификации, что невозможно в классических объектах исследования почвоведов, таких как почвы или торфа.

Исследование выполнено на участке складирования КДО в местечке Лесозавод г. Сыктывкара (Республика Коми). По разным оценкам площадь склада коры составляет от 8 до 11 га, высота отвала варьирует от 17 до 26 м, объем отвала – до 1,1 млн м³, возраст 60–100 лет [3]. В верхней части профиля (до глубины 3 м) КДО представлены слаборазложенными фрагментами щепы и опилок, степень разложения которых выше по сравнению с нижележащими слоями вплоть до основания массива. Комплексные исследования объекта направлены на анализ состава и содержания поллютантов различной природы (ПАУ, ТМ, фенолы) в слоях КДО на всю мощность отвала с целью оценки экологического состояния объекта и потенциальных рисков загрязнения сопряженных сред.

Сводные данные суммарного содержания ПАУ и фенола в КДО представлены на рисунке. Среднее значение суммы ПАУ в толще КДО составляло 144 нг/г сухого веса КДО, для фенола – 9,1 мкг/г.

Наименьшие концентрации суммы ПАУ были измерены в слоях отходов 0–12 м. Присутствие ПАУ в этих слоях могло быть как следствием многолетнего периодического горения КДО и образования ПАУ пирогенного генезиса, так и начинающейся биохимической трансформацией остатков древесины. В глубоких слоях КДО 12–27 м зафиксировано увеличение массовой доли ПАУ в несколько раз. Предположительно, накопление ПАУ в слоях отходов глубже 12 м преимущественно обусловлено взаимной трансформацией остатков древесины, высоко- (лигнин и др.) и низкомолекулярных (смоляные кислоты, фенолы) органических соединений. В анаэробных условиях на больших глубинах происходит аккумуляция полиаренов, особенно структур, обладающих максимальной токсичностью и канцерогенностью. Например, содержание бенз(а)пирена, который относится к соединениям первого класса опасности, в слоях отходов на глубине 12–21 м превышает ПДК (для почв) в 1–1,2 раза. Аккумуляция больших количеств фенола, напротив, происходит в верхней части профиля КДО (0–9 м). При трансформации древесной растительности в аэробных условиях выделяются значительные количества фенола, в несколько раз превыша-

ющие зарубежные нормативы ПДК для почв (например, 3,8 мкг/г в Канаде), в РФ фенол в почве не нормирован.

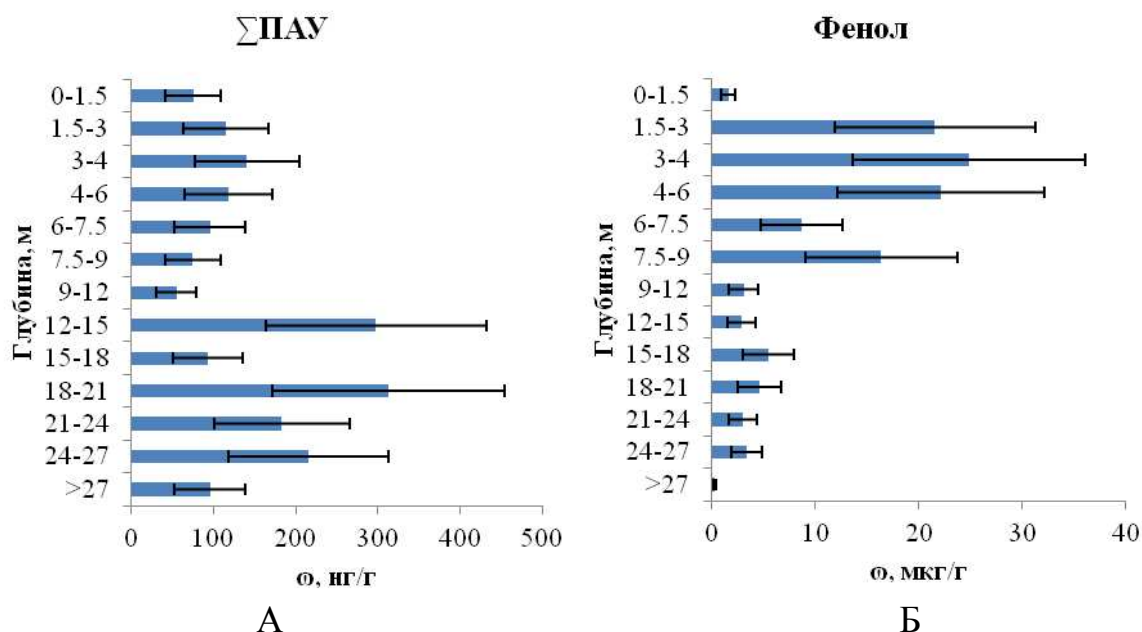


Рис. Распределение содержания суммы ПАУ (А) и фенола (Б) в кородревесном отвале

Проведен анализ структурно-функциональных параметров гуминовых кислот (ГК) методом жидкостной гель-хроматографии, УФ, ИК и ^{13}C -ЯМР спектроскопии, который позволил выявить основные механизмы формирования структуры высокомолекулярных органических соединений из молекул прекурсоров и дальнейшие направления трансформации молекулярных ансамблей ГК. Анализ полученных результатов показывает, что на начальном этапе гумификации КДО формируются высокомолекулярные структуры ГК в результате взаимодействия молекул природных биополимеров, таких как лигнин, (геми)целлюлоза и липиды и др. Вниз по профилю значительно уменьшаются среднечисловые молекулярные массы (Mn) ГК. Это преимущественно связано с деполимеризацией и трансформацией макроструктур фрагментов лигнина в составе ГК, что подтверждается уменьшением доли метоксильных групп по данным ^{13}C ЯМР и интенсивности сигналов сирингил- и гвайцилпропионовых структур в спектрах ИКС. Лигниновые фрагменты преобразуются в поликонденсированные структуры, что подтверждается увеличением степени ароматичности ГК в центральной части профиля с наибольшей степенью разложения исходного субстрата. В нижней части профиля разложение органического материала затруднено вследствие значительного обводнения. Этот процесс диагностируется по увеличению Mn и по уменьшению доли парафиновых фрагментов в ГК.

Задачей исследований в направлении «агробиотехнология» является разработка продуктов из возобновляемых ресурсов (КДО, активного ила, птичьего помета) с применением штаммов микроорганизмов, предназначенных для со-

здания симбиотических растительно-микробных сообществ, обеспечивающих питание растений минеральными веществами и их защиту от патогенов.

В ходе эксперимента был использован образец из верхнего слоя склада КДО, представляющего собой хорошо разложенный торфоподобный органический материал. Этот субстрат типа «земляная смесь» не уступает по агрохимическим характеристикам торфяной смеси Агробалт:ПитерПит:песок (3:3:1) (табл.), который предназначен в качестве субстратов для рассады и горшечных растений, малообъемных технологий, салатных линий, ландшафтного озеленения, посадки деревьев и кустарников.

Таблица

Агрохимические характеристики субстратов

Субстрат	pH _(вод.)	pH _(сол.)	N _{общ.} , мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	Mg, мг/кг
КДО	8,15	7,56	6300	7000	1030	3500
«Агробалт»:ПитерПит:песок	5,5	6,6	681	681	1135	136,2

В ходе предварительного исследования по выращиванию растений в КДО («земляной смеси») и торфяной смеси «Агробалт»:ПитерПит:песок в условиях закрытого грунта принципиальных различий в морфологических показателях растений в конце эксперимента не наблюдалось. Это может свидетельствовать о возможности использования КДО как верхних слоев склада, так и нижележащих после биотрансформации лигнина и получения «земляной смеси» методом компостирования, в сельскохозяйственном производстве.

Библиографический список

1. Исследование свойств и микробиологического состава кородревесных отходов ко-роотвала г. Краснокамск / А. Ю. Максимов, Ю. Г. Максимова, А. В. Шилова, О. В. Колесова, Дж. Симонетти // Вестник ПНИПУ. 2018. №4. С. 98–112.
2. Лаптева. Е. М., Василевич Р. С., Лодыгин Е. Д. Торф и отходы промышленных предприятий Республики Коми как источник востребованных инновационных продуктов – гуминовых препаратов // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. 2020. № 2 (213). С. 35–43.
3. Тенденции в развитии методов утилизации коры и кородревесных отходов длительного хранения (обзор) / В. В. Володин, А. А. Шубаков, С. О. Володина, Н. Н. Шергина, Р. Г. Василев // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. Т. 23. № 5. С. 611–632. doi: 10.30766/2072-9081.2022.23.5.611-632

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛИГНИНСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ КОМБИНАТОВ И ГИДРОЛИЗНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В ГУМУСОПОДОБНЫЕ УДОБРИТЕЛЬНЫЕ КОМПОЗИТЫ

А. А. Комаров

ФГБНУ Агрофизический НИИ, Zelenydar@mail.ru

В статье представлена новая технология ступенчатой трансформации любых лигнинсодержащих отходов (отходы ЦБК, гидролизных и биохимических предприятий и др.) в ценные удобрительные композиты.

Ключевые слова: лигнин, отходы целлюлозно-бумажных комбинатов (ЦБК), гидролизный лигнин, термохимическая трансформация, удобрительные композиты.

Известно, что за последние 20 лет в России закрылись многие социально и экономически значимые предприятия по получению из местного возобновляемого сырья (древесины) ценных продуктов гидролизного производства (спирт, кормовые дрожжи, фурфурол и др.) и целлюлозно-бумажной промышленности (бумага, целлюлоза, картон и др.). В то время данная отрасль обеспечивала высокую доходность производства. Так, из 1 т сухого древесного сырья возможно было производить 220 кг кормовых дрожжей или 175 л этилового спирта [1].

Основной проблемой, обозначенной в качестве «экологически опасной», является то, что, эти производства накапливают много отходов – гидролизный и шлам лигнин, лигносульфонаты и др., которые приводят к загрязнению окружающей среды. Действительно, согласно данным Росстата отходы целлюлозно-бумажной промышленности составляют самую значительную часть твердых бытовых отходов страны и доходят до 40%, тогда как пищевые отходы имеют долю только 38%, металл и стекло не более 2–9% и так далее [2]. Это означает, что целая отрасль производства ценных продуктов оказывается за пределами экономических отношений. В чем здесь причина? Дело все в том, что при рассмотрении данной проблемы была использована старая парадигма: лигнин и лигнинсодержащие материалы, накапливающиеся после того, как из растительного сырья извлечены полезные материалы, являются отходом производства. Поэтому от этого отхода стремятся избавиться любым путем. Необходимо изменить парадигму [3]. Прежде всего, лигнин и лигнинсодержащиеся материалы – это не отходы, а ценное сырье, в котором сконцентрирована энергия солнца, достигнутая путем синтеза самых стойких органических полимеров, формирующихся в виде лигниновой сетки из фенольных соединений. Поэтому для решения комплекса социально-экономических задач мы предлагаем использовать новые технологии и сформировать безотходные высокорентабельные производства из местных источников возобновляемого сырья [3].

Так, нами разработан метод ступенчатой окислительно-гидролитической трансформации лигнинсодержащих отходов производства в гумусоподобные

продукты. Отличительной особенностью представленного метода трансформации лигнинсодержащих отходов производства является проведение процесса делигнификации в жестких условиях технологического контроля. Выбор этой модели продиктован следующими соображениями. В естественных условиях гумификация растянута на много лет. Скорость гумификации, исходя из кинетической теории Д. С. Орлова (1990) [4], определяется самым трудноокисляемым компонентом растительных остатков в почве – лигнином. Следовательно, детальное изучение этого процесса в природе или моделях, приближенных к природным, требует значительного времени. Чтобы ускорить этот процесс необходимо активизировать его путем термохимической окислительно-гидролитической трансформации в условиях технологического контроля. Ранее нами представлена технология переработки гидролизного лигнина в гумусоподобные удобрения с выделением лигногуминовых кислот [5].

В дальнейшем в качестве лигнинсодержащего сырья использовался местный отход ЦБК «КНАУФ Петербург», лигносульфонаты и краун-лигнин Выборгского ЦБК. Данный эксперимент проводился в модельной установке с ограниченным объемом реактора 5–10 л. Установка представляет собой усовершенствованную модель автоклава с перемешивающим устройством, устойчивую при работе в условиях агрессивной среды, высоких температурах и давлении. В процессе окислительно-гидролитической трансформации лигнинсодержащих отходов ступенчато оценивались следующие режимы:

1. Отношение жидкой и твердой фаз (лигнин-раствор) выбирали с расчетом возможности создания подвижной суспензии; оно находилось в пределах 5–50 гидромодулей.

2. Эксперимент проводили в условиях принудительной аэрации. Для этого в реактор постоянно подавали воздух (для пополнения израсходованного) со скоростью 5 л/мин.

3. Для оценки образующихся в процессе трансформации продуктов из реакционной смеси отбирались пробы с интервалом в 1–2 часа для каждого режима. Процесс ступенчато контролировался путем отбора проб в интервалах времени 1, 2, 4, 6, 8, 10 часов.

4. Каждый временной интервал оценивался при фиксированных температурах реакции 100, 150 и 180 °С.

5. Концентрация щелочного агента (использовалась щелочь NaOH) выбиралась в процессе реакции по максимальному выходу целевого продукта – 2, 4, 6, 8, 10%.

7. Реакция окислительной трансформации проводилась под давлением 5–20 атм.

8. В процессе реакции постоянно осуществлялось перемешивание реакционной среды с помощью специального устройства.

9. Отбор проб производился в процессе реакции по 10–100 мл в каждой пробе.

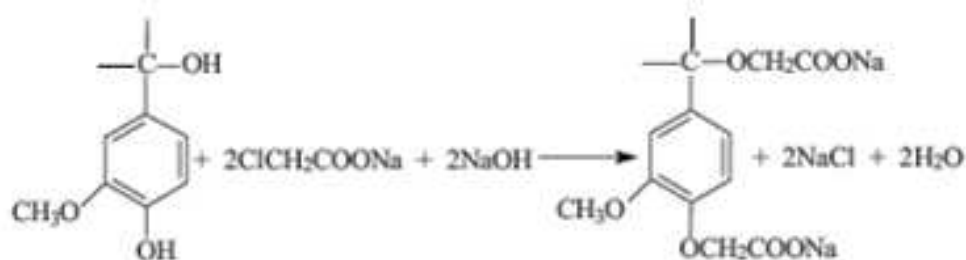


Рис. Схема реакции окислительно-гидролитической трансформации фрагмента лигнинового отхода

В каждой из полученных проб определялась физиологическая активность препаратов [6] в режимах концентраций от исходного образца до предельно малых разведений $10^{-8}\%$ с шагом разведения в 10 раз. На основании оценки физиологической активности продуктов, образующихся на разных стадиях процесса, были выбраны оптимальные режимы трансформации лигнинсодержащих отходов. Далее выбирались оптимальные концентрации препаратов для полевых исследований. Принятые технологические режимы моделировали условия окислительно-гидролитических процессов трансформации лигнина в природе, но были предельно сжаты по времени за счет интенсификации процессов. В полевых экспериментах, проводимых на полях Меньковской опытной станции АФИ в течение 3-х лет, было показано, что использование продуктов трансформации лигнинсодержащих отходов обеспечивало получение прибавки урожая зерновых культур (овес, пшеница), картофеля и многолетних трав от 6 до 25%. Таким образом, методом термохимической трансформации лигнинсодержащих отходов ЦБК и гидролизных предприятий можно получить ценные гумусоподобные удобрительные композиты.

Например, этот метод можно использовать для переработки лигнинсодержащих отходов Байкальского ЦБК в ценные удобрительные композиты. Известно, что на ликвидацию этих отходов ранее выделялось порядка 5,9 млрд руб. [7]. Использовано лишь 131 млн руб. на разработку проектной документации. По данным INTERFAX.RU – Правительство РФ рассчитывает до 2025 г. направить на ликвидацию отходов Байкальского ЦБК (Иркутская область) 17,53 млрд руб. [7–8]. Поиск технологий переработки этих отходов продолжается и роль науки, новые разработки ученых в этом процессе крайне необходимы.

Библиографический список

1. Винокуров М. А., Суходолов А. П. Экономика Иркутской области. В 6 т. Т. 1–6. Иркутск : БГУЭП, 1998–2009. Т. 6. 2009. 292 с.
2. Дело в технике. Новый Отходы – это не отходы [Электронный ресурс]. – URL: <https://forestcomplex.ru/cbp/delo-v-tehnike/> (дата обращения: 03.02.2014).
3. Комаров А. А., Селиванова Т. В. Социально-экономическая парадигма безотходного использования возобновляемого и неисчерпаемого сырья // Формы и методы социальной работы в различных сферах жизнедеятельности: материалы XII Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Республики Бурятия. Улан-Удэ : ВСГУТУ, 2023. С. 134–135.

4. Орлов Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М. : МГУ, 1990. 324 с.
5. Комаров А. А. Роль гидролизного лигнина в плодородии почв и питании растений : автореф. дис. ... доктора с.-х. наук : 06.01.03. Санкт-Петербург, 2004. 44 с.
6. Комаров А. А. Экспресс-метод оценки содержания физиологически активных соединений и почвоутомления субстратов // Сельскохозяйственная биология. 2002. № 5. С. 118–120.
7. Затраты на проект ликвидации отходов Байкальского ЦБК выросли почти втрое [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.interfax.ru/business/792734> (дата обращения: 22.09.2021).
8. Проекты рекультивации полигонов Байкальского ЦБК подготовят к 2023 году [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.interfax.ru/russia/866865> (дата обращения: 07.11.2022).

УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ

Н. В. Сырчина¹, Т. И. Кутявина¹, М. Л. Сазанова^{1,2}

¹ *Вятский государственный университет,*

² *ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,*

nvms1956@mail.ru, usr12097@vyatsu.ru, usr11839@vyatsu.ru

Включение фосфоритов верхнекамских бедных с высоким содержанием глауконита в состав аммиачной селитры (АС) и сульфата аммония позволяет снизить вымывание аммиачного азота из удобрений, снизить пожаро- и взрывоопасность АС, уменьшить слеживаемость и обогатить удобрения фосфором, калием, серой, микроэлементами.

Ключевые слова: фосфориты верхнекамские бедные, азотные удобрения, аммиачный азот, вымывание азота, отходы.

Фосфориты верхнекамские бедные (ФВБ), выпускаемые согласно ТУ 08.91.19-002-85629294-2020, являются новым натуральным продуктом, предназначенным для улучшения свойств почвы, приготовления почвенных смесей, а также для включения в состав органо-минеральных удобрений. Агрохимическая ценность ФВБ обусловлена высоким содержанием глауконитов (до 60–70%) и наличием в составе фосфатных материалов (фосфоритов мелких фракций). В качестве сырья для производства ФВБ используют хвосты обогащения желваковых фосфоритов (ХОФ), складированные на территории хвостохранилища Верхнекамского фосфоритного рудника. Согласно опубликованным данным, внесение ХОФ в почву способствует повышению содержания подвижных форм фосфора и калия, обогащению почвы азотом, иммобилизации тяжелых металлов [1–4]. Поскольку ФВБ получают методом экскавирования ХОФ, по составу и свойствам соответствующие материалы практически идентичны. Как для ХОФ, так и для ФВБ характерно низкое содержание кадмия и других химических элементов, представляющих опасность для окружающей среды [5, 6].

Следует отметить, что входящие в состав ФВБ глаукониты не горючи и обладают выраженными сорбционными свойствами, что делает их перспективным материалом для включения в состав АС с целью снижения ее пожаро- и взрывоопасности [7]. Глауконитсодержащие материалы могут не только обеспечить стабильность АС, но и снизить интенсивность вымывания аммиачного азота из почвы за счет адсорбции катионов NH_4^+ глауконитом, что имеет большое экономическое и природоохранное значение.

Цель настоящей работы состояла в изучении вымывания NH_4^+ из аммиачной селитры (АС) и сульфата аммония (СА) с добавками молотых ФВБ (ФВБМ).

Для проведения исследований были приготовлены гранулированные формы четырех составов азотных удобрений:

- 1) Аммиачная селитра + ФВБМ;
- 2) Сульфат аммония + ФВБМ;
- 3) Аммиачная селитра + ФВБМ, прокаленный в течение 20 мин при температуре 1000 °С;
- 4) Сульфат аммония + ФВБМ, прокаленный в течение 20 мин при температуре 1000 °С.

Термообработку (прокаливание) ФВБМ проводили в течение 20 мин при температуре 1000 °С. Основное назначение термообработки – увеличение сорбционной емкости глауконита [8].

Для приготовления лабораторных образцов удобрений АС и СА смешивали с ФВБМ (натуральными или прокаленными), добавляли немного воды, полученную пасту протирали через сетку с размером ячеек 2×2 мм, влажную крупку окатывали на поддоне с добавкой ФВБМ и высушивали в термостате при температуре 65±5 °С. Готовый продукт представлял собой гранулы неправильной формы темно-серого цвета (рис.). Содержание ФВБМ во всех образцах приготовленных таким образом удобрений составляло 20%.



Рис. Общий вид лабораторных образцов удобрений

Пробы полученных удобрений массой 1 г помещали в колбы, добавляли по 500 мл дистиллированной воды, 5 мин перемешивали с помощью магнитной мешалки (630 оборотов/мин), фильтровали (бумажный фильтр «белая лента»). Фильтрат использовали для определения содержания катионов аммония в растворе. При полном растворении азотных удобрений в воде масса АС и СА в растворе составляла бы 1,6 г/л (0,4 г/л – эфель).

Определение концентрации NH_4^+ в растворах проводили с помощью ионного хроматографа «Стайер», предназначенного для анализа неорганических и органических ионов в водных растворах и водах различного происхождения. В таблице приведены средние результаты измерений концентрации NH_4^+ по трем повторностям. В скобках указано, какая доля содержащихся в удобрениях NH_4^+ перешла в раствор.

Таблица

Концентрация NH_4^+ в растворах приготовленных удобрений

Состав удобрения	Масса удобрения в 1 л раствора, г	Концентрация NH_4^+ в растворе, мг/л
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	1,6	436 (100%)
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ + ФВБМ	2	350±28 (71%)
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ + ФВБМ прокаленный	2	326±22 (66%)
NH_4NO_3	1,6	360 (100%)
NH_4NO_3 + ФВБМ	2	266±15 (74%)
NH_4NO_3 + ФВБМ прокаленный	2	272±9 (75,5%)

Примечание: жирным шрифтом выделены статистически значимые различия между вариантами азотных удобрений с добавкой ФВБМ и без добавок ($P > 0,95$).

Согласно полученным результатам, включение ФВБМ в состав азотных удобрений приводит к снижению концентрации NH_4^+ в растворе, что обусловлено связыванием соответствующих катионов глауконитом. Выявленные различия между содержанием катионов аммония в растворах удобрений с добавками и без добавок ФВБМ статистически значимые. Статистически значимых различий между добавками термообработанных и нативных ФВБМ не выявлено.

Снижение интенсивности перехода NH_4^+ из твердой фазы (гранулированное удобрение) в почвенный раствор дает основания позиционировать АС и СА с добавками ФВБМ как удобрения пролонгированного действия, т. е. удобрения с улучшенными экологическими характеристиками. Производство удобрений пролонгированного действия является одним из перспективных направлений развития современной агрохимической промышленности. Соответствующие удобрения относятся к наиболее востребованным на рынке. Пролонгированные формы удобрений имеют существенные преимущества по сравнению с быстро растворимыми. К таким преимуществам можно отнести: оптимизацию динамики поступления питательных элементов в почвенный раствор, уменьшение потерь элементов питания и, соответственно, норм внесения удобрений в почву, снижение загрязнения окружающей среды; уменьшение эмиссии парниковых газов.

Включение ФВБМ в состав АС и СА не только снижает вымывание аммонийного азота из состава удобрений, но и обогащает азотные удобрения

фосфором, калием, микроэлементами. Темно-серый цвет гранул уменьшает вероятность склеивания удобрений птицами и гибель птиц от отравления.

Применение ФВБМ в качестве компонента азотных удобрений целесообразно не только с точки зрения экологии, но и с точки зрения технологии удобрений и экономики. Фосфориты верхнекамские бедные молотые являются дешевым и доступным материалом. Вовлечение огромных запасов хвостов обогащения, сосредоточенных на территории хвостохранилища Верхнекамского фосфоритного рудника, в промышленную переработку позволит значительно повысить степень полезного использования добываемого сырья и уменьшить количество образующихся отходов.

Библиографический список

1. Состав и технология производства серного удобрения с активированным торфом и глауконитовым эфелем / Ю. Н. Терентьев, Н. В. Сырчина, Т. Я. Ашихмина, Г. Я. Кантор // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 3. С. 134–141. doi: 10.25750/1995-4301-2019-3-134-141
2. Оптимизация состава удобрений на основе молотых фосфоритов / Н. В. Сырчина, Т. Я. Ашихмина, Н. Н. Богатырёва, Г. Я. Кантор // Бутлеровские сообщения. 2019. Т. 60. № 12. С. 133–139.
3. Маркина Е. О., Григорьев В. В., Сырчина Н. В. Влияние различных добавок на подвижность тяжелых металлов в почвах // Экология родного края: проблемы и пути решения : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием : в 2 кн. Кн. 2. Киров : ООО Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2016. С. 87–90.
4. Кондакова Л. В., Сырчина Н. В., Ашихмина Т. Я. Влияние хвостов обогащения фосфоритов, используемых в качестве удобрения, на почвенные альго-цианобактериальные сообщества // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 4. С. 174–180. doi: 10.25750/1995-4301-2021-4-174-180
5. Хвосты обогащения фосфоритов Вятско-Камского месторождения как вторичные материальные ресурсы для производства натуральных удобрений / Н. В. Сырчина, Н. Н. Богатырёва, Т. Я. Ашихмина, Г. Я. Кантор // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 2. С. 107–114. doi: 10.25750/1995-4301-2021-2-107-114
6. Комплексная переработка природных фосфоритов с использованием щелочных отходов нефтехимического синтеза и газовой серы / Р. Х. Хузиахметов, Н. В. Сырчина, Т. Я. Ашихмина, Н. Н. Иванова // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 1. С. 102–108. doi: 10.25750/1995-4301-2022-1-102-108
7. Сырчина Н. В., Богатырева Н. Н. Использование глауконитовых песков для стабилизации аммиачной селитры // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием : в 2 кн. Кн. 1. Киров : ООО Издательство «Радуга-ПРЕСС», 2016. С. 387–390.
8. Богатырева Н. Н., Сырчина Н. В., Терентьев Ю. Н. Адсорбция стронция из водных растворов модифицированными формами глауконита // Трансформация экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов : материалы междунар. науч. конф. Киров : Вятский государственный университет, 2019. С. 245–248.

ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОРБЕНТОВ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПРИ БИОРЕМЕДИАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

А. Р. Мансурова

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,
mansurova.adel@mail.ru*

В статье рассматривается насколько эффективно использование сорбентов в качестве поглотителя углеводородов, и каким образом это сказывается на общей концентрации нефти в почве.

Ключевые слова: биоремедиация, нефтезагрязненные почвы, биологическая очистка, сорбенты.

Процесс добычи нефти и ее последующая транспортировка сопровождаются определенными рисками, которые могут нанести экологический ущерб биосфере. Например, нефтяные разливы, происходящие в результате различных аварий. Только за 2021 г. Росприроднадзор выявил 32 разлива нефтепродуктов (НП) на территории России. Поэтому минимизация отрицательного влияния нефтедобывающей промышленности определяют актуальность использования современных методов рекультивации земель [1].

Одним из современных методов рекультивации земель является биоремедиация. Однако, на пути биоремедиации есть определенные преграды, не позволяющие использовать эту технологию в полной мере. Одной из таких является концентрация нефти в почве. Для того, чтобы начать процесс биоремедиации, нужно снизить концентрацию загрязнителя до такого уровня, при котором можно обеспечить жизнедеятельность микроорганизмов хотя бы в минимальной степени [2].

Созданию оптимальных условий для развития и роста аборигенных микроорганизмов может служить внесение сорбентов различного происхождения. За счет своей избирательной способности поглощать из окружающей среды вещества, их внесение будет способствовать уменьшению концентрации нефти в почве.

В рамках представленных исследований рассматривалась возможность повышения эффективности биоремедиации нефтезагрязненных почв путем внесения в загрязненные почвы следующих сорбентов [3]:

1. Активированный уголь.
2. Агровермикулит. Агротехнический вермикулит, вспученный, фракция.
3. Опилки сосновые из древесины ствола сосны без химической обработки в гранулах.

Для эксперимента использовалась дерново-подзолистая, преимущественно мелко и неглубокоподзолистая почва. В качестве загрязнителя использовалась УПСВ «Аптугай» нефть сухая.

Модельные образцы навеской по 200 г почвы, представленные на рисунке 1, создавались в лабораторных условиях путем внесения в почву нефтепродуктов. Итоговая концентрация углеводородов в почве составила 5 г/кг. Исследуемые сорбенты вносились в почву в количестве 20 г.

Только нефть(1) 5г/1кг	Н+КС(1) 5г/1кг	Н+КС+УГОЛЬ(1) 5г/1кг	Н+КС+ВЕРМ(1) 5г/1кг	Н+КС+ОПИЛК(1) 5г/1кг	Только КС (1) 5г/1кг
Только нефть(2) 5г/1кг	Н+КС(2) 5г/1кг	Н+КС+УГОЛЬ(2) 5г/1кг	Н+КС+ВЕРМ(2) 5г/1кг	Н+КС+ОПИЛК(2) 5г/1кг	Только КС (2) 5г/1кг
Только нефть(3) 5г/1кг	Н+КС(3) 5г/1кг	Н+КС+УГОЛЬ(3) 5г/1кг	Н+КС+ВЕРМ(3) 5г/1кг	Н+КС+ОПИЛК(3) 5г/1кг	Только КС (3) 5г/1кг

Рис. 1. Схема модельных образцов почвы

После того, как модельные образцы почв были подготовлены, в каждый из них с припиской «КС» по поверхности почвы равномерно распределяли навески семян по 0,5 г кресс-салата *Lepidium sativum* L. Через две недели после начала эксперимента учитывали результаты по росту кресс-салата: длину стеблей, корней и общей массы (на весах с точностью до 0,0001 г).

Для извлечения нефти и НП из почвы навеску пробы почвы и сорбента, 0,5 г и 0,25 г соответственно, помещали в коническую колбу и добавляли 10 см³ гексана, встряхивали на механическом встряхивателе в течение 15 мин (при комнатной температуре извлекается 95–97% НП). Полученный экстракт фильтровали через фильтр «белая лента» в мерную колбу на 25 см³. Экстракцию повторяли еще 2 раза порциями гексана 10 и 5 см³. Раствор в мерной колбе доводили гексаном до метки 25 см³, перемешивали и фотометрировали при 200, 225 и 250 нм [4].

Снятие таких показателей роста, как длина стебля, длина корня и общая фитомасса происходило 20.03.2023. Все показатели были приведены к средним значениям. Эти данные представлены в виде графика на рисунках 2, 3. Экстракцию почвы осуществляли 3.04.2023 и 10.04.2023 согласно методике, описанной выше. Полученные данные по экстракции приведены в виде графика на рисунке 4.

Проанализировав данные, полученные в ходе первой части эксперимента, представленные в виде графиков на рисунках 2 и 3, удалось сравнить каждый из модельных образцов с контрольным «ТОЛЬКО КС» и сделать следующие выводы:

1. Сравнивая «Н+КС» с контрольным образцом, становится очевидным, что загрязнитель сильно угнетает развитие кресс-салата: длину стеблей и общую фитомассу. На корневую же систему это влияет в меньшей степени.

2. Сравнивая «Н+КС+УГОЛЬ» с контрольным образцом и образцом «Н+КС» можно говорить о том, что, несмотря на загрязнитель и его отрица-

тельное воздействие на кресс-салат, внесенный сорбент не только создал оптимальные условия для его роста, но и выступил в качестве удобрения, благоприятно воздействуя на развитие тест-культуры. Об этом можно судить по показателю общей фитомассы, величина которого превышает значение контрольного образца с разницей в 0,1 г.

3. Сравнивая «Н+КС+ВЕРМИКУЛИТ» с контрольным образцом и с образцом «Н+КС», видно, что происходит угнетение кресс-салата, но благодаря сорбенту оно не настолько сильное, насколько могло бы быть.

4. Сравнивая «Н+КС+ОПИЛКИ» со всеми образцами видно, что его показатели намного ниже, чем у остальных. Очевидно, опилки не подошли в качестве сорбента, наоборот, сравнивая с образцом «Н+КС» они ухудшили ситуацию.

Если сравнивать все три сорбента между собой, активированный уголь показал себя, как наиболее эффективный сорбент.

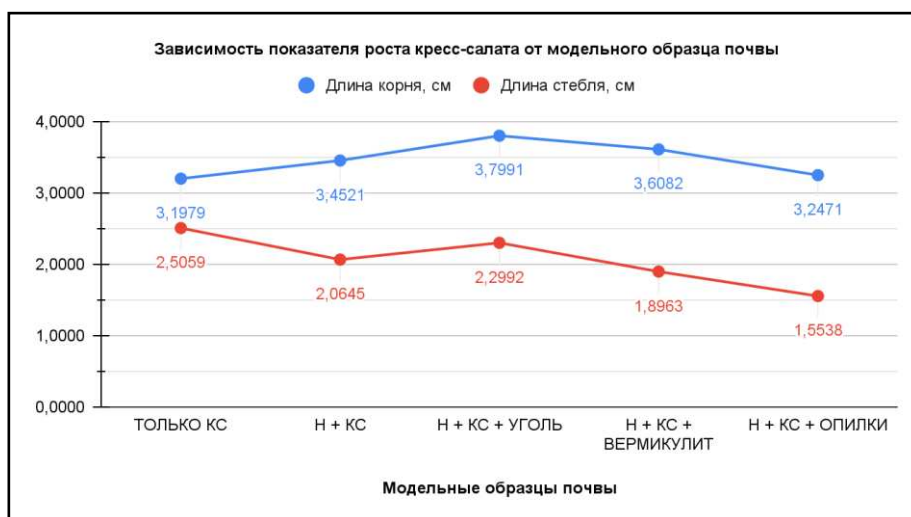


Рис. 2 График зависимости показателей роста (длины корня и стебля) кресс-салата от модельного образца почвы

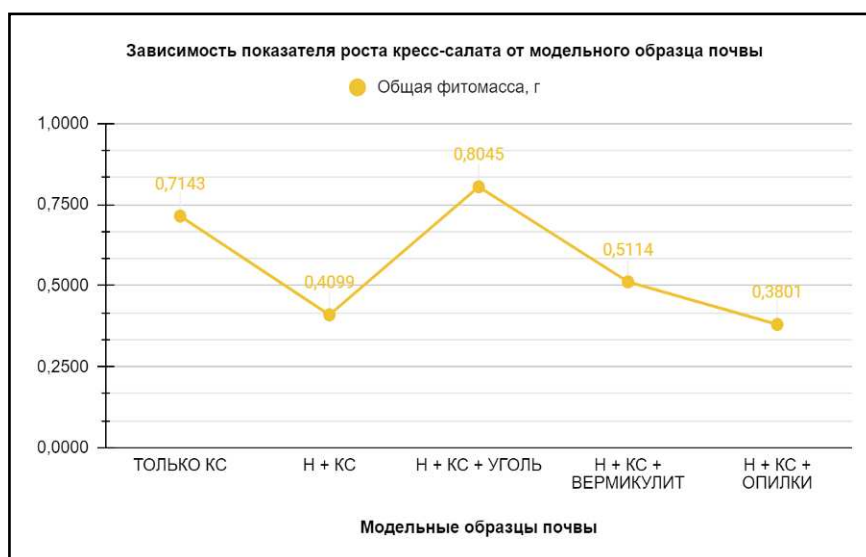


Рис. 3. График зависимости показателей роста (общей фитомассы) кресс-салата от модельного образца почвы

Также были проанализированы данные, полученные в результате второй части эксперимента, представленные на рисунке 4. Сравнив полученные концентрации между собой, можно сделать следующие выводы:

1. Концентрация в образце «Н+КС» не осталась прежней или уменьшилась, а наоборот, стала чуть больше изначально вносимой. Предположительно, вещества, образующиеся в корнях и выделяемые в почву кресс-салатом, могли наложиться на концентрацию нефти, из-за чего прибор, которым измеряли оптические значения выдал данную ошибку. Полученные данные требуют уточнения с помощью других методов анализа.

2. Данные, продемонстрированные на рисунке 4 свидетельствуют о том, что внесенные сорбенты подходят для поглощения использованного в эксперименте загрязнителя.

3. Вермикулит обладает лучшей сорбционной способностью, по сравнению с другими сорбентами.

4. По результатам обеих частей эксперимента видно, что древесные опилки показали себя как самый неэффективный сорбент из представленных трех. Все показатели роста кресс-салата сильно угнетены по сравнению с другими образцами. Поглотительная способность опилок также оказалась хуже, по сравнению с активированным углем и вермикулитом.

Сравнивая между собой активированный уголь и вермикулит, более эффективным для биоремедиации является первый сорбент. Хотя поглотительная способность вермикулита выше, результаты по фитотестированию показывают, что активированный уголь выступает и как сорбент, и как удобрение, способствуя развитию не только аборигенной микрофлоры, но и развитию растительности.



Рис. 4. График концентрации нефти в модельных образцах почвы после окончания эксперимента

По результатам эксперимента можно прийти к выводу, что сорбенты могут выступать как вспомогательный инструмент для снижения нефтяной концентрации в почвенном покрове, что позволит увеличить эффективность биоремедиации нефтезагрязненных почв. Использование сорбентов является на сегодняшний день перспективным и эффективным направлением. Большим преимуществом сорбентов также является их низкая себестоимость и доступность.

Библиографический список

1. Созина И. Д., Данилов А. С. Микробиологическая ремедиация нефтезагрязненных почв // Записки Горного института. 2023. С. 1–16.
2. Lim M. W., Lau E. V., Poh P. E. A comprehensive guide of remediation technologies for oil contaminated soil – Present works and future directions // Marine Pollution Bulletin. 2016. No. 109 (1). 32 p.
3. Каменщиков Ф. А., Богомольный Е. И. Нефтяные сорбенты. Москва-Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2003. 268 с.
4. Методы определения нефтепродуктов в водах и других объектах окружающей среды / И. И. Леоненко, В. П. Антонович, А. М. Андрианов, И. В. Безлуцкая, К. К. Цымбалюк // Методы и объекты химического анализа. 2010. Т. 5. № 2. С. 58–72.

ПОЛУЧЕНИЕ АМОРФНОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ В ПРОМЫШЛЕННЫХ УСЛОВИЯХ НА БАЗЕ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ

*М. П. Козубов¹, Е. В. Хохлов¹, Г. Г. Исламова²,
Е. М. Готлиб³, К. Р. Габдулхаев³*

¹ ООО «Мак-1», evgeniyx@gmail.com,

² Комплексная лаборатория «НаноАналитика», Tigg@mail.ru,

*³ Казанский национальный исследовательский технологический университет,
egotlib@yandex.ru*

Получение диоксида кремния из рисовой шелухи в промышленном масштабе в России крайне ограничено. Полученный нами промышленным способом диоксид кремния из этого отхода является полностью аморфным, содержит минимум влаги и примесей железа и может использоваться для производства полимерных материалов и резино-технических изделий.

Ключевые слова: рисовая шелуха, аморфный диоксид кремния, промышленные процессы, фазовый состав, содержание примесей, пористость, коммерческая реализация, экономическая целесообразность.

Отходы производства риса перспективны как сырье для получения аморфного диоксида кремния [1], поскольку их переработка требует меньших энергозатрат, по сравнению с другими методами получения аморфных кремнеземов [2]. Основные способы переработки рисовой шелухи (РШ) основаны на проведении ее термоокислительной деструкции с целью удаления органической составляющей [3]. Термическая обработка осуществляется обычно при одностадийном или двухстадийном сжигании отходов производства рисовой крупы

в атмосфере воздуха [4]. В ряде случаев в процессе получения целевого продукта используются растворы щелочей и минеральных кислот [5].

Использование различных методов позволяет получать из рисовой шелухи диоксид кремния (ДК) разного фазового состава и степени чистоты с широким диапазоном размеров частиц [6–8], что расширяет области его практического применения.

При этом следует учитывать, что аморфные формы кремнезема имеют более высокую реакционную способность и эффективность использования, по сравнению с природным кристаллическим кварцем [5].

Несмотря на большое число работ, посвященных переработке отходов рисового производства [6–8], разработки экономически и технически целесообразных промышленных процессов получения аморфного диоксида кремния, реализованные в коммерческом масштабе, крайне ограничены в нашей стране. Это делает актуальным исследование состава и свойств диоксида кремния, полученного промышленным способом из рисовой шелухи.

Для получения диоксида кремния в нашем производстве рисовая шелуха через систему конвейеров направляется в пиролизные печи. С помощью транспортировочного механизма осуществляется ее перемещение по каналам пиролизной печи, во время которого происходит нагрев до 600 °С, без доступа кислорода с активным выделением пиролизных газов. Отвод газов осуществляется через пиролизный канал, далее с помощью насоса они перемещаются в камеру сгорания. Продукты горения пиролизных газов возвращаются в зону нагрева верхнего и нижнего транспортных каналов.

Удаление продуктов горения из пиролизатора осуществляется с помощью дымососа в дымовую трубу. Далее происходит транспортировка золы РШ на установку дожигания, в которой получается конечный продукт.

Фазовый состав полученного кремнезема исследован методом рентгеновского количественного фазового анализа (РКФА) на многофункциональном дифрактометре «Rigaku SmartLab» при параметрах съёмки: угловой интервал от 3° до 65° с шагом сканирования 0,02, экспозицией 1 секунда в точке.

Содержание хлоридов и сульфатов определено на анионном хроматографе «Metrohm Eco IC».

Площадь поверхности пор оценивалась по методу ВЖН, согласно ISO 15901-2, на анализаторе площади поверхности и размеров пор «Nova 1200e».

Содержание углерода определяли на элементном анализаторе «SKIS 5E-CHN 2200».

Массовые доли железа и серы определялись на эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой Avio 500.

рН водной вытяжки образца определялась с помощью комбинированного измерителя «SevenMulti» по ГОСТ 21119.3-91.

Полученный из рисовой шелухи в промышленном масштабе диоксид кремния (ДК) является полностью аморфным, на что указывает анализ его структуры рентгенографическим методом (рис.).

Если сравнивать его кислотно-основные свойства с промышленными аморфными диоксидами кремния, таким как аэросил [9] и белая сажа (БС) [10], то он имеет щелочную природу поверхности (рН водной вытяжки – 9,97).

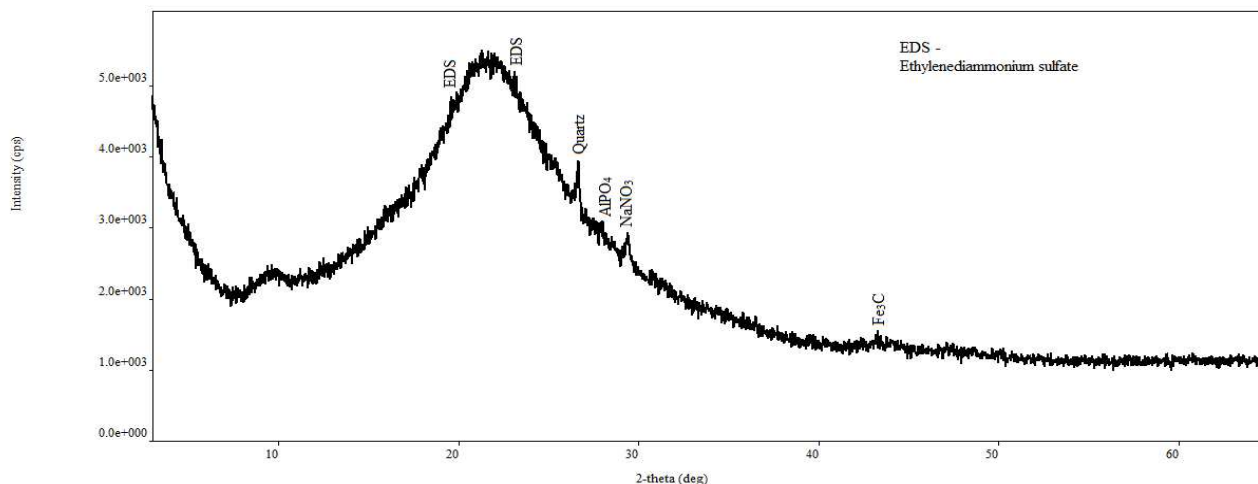


Рис. РКФА-спектр ДК

Диоксид кремния содержит остаточное количество углерода и небольшие примеси серы (табл. 1).

По содержанию примеси оксида железа(II) (табл. 1), этот продукт является более чистым, по сравнению с белой сажой и аэросилом, где, согласно нормативным документам, она может содержаться в количестве до 4 и 2–3%, соответственно.

Таблица 1

Содержание углерода, железа и серы в составе ДК

Наименование компонентов	Массовая доля компонентов, %
Углерод (С)	4,64
Сера (S)	0,26
Оксид железа(II) (FeO)	0,20

Массовая доля влаги у полученного нами промышленным способом аморфного ДК – 1,7%, что существенно ниже, чем нормированные [9, 10] у БС (5,4–6,5%) и аэросила (2,5–3%).

Удельная поверхность по методу БЭТ у аэросила нормируется в пределах 175–300 м²/г, а у полученного нами на основе рисовой шелухи ДК – 100 м²/г. Следовательно, наш диоксид кремния менее пористый, чем синтетический кремнезем.

БС, согласно ТУ [9] должна содержать хлоридов не более 1,0% и сульфатов не более 0,2%. То есть, наш промышленный ДК (табл. 2) соответствует этим требованиям нормативной документации.

Таблица 2

Содержание в составе ДК хлоридов и сульфатов

Массовая доля хлоридов, %	Массовая доля сульфатов, %
0,049	0,159

Таким образом, полученный нами в промышленных условиях аморфный диоксид кремния по основным физико-химическим характеристикам соответствует традиционным промышленным аналогам – белой саже и аэросилу.

Следовательно, он может представлять интерес в качестве функционального наполнителя в производстве полимерных материалов, изопренового и силоксанового каучуков, и применяться в шинной, резинотехнической, химической и других отраслях промышленности.

Библиографический список

1. Rohani A. B., Rosiyah Y., Seng N. G. Production of High Purity Amorphous Silica from Rice Husk // *Procedia Chemistry*. 2016. Vol. 19. P. 189–195.
2. Ghosh R., Bhattacharjee S. A review study on precipitated silica and activated carbon from rice husk // *Journal of Chemical Engineering and Process Technology*. 2013. Vol. 4. Is. 4. P. 156–162.
3. Ильвес В. Г., Сидорова Ю. А., Петровский Н. Г. Свойства аморфного нанопорошка диоксида кремния, полученного импульсным электронным испарением // *Физика твердого тела*. 2015. Т. 57. № 12. С. 2439–2445.
4. Бекболот кызы Б. Наночастицы аморфного диоксида кремния // *Молодой ученый*. Казань. 2016. Т. 125. № 21. С. 37–39.
5. Pekarovic J., Pekarovicova A., Fleming P. D. Preparation of biosilica-enriched filler and an example of its use in a papermaking retention system // *Proceedings of 2006 International Conference on Nanotechnology for the Forest Products Industry*. TAPPI Press. 2008. Vol. 8. P. 245–249.
6. Kalapathy U., Proctor A., Shultz J. An improved method for production of silica from rice hull ash // *Bioresource technology*. 2002. Vol. 85. No. 3. P. 285–289.
7. Tuan N. T., Rosiyah Y. K., Seng N.G. Synthesis of SiO₂ nanoparticles from rice husk ash by precipitation // *Can Tho university Science journal – Viet Nam*. 2014. Vol. 32. P. 120–124.
8. Использование сжигаемых рисовых остатков для производства наносилики / З. Х. Нгуен, Л. А. Зенитова, Д. В. Сугоняко, Н. З. Зиен // *Бутлеровские сообщения*. 2019. Т. 57. № 3. С. 155–161.
9. ГОСТ 14922-77. Аэросил. Технические условия // *Взамен ГОСТ 14922-69*. введ. 1977-04-19.
10. ГОСТ 18307-78. Сажа белая // *Взамен ГОСТ 18307-72*. введ. 1979-01-01.

ЦЕННЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА ИЗ ПРОДУКТОВ ДЕСТРУКЦИИ КОРОДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ ДЛИТЕЛЬНОГО СРОКА ХРАНЕНИЯ ОАО «ЛЕСОПРОМЫШЛЕННАЯ КОМПАНИЯ «СЫКТЫВКАРСКИЙ ЛДК»

И. В. Бешлей, К. Г. Уфимцев, А. Г. Донцов, Т. И. Ширшова

*Институт биологии Коми научного центра
Уральского отделения Российской академии наук, beshley@ib.komisc.ru*

Результаты исследования компонентного состава и антиоксидантной активности фенольных фракций, полученных из кородревесных отходов на отвале ОАО «Сыктывкарский ЛДК» в местечке Лесозавод (г. Сыктывкар), позволяют считать их перспективными в качестве субстанций антиоксидантной направленности для использования в народном хозяйстве или медицине.

Ключевые слова: кородревесные отходы, фенольные соединения, дигидрокверцетин, фенолокислоты, арабиногалактан, глюкоманнан.

В настоящее время все большую актуальность приобретают исследования, связанные с интенсификацией процессов выделения ценных экстрактивных веществ из кородревесных отходов (КДО) с целью получения биологически активных веществ и других ценных продуктов с высокой добавленной стоимостью. К таким важным объектам исследования относятся фенольные соединения, включающие флавоноиды, привлекающие все возрастающий интерес из-за необычайно широкого спектра биологической активности. Было установлено, что одним из основных флавоноидных соединений хвойных является дигидрокверцетин (ДГК), признанный эталоном антиоксидантной активности [1–5]. В коре лиственницы совместно с дигидрокверцетином встречается водорастворимый полисахарид арабиногалактан (АГ), значительное содержание которого в коре и ядровой древесине хвойных, многообразие ценных качеств предполагает использование его в различных областях науки и народного хозяйства [6, 7]. На их основе создан ряд комплексных препаратов (БАД Ардиксин, Араглин Д и др.), сочетающий уникальные свойства этих двух природных биологически активных веществ [8].

Одной из задач наших исследований было установление компонентного состава фенольных фракций из продуктов деструкции кородревесных отходов, образующихся при длительном хранении на отвалах ОАО «Лесопромышленная компания «Сыктывкарский ЛДК» в местечке Лесозавод (г. Сыктывкар), с целью получения субстанций для использования в народном хозяйстве или медицине.

Свалка КДО в местечке Лесозавод в Сыктывкаре существует с 1926 г. Наиболее активный период накопления отходов приходится на 1950–2010 гг. Полигон представляет собой отвал площадью до 11 га, высотой от 17 до 27 м, объемом до 1120 тыс. м³. Учеными Института биологии Коми НЦ УрО РАН установлено, что верхний слой КДО представляет собой хорошо разложившийся материал с коэффициентом гумусонакопления 0,61 и высокими агрохимическими характеристиками. Такой субстрат после измельчения может использоваться в сельском хозяйстве в качестве почвосмеси. При внесении в такую смесь целевых микроорганизмов, например, продуцента гидролитических ферментов и антагониста микромицетов *Bacillus subtilis* может быть получен агробιοпродукт – антифитопатоген [9].

Отбор образцов с отвала КДО по градиенту высоты полигона производился методом бурения двух скважин, представляющих выработки круглого сечения, вертикально пробуренные с поверхности отвала на глубину 20 м (скважина 1) и 27 м (скважина 2). Было отобрано 16 проб из скважины 1 и 13 проб из скважины 2. Пробы сушили и измельчали.

Содержание фенольных соединений и других биологически активных веществ в продуктах деструкции КДО определяли по схеме, представленной на рисунке.

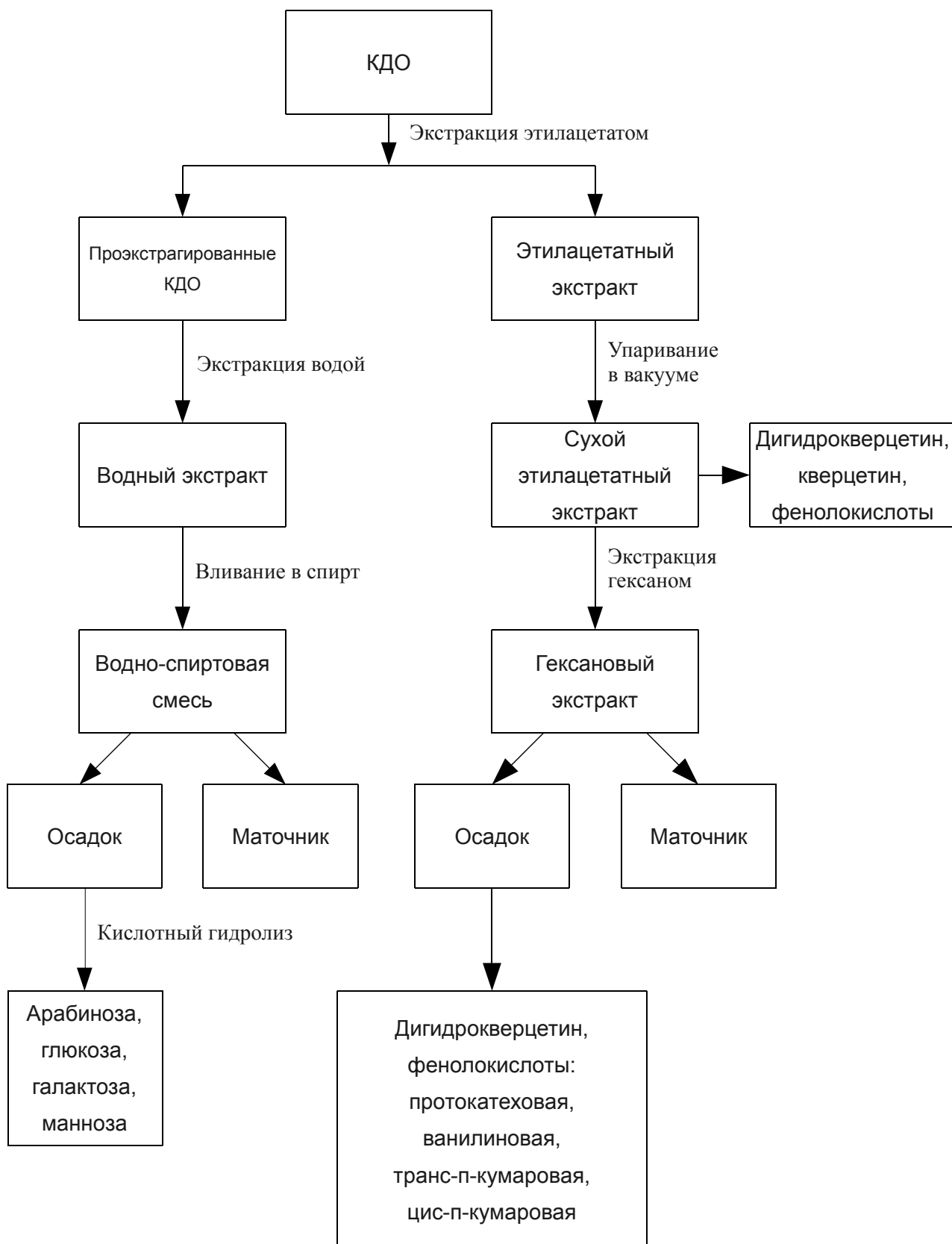


Рис. Схема выделения биологически активных веществ из кородревесных отходов экстракцией растворителями разной полярности

Установлено, что в зависимости от глубины залегания масса этилацетатных экстрактов (ЭА) из КДО составляет 1,4–4,4% сухого вещества. Содержание фенольных соединений в ЭА лежит в интервале 45–64% сухой

массы экстрактов. Содержание веществ, растворимых в гексане (ГЭ), в сухом этилацетатном экстракте лежит в основном в пределах 50%. Минимальное содержание обнаружено в этилацетатных экстрактах первой пробы, взятой на глубине до 1,5 м (34,9%), максимальное – в последней пробе, взятой на глубине 27 м, где оно достигает 66% сухой массы этилацетатного экстракта [10].

В сухой массе КДО содержание ГЭ составляет от 0,78 до 1,89%. Изменение содержания ГЭ в сухой массе КДО в зависимости от глубины залегания не имеет четкого закономерного характера.

Как показали результаты ТСХ- и ВЭЖХ-анализа ЭА и ГЭ, независимо от глубины залегания во всех исследуемых образцах обнаружены одинаковые компоненты – дигидрокверцетин, ванилиновая, протокатеховая и *цис-п*-кумаровая кислоты, проявляющие высокую антиоксидантную активность.

При анализе образцов КДО на содержание полисахаридов, полученная водной экстракцией, гемицеллюлоза была подвергнута кислотному гидролизу. В составе продуктов гидролиза методом ВЭЖХ были обнаружены арабиноза, манноза, глюкоза и галактоза, что позволяет охарактеризовать выделенную фракцию, как смесь водорастворимых гемицеллюлоз – арабиногалактана и глюкоманнана.

При изучении антиоксидантных свойств определенное методом Фолина-Чокалтеу общее содержание полифенолов в ЭА и ГЭ составило от 46 до 74 мг-экв/г сухого экстракта. Однако, несмотря на высокое содержание фенольных соединений, результаты определения способности этилацетатных и гексановых экстрактов к связыванию радикалов ДФПГ и хелатированию ионов Fe^{2+} не выявили как радикалсвязывающей, так и значимой железохелатирующей активности. Тестирование экстрактов КДО на генно-инженерных штаммах *Esherichia coli* показало их ингибирующий эффект на удельную скорость роста бактерий, а также способность стимулировать экспрессию гена *katG*.

Результаты исследования экстрактов, полученных из КДО, содержащих комплекс фенольных соединений, обладающих антиоксидантными свойствами, позволяют считать их перспективными для разработки субстанций антиоксидантной направленности.

Работа выполнена в рамках темы госзадания: «Научно-обоснованные биотехнологии для улучшения экологической обстановки и здоровья человека на Севере». Регистрационный номер в системе ЕГИСУ 1021051101411-4-1.6.23.

Библиографический список

1. Флавоноиды из коры некоторых видов пихты, ели и сосны / А. С. Громова, В. И. Луцкий, Т. В. Ганенко, Н. А. Тюкавкина // Химия древесины. 1978. № 4. С. 103–105.
2. Громова А. С., Луцкий В. И., Тюкавкина Н. А. Стильбены из коры некоторых видов семейства Pinaceae // Химия древесины. 1979. № 3. С. 103–109.
3. Федорова Т. Е., Бабкин В. А. Экстрактивные вещества корней *Picea obovata* Fedeb. // Химия растительного сырья. 2016. № 4. С. 165–168.
4. Полимер дигидрокверцетина из древесины лиственницы / С. З. Иванова, Т. Е. Федорова, Л. А. Остроухова, С. В. Федоров, Н. А. Онучина, В. А. Бабкин // Химия растительного сырья. 2001. № 4. С. 21–24.

5. Тюкавкина Н. А., Лаптева К. И., Медведева С. А. Фенольные экстрактивные вещества рода Larix // Химия древесины. 1973. № 13. С. 3–17.
6. Dion C., Chappuis E., Rippol C. Does larch arabinogalactan enhance immune function? A review of mechanistic and clinical trials // Nutrition and Metabolism. 2016. Vol. 13. id: 28. doi: 10.1186/s12986-016-0086-x
7. Adams M. F., Ettling B. V. Larch Arabinogalactan // Alternative Medicine Review. 2000. Vol. 5. No. 5. P. 463–466.
8. Бабкин В. А., Остроухова Л. А., Трофимова Н. Н. Биомасса лиственницы: от химического состава до инновационных продуктов. Новосибирск : Изд-во Сибирского отделения РАН, 2011. 235 с.
9. Экстракция гумата калия из материала, полученного путем микробиологической переработки кородревесных отходов / А. Ю. Максимов, А. В. Шилова, В. А. Демаков, А. С. Литасова, В. А. Щетко // Вестник Пермского университета. Серия: Химия. 2020. Т. 10. № 4. С. 356–369.
10. Уфимцев К. Г., Бешлей И. В., Ширшова Т. И. Содержание экстрактивных веществ в продуктах деструкции кородревесных отходов, образующихся при длительном хранении, с учетом высотного градиента // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 4. С. 132–138.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММЫ АНТИОКСИДАНТОВ В РАСТВОРАХ, КОНТАКТИРУЮЩИХ С ФИТОПЛЕНКАМИ ЛЕКАРСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А. Р. Киреева, А. Д. Шелехов, А. И. Фокина
Вятский государственный университет, sashakir02@mail.ru

В статье представлены результаты испытания методик определения суммы антиоксидантов в растворах, контактирующих с пленками лекарственного назначения из желатина и водных растительных экстрактов из хвои сосны и листьев подорожника. Установлено, что спектрофотометрический метод определения суммы антиоксидантов удобен для их определения в малых концентрациях в растворах, а методика прямого перманганатометрического титрования – проста и экспрессна.

Ключевые слова: желатин, лекарственные пленки, антиоксиданты, методики определения.

Проблема переработки отходов в Российской Федерации является одной из самых острых и актуальных. В настоящее время предприятия мясного скотоводства ориентированы в первую очередь на получение мяса и первичную переработку основных сопутствующих продуктов – субпродуктов и шкур. В процессе убоя и разделки крупного рогатого скота, обработки продуктов убоя и производства мясных изделий предприятия отрасли получают не только основной товар, но и побочные материалы и отходы. К этой категории относятся субпродукты, кровь, кость, шкуры, кишки и так далее. Все это используется для изготовления фармацевтических препаратов, кормовых и технических товаров, кожевенных и меховых изделий. Желатин – смесь белковых тел животного происхождения – желеобразное вещество, образующееся при вываривании в воде

сухожилий, связок, костей и некоторых других тканей, в состав которых входит коллаген [1–2].

Мировой прогресс в области создания новых лекарственных препаратов в основном связан с разработкой и получением новых лекарственных форм. Среди перспективных форм доставки лекарственных средств можно выделить лекарственные пленки, предназначенные для аппликации на слизистые оболочки [3]. Ассортимент лекарственных пленок крайне узок. Синтетические и полусинтетические полимеры, применяемые в качестве основы, являются чужеродными для организма веществами. Кроме того, они дороги и не всегда доступны [4]. Желатин, как продукт животного происхождения, более доступен, он полностью усваивается человеческим организмом, обладает гемостатическим действием и способностью стимулировать репаративные процессы. Желатин является хорошим пленкообразователем, а также биологическая доступность лекарственных веществ, введенных в гидрофильные желатиновые пленки, достаточно высока. Со стороны экологии отходы от пленки будут минимальными, так как желатин разлагается довольно быстро [5].

В результате контакта пленок с тканями человека, происходит миграция биологически активных веществ, в том числе антиоксидантов в ткани. Поэтому актуален вопрос подбора методик определения суммы антиоксидантов в средах для изучения биодоступности соединений пленок.

В качестве источника антиоксидантов были выбраны пленки на основе желатина и экстрактов из листьев подорожника и хвои сосны. Листья подорожника содержат богатый комплекс биологически активных веществ, в том числе гликозид аукубин с широчайшим спектром действия. Это вещество благотворно влияет на работу желудочно-кишечного тракта, обладает антимикробными, антисептическими, противовирусными, спазмолитическими, противовоспалительными и седативными свойствами [6]. Хвоя – хороший источник каротина (140–320 мг/кг), его содержание в свежей хвое в течение года меняется незначительно. Она богата также витамином С (до 300 мг%). Свежая хвоя ели и сосны содержит 350–360 мг/кг витамина Е. В 1 кг сухого вещества хвои ели и сосны содержатся следующие витамины: К – 20 мг, Р – 900–2300 мг, В₁ – 19 мг, В₂ – 7 мг, В₃ – 16 мг, РР – 142 мг, В₆ – 1,1 мг, Н – 0,15 мг, а также кобальт, железо, марганец и другие минеральные вещества. Хвоя еловых широко используется в бальнеологии в виде седативных хвойных ванн, содержащих фракции пинена, скипидара, флавоноидов [7].

Для приготовления экстракта использовали 10 г растительного сырья, предварительно высушенного, измельченного и просеянного через сито с диаметром отверстий 1 мм. Измельченный растительный материал заливали 85 см³ дистиллированной воды и экстрагировали на кипящей водяной бане в течение 30 минут. Полученный экстракт фильтровали в мерную колбу вместимостью 100 см³ и доводили объем раствора водой до метки [8].

Пленки изготавливали методом литья: 10 г желатина растворяли в 85 г экстракта на водяной бане до однородного состояния. Добавляли 10 г глицерина в качестве пластификатора. Полученную смесь разливали в силиконовые формы

для получения пластинок толщиной 1 мм. Залитые формы оставляли на 24 часа при комнатной температуре, а затем убирали в эксикатор на 72 часа [9].

Образцы фитопленок размером $2,2 \times 5$ см помещали в химические стаканы объемом 50 см^3 , заливали 35 см^3 дистиллированной воды и оставляли при комнатной температуре на 72 часа, предварительно накрыв стаканы пищевой пленкой.

Антиокислительную активность вытяжек определяли двумя методами. В коническую колбу на 25 см^3 помещали $1,0 \text{ см}^3$ перманганата калия с концентрацией 0,05 н, 8 см^3 серной кислоты с массовой долей 20% и титровали полученной вытяжкой до обесцвечивания раствора. Расчет вели по формуле:

$$B = \frac{0,8 \cdot 0,9}{V},$$

где V – объем вытяжки, пошедший на титрование, см^3 , 0,8 – объем кверцетина, пошедшего на титрование перманганата калия, мл, 0,9 – титр кверцетина с концентрацией $0,05 \text{ г/100 см}^3$, мг/см^3 [10].

Вторая методика разработана нами для определения содержания антиоксидантов посредством спектрофотометрического анализа.

Метод основан на уменьшении оптической плотности раствора перманганата калия за счет уменьшения его концентрации, вследствие восстановления антиоксидантами. Последовательно готовили 3 раствора. В коническую колбу вместимостью 100 см^3 помещали 1 см^3 раствора перманганата калия с концентрацией 0,05 н, 8 мл 20% серной кислоты и снимали спектрограмму для определения аналитической длины волны. Затем, в коническую колбу вместимостью 100 см^3 помещали 1 см^3 раствора перманганата калия с концентрацией 0,05 н, 8 мл 20% серной кислоты и 2 см^3 раствора кверцетина с концентрацией 25 мг/100 мл и в течение 15 минут измеряли оптическую плотность для определения оптимального времени измерения. В третью коническую колбу помещали 1 см^3 раствора перманганата калия с концентрацией 0,05 н, 8 мл 20% серной кислоты и 2 см^3 исследуемого раствора, выдерживали оптимальное время и измеряли оптическую плотность. Расчет вели по формуле:

$$C = \frac{0,5 \cdot A_k}{0,9 \cdot 2,0 \cdot A_n},$$

где 0,5 – титр кверцетина по перманганату калия, концентрацией 0,05 н, мг/см^3 ; A_k – оптическая плотность перманганата калия первого раствора; 0,9 – объем перманганата калия, концентрацией 0,05 н, пошедший на титрование стандартного раствора кверцетина, см^3 ; 2,0 – объем аликвоты вытяжки, см^3 ; A_n – оптическая плотность перманганата калия, после проведения испытания.

Статистическую обработку результатов всех измерений проводили согласно ГОСТ Р 8.736-2011. Статистическую значимость различий между средними значениями устанавливали при $P < 0,05$. Данные выражали как среднее значение \pm стандартное отклонение.

В ходе исследования было обнаружено следующее содержание антиоксидантов в вытяжках из фитопленок на основе экстракта подорожника: согласно первому методу определения $0,15 \pm 0,02 \text{ мг/г}$, согласно второму методу опреде-

ления $0,18 \pm 0,10$ мг/г. В пленках на основе экстракта хвои сосны: согласно первому методу определения в 1 г вытяжки содержится $0,13 \pm 0,01$ мг антиоксидантов. Согласно второму методу определения в 1 г вытяжки содержится $0,20 \pm 0,07$ мг антиоксидантов. Результаты, полученные с помощью двух разных методик, сопоставимы между собой. Установлено, что метод спектрофотометрии удобен для определения содержания суммы антиоксидантов в средах с очень низкими их концентрациями (менее $0,25$ мг/мл в пересчете на кверцетин), у метода же перманганатометрического титрования достоинство заключается в простоте и экспрессности.

Библиографический список

1. Валеева А. Р., Толибхонова К. Т. Исследование возможности создания пленок на основе желатина // Минские научные чтения-2022 : сборник статей V Междунар. науч.-техн. конф. Минск : БГТУ, 2022. Т. 3. С. 200–203.
2. Руднев М. Ю., Шиндин П. В. Экономическая эффективность комплексного использования побочного сырья в мясоперерабатывающем производстве // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2013. № 5. С. 40–42.
3. Ананьев В. Н., Новиков Ю. Т., Фурин В. А. Новая адресная иммобилизованная лекарственная форма лекарственных желатиновых пленки. М. : Медицинская книга, 2004. С. 216.
4. Фурин В. А. Разработка методов применения лекарственных желатиновых пленок в военной и гражданской медицине : автореф. дис. ... канд. мед. наук. Уфа, 2004. 23 с.
5. Патент 2147874 РФ. Состав основы для лекарственных пленок / Е. А. Фурина, Ю. Т. Новиков, Т. А. Азанова. Заявлен 03.02.98. Оpubл. 27.04.2000. // БИПМ № 12.
6. Листья подорожника [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.kp.ru/doctor> (дата обращения: 23.12.2022).
7. Ковалёва Л. Н., Слободяник Я. И. Наружная бальнеотерапия в системе санаторно-курортной реабилитации в практике дерматолога и косметолога // Дерматовенерология. Косметология. Сексопатология. 2015. № 3–4. С. 89–104.
8. Широкова Е. С., Товстик Е. В., Фокина А. И. Плёночные материалы на основе желатина, содержащие растительные экстракты // Теоретическая и прикладная экология. 2023. № 3. С. 129–139. doi: 10.25750/1995-4301-2023-3-129-139
9. Preparation and characterization of gelatin-based nanocomposite containing chitosan nanofiber and ZnO nanoparticles / S. Amjadi, S. Emaminia, Sh. H. Davudian, S. Pourmohammad, H. Namishehkar, L. Roufegarinejad // Carbohydrate Polymers. 2019. Vol. 216. No. 15. P. 376–384.
10. Способ определения антиокислительной активности / Т. В. Максимова, И. Н. Никулина, В. П. Пахомов, Е. И. Шкарина, З. В. Чумакова, А. П. Арзамасцев / Патент RU 2170930 С1. Заявка: 2000111126/14. 2000.05.05. Дата публикации: 20.07.2001.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КРЕМНИЕВЫХ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЗОЛЫ ОТ СЖИГАНИЯ УГЛЕЙ И ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ЖИВОТНОВОДСТВА

Ю. Н. Терентьев

Уральский федеральный университет, teryun@yandex.ru

Одним из перспективных способов переработки золы от сжигания углей и побочных продуктов животноводства (навоза крупного рогатого скота) может стать производство кремниевых органоминеральных удобрений. В статье приводится описание технологии и блок-схема производства соответствующего удобрения.

Ключевые слова: утилизация отходов, кремниевые удобрения, зола от сжигания углей, побочные продукты животноводства, органоминеральные удобрения.

В настоящее время не все теплоэнергетические предприятия РФ газифицированы, часть предприятий использует в качестве топлива каменный уголь. Получаемая от сжигания каменного угля зола складывается на золоотвалах как отход 4 класса опасности с соответствующими платежами предприятий за размещение отходов. Количество золошлаковых отходов на некоторых предприятиях доходит до 20 тыс. тонн в год, при этом суммы экологических платежей достигают десяти и более миллионов рублей. В состав золы от сжигания углей (ЗУ) в среднем входит 50–60% диоксид кремния, около 6% макро- и мезоэлементов (P, K, S, Ca, Mg) и 30–35% оксидов Fe и Al. По химическому составу ЗУ приближается к природным силикатным породам [1]. По имеющимся оценкам, в РФ ежегодно образуется до 22 млн тонн золошлаковых отходов, из которых утилизируется не более 10–12% [2].

Не менее острую проблему представляет и переработка побочных продуктов животноводства [3, 4]. поголовье КРС на крупных фермах РФ может составлять 10–20 тыс. голов. При содержании такого количества животных в год образуется 80–160 тыс. т навоза 85% влажности (в пересчете на полуперевший навоз 70% влажности – 40–80 тыс. т). Обезвреженный навоз традиционно используется в качестве органического удобрения или включается в состав органоминеральных удобрений (ОМУ) [5, 6]. Одним из вариантов таких удобрений может стать кремниевое ОМУ на основе навоза крупного рогатого скота (КРС) и золы от сжигания углей. Актуальность производства соответствующих удобрений обусловлена высокой ценностью Si как элемента питания растений и дефицитом биодоступных форм Si в почвах [7].

Цель настоящей работы состояла в разработке технологической схемы производства кремниевого ОМУ на основе навоза КРС и золы от сжигания углей.

Рассмотрим возможность использования агрохимически ценных макро и мезоэлементов, входящих в состав ЗУ, для создания ОМУ, включающего 3 массовых части ЗУ и 1 массовую часть навоза КРС.

Поскольку зола содержит частицы шлака, обязательным элементом технологии производства ОМУ является стадия двухступенчатого дробления исходной золы в конусной дробилке и далее в молотковой дробилке с колосником со щелью 0,5–1,0 мм. Для дробления предлагается использовать продукцию Малиновского ремонтно-механического завода Тульской области, а именно, конусную дробилку КМД-600 производительностью 12 м³/час и мощностью электропривода 30 кВт, а также молотковую дробилку ММД-60 производительностью 7 т/час и мощностью электропривода 22 кВт.

Полученная фракция золы 0,5 мм при расходе 3 т/час смешивается с 8 т/час полупревшего навоза КРС (влажность 70%) в двухвальном смесителе непрерывного действия СНД-300 с рабочим объемом 1,5 м³ и мощностью двух приводов суммарно 44 кВт. При интенсивном перемешивании в течение 10 минут при 40 об/мин происходит усреднение смеси и выравнивание влажности, которая для смеси составит около 50%. Подготовленная таким образом смесь подается на грануляторы формования КНЛ-500 китайской фирмы Harbin Dadi Biology Organic Fertilizer Co производительностью 2,5 т/час и мощностью 56,5 кВт каждого агрегата. В нашем случае устанавливаем параллельно четыре гранулятора. Получаемая на выходе гранула $D = 4$ мм подходит для использования растениепитателями при заделке на глубину в пашню 10 см. В указанных грануляторах присутствует обдув выдавливаемых гранул через вертикальную матрицу катками вентилятором в конструкции агрегата. Предлагается дополнительно на всасе штатных вентиляторов установить воздушные калориферы для подогрева подаваемого воздуха из рабочего помещения с 20 до 70 °С. Такая модернизация позволит получать гранулы на выходе с тарельчатых окатывателей с влажностью около 30%. Диоксид кремния золы выступает каркасом получаемых гранул и обеспечивает их прочность.

Полученные гранулы охлаждаются воздухом на ленте ленточного конвейера, подаваемым в кожух над лентой с температуры 60 °С до 30 °С и направляются на склад навалом для отправки потребителям. Выход готового продукта (гранул ОМУ), составит около 8 т/час, а при времени работы установки в год 7200 часов производительность составит 57600 т/год, что при норме внесения 5 т/га позволит удобрить 11520 га пашни, а это площадь посевных земель крупного агрохолдинга, содержащего КРС. Отсюда следует, что логичнее привозить на площадку агрохолдинга золу каменного угля и получать ОМУ рядом с навозохранилищем.

Блок-схема процесса производства ОМУ приведена на рисунке.

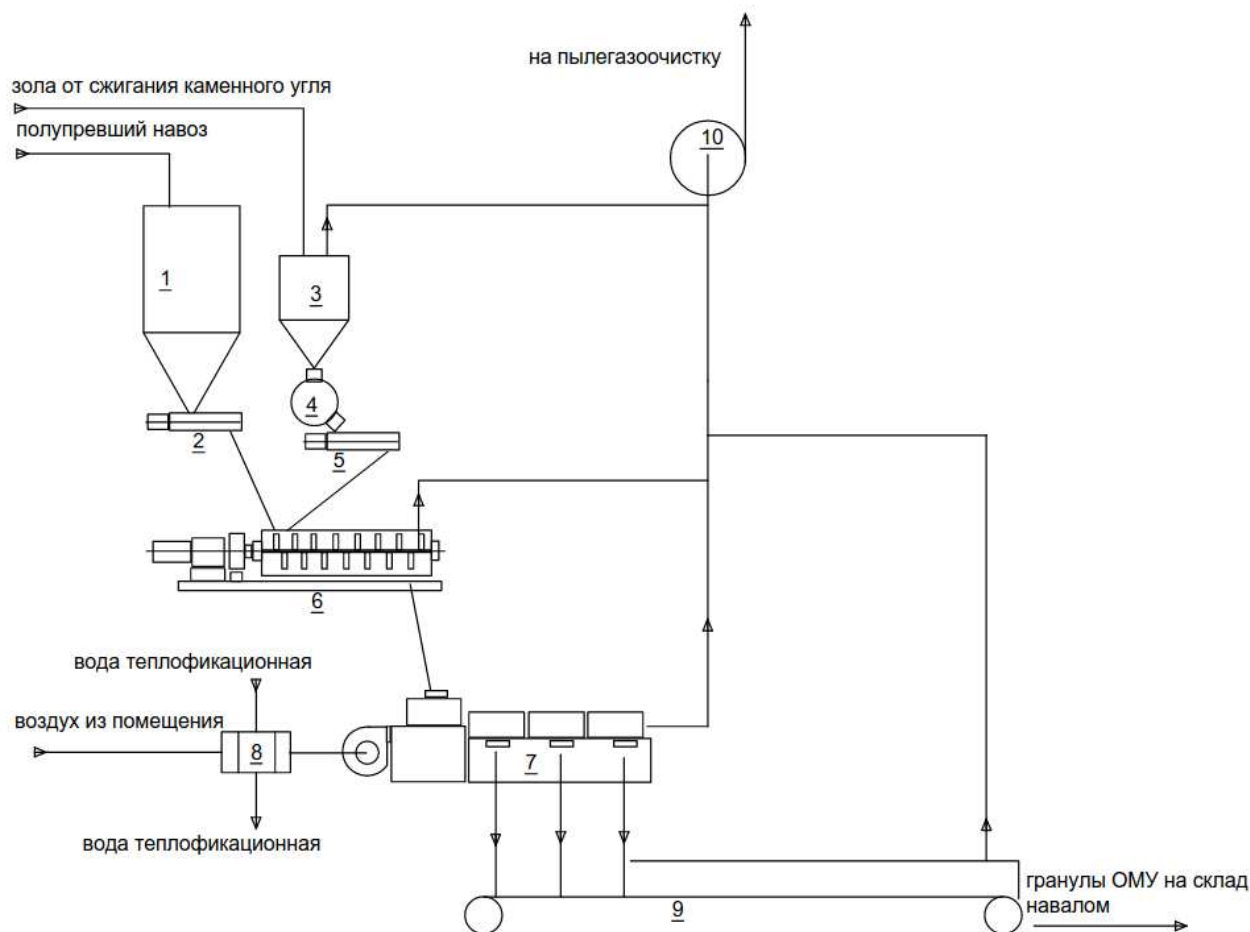


Рис. Блок-схема производства ОМУ на основе золы от сжигания углей и побочных продуктов животноводства: 1 – бункер навоза; 2 – винтовой дозатор; 3 – конусная дробилка; 4 – молотковая мельница; 5 – винтовой дозатор; 6 – двухвальный смеситель; 7 – гранулятор формирования с окатывателями; 8 – калорифер воздуха; 9 – ленточный конвейер с кожухом; 10 – вытяжной вентилятор

Теперь следует раскрыть особенности получаемого ОМУ. Полупревший навоз содержит аммонийный азот в виде карбонатов и солей органических кислот. В процессе обеззараживания свежего навоза биологическим методом (выдерживание навоза в секционных накопителях) происходит частичная гумификация органических компонентов и образование гуминовых и фульвокислот. При совместном воздействии аммонийных солей и гумусовых кислот происходит активация минерального кремния золы и перевод его в усвояемую растениями форму [8, 9]. Таким образом, полученное на основе ЗУ и навоза КРС ОМУ можно позиционировать как кремниевое органоминеральное удобрение. Следует отметить, что современный ассортимент кремниевых удобрений в основном представлен силикатами кальция и магния доменных шлаков. Но в нашем случае полученное удобрение будет содержать весь набор питательных веществ, включая макро, мезо, микроэлементы и столь нужную пашне органику. Учитывая разрыхляющее действие аморфного кремнезема для тяжелых глинистых почв, внесение полученных гранул способствует повышению аэрации и дрени-

руемости пашни, снижению ее плотности и улучшению условий для развития почвенной биоты.

Совместная переработка ЗУ и навоза КРС позволит вывести на рынок новый ликвидный и востребованный продукт для сельского хозяйства, снизить количество образующихся отходов, уменьшить экологическую нагрузку на окружающую среду.

Библиографический список

1. Эпштейн С. А., Мендель И. М., Харахан М. Л. Определение макроэлементов в углях // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № 3. С. 151–160.
2. Аникеев В., Силка Д. Н. От отходов угольных электростанций к производству строительных материалов // Энергетическая политика. 2021. № 1 (155). С. 48–55.
3. Сырчина Н. В., Пилип Л. В., Ашихмина Т. Я. Химическая деградация земель под воздействием отходов животноводства // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 3. С. 219–225.
4. Сырчина Н. В., Шубин А. С., Береснева Т. П. Дезодорация свиного навоза, предназначенного для производства удобрений // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием : в 2 кн. Кн. 1. Киров : ООО Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2016. С. 394–397.
5. Пилип Л. В., Сырчина Н. В., Кузнецов Д. А. Животноводческие комплексы как источники загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами (Cu, Zn) // Принципы экологии. 2023. № 1 (47). С. 82–89.
6. Безручко Е. В. Кремний – недооцененный элемент питания растений // Земледелие. 2020. № 4. С. 40–46.
7. Кремний и гуминовые кислоты: моделирование взаимодействий в почве / Е. Н. Офицеров, Г. К. Рябов, Ю. А. Убаськина, А. Б. Климовский, Е. Г. Фетюхина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 4 (2). С. 550–557.
8. Шаповалова Е. Г., Ломовский О. И. Механохимическая солубилизация диоксида кремния полифенольными соединениями в составе растительного сырья // Химия растительного сырья. 2011. № 4. С. 145–152.
9. Влияние навозных стоков на почвенные фототрофные микроорганизмы / Л. В. Кондакова, Н. В. Сырчина, Л. В. Пилип, И. А. Кондакова // Теоретическая и прикладная экология. 2023. № 2. С. 190–197.

ВЫРАЩИВАНИЕ ЛИЧИНОК *ZOPHOBAS MORIO* И *HERMETIA ILLUCENS* В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА КОРМОВОГО БЕЛКА ДЛЯ ЖИВОТНЫХ

К. С. Туйчиев, Е. Н. Гинатуллина

*Научно-исследовательский институт рыбоводства (Узбекистан),
toychiyevkamoliddin4@gmail.com*

В статье представлены результаты выращивания личинок насекомых в лабораторных условиях для использования их на корм животным в Узбекистане, в качестве получаемой из них муки. Личинки *Zophobas morio* и *Hermetia illucens* высушивали и измельчали в лабораторной мельнице, сравнивали их химический состав с мясокостной мукой. По результатам наших

исследований, биомасса, полученная от личинок зофобаса, содержала 43,02% белка, а от личинок львинки – 45%.

Ключевые слова: мясокостная мука, шрот, инсектарий, метаморфоз, куколка, черная львинка, зофобас.

По утверждению ученых, население Земли к 2030 г. увеличится до 8,5 млрд человек. В результате потребности человечества в продуктах питания возрастут на 30–35%, в питьевой воде – на 40%, в энергии – на 50% [1]. В данном случае, одной из первых должна решаться проблема увеличения объемов производства продукции животноводства.

Развитие этой отрасли неразрывно связано в будущем с прогрессом в производстве комбикормов, основным и наиболее дорогим компонентом которых являются белковые составляющие (жмыхи, шроты, мясокостная, мясная, кровяная, рыбная мука и прочие). Их стоимость постоянно увеличивается, а дефицит возрастает, что и обуславливает актуальность поиска новых источников качественного белка для введения в состав комбикормов [2]. В такой роли в ближайшей перспективе будет выступать кормовой белок насекомых. На фоне проблем с обеспечением кормовой базы для животноводства (рыбоводства) в Узбекистане и за рубежом личинки насекомых являются перспективной альтернативой традиционным источникам ценного белка.

Наши исследования по *Zophobas morio* и *Hermetia illucens* проводились в Научно-исследовательском институте рыбоводства (далее НИИР) Янгиюльско-го района Ташкентской области.

Были определены следующие параметры: жизненный цикл насекомых и влияние на них абиотических факторов, кормовой субстрат для насекомых, химический состав личинок.

Личинки зофобаса (рис.) привозили от производителей и содержали в полиэтиленовых контейнерах размером 40x60x50 см при температуре 24–28 °С. При кормлении использовали смесь пшеничных и рисовых отрубей, которую помещали в контейнер слоем толщиной 5 см; в качестве влажного корма измельчали кухонные отходы, а также капусту, морковь, яблоко, остатки бананов с помощью блендера (BS-888). Влажность поддерживали постоянно на уровне 43–50% до появления взрослых жуков. Товарных личинок взвешивали в живом состоянии и сушили при температуре 60 °С в течение 24 часов. Измеряли массу высушенных личинок, а также измельчённых в лабораторной мельнице, и определяли химический состав с помощью анализатора Sup NIR 2700.

Яйца черной львинки собирали из инсектария и инкубировали при 28–30 °С, вылупившихся личинок кормили пшеничными отрубями в течение 6 дней. Полученную биомассу высушивали и определяли ее химический состав.



Рис. Внешний вид *Zophobas morio* (в НИИР, фото автора)

В благоприятных условиях *Zophobas morio* и *Hermetia illucens* размножаются в течение всего года. Самка зофобас откладывает до 200 яиц, черной львинки – до 500 и более. Все виды исследуемых насекомых развиваются с полным превращением [3].

По длине и массе несомненное преимущество имеют личинки зофобас (в несколько раз превосходят мучного хрущака и черную львинку). Значительно быстрее развивается *Hermetia illucens* по сравнению с *Zophobas morio*. Из-за плотности личинок насекомых (*Hermetia illucens*) отмечались случаи замора при повышении температуры до 45–52 °С.

Стадия яйца у *Hermetia illucens* длится меньше на 6–10 дней, чем у зофобаса. Продолжительность стадии личинки *Hermetia illucens* короче на 24–38 и на 102–114 дней, чем *Zophobas morio* соответственно [3].

Ротовой аппарат грызущего типа у имаго и личинок *Zophobas morio* приспособлен к питанию в основном сухими кормами: мукой, зерном, отрубями, сухарями, сухофруктами, сушеным мясом. Помимо сухих кормов, имаго зофобаса потребляют растительную и животную пищу. Имаго *Hermetia illucens* отличается ротовой аппаратом лижущего типа с коротким хоботком для питания нектаром растений. Источниками жизни для личинок черной львинки также служат мясо или навоз различного происхождения. Несмотря на способность питаться любой органикой, личинки *Hermetia illucens* трудно переваривают целлюлозу, что необходимо учитывать при формировании питательной среды для их выращивания [4].

В результате исследований выявлено, что по химическому составу мука из личинок *Zophobas morio* и *Hermetia illucens* вполне сравнима с мясокостной мукой (табл.) [5, 6].

Таблица

Химический состав кормов животного происхождения

Показатель	Мясокостная мука	Мука из личинок	
		<i>Zophobas morio</i>	<i>Hermetia illucens</i>
Сухое вещество, %	91,0	90,08	94,29
Сырой протеин, %	42,0	43,02	45,31
Сырой жир, %	14,5	18,62	13,87
Зола, %	23,4	6,56	8,16
Клетчатка, %	11,7	4,9	4,76

Например, содержание сырого протеина в мясокостной муке, широко применяемой в комбикормовой промышленности, составляет от 30 до 50%, сырого жира – от 19,5 до 10%, золы – от 34 до 19,5% [3]. В то же время в муке из личинок изучаемых насекомых сырой протеин достигает в среднем 44,16%, жир – 16,24%, зола – 7,36%.

В нашем эксперименте личинки зофобаса были занесены в контейнеры 14.08.2023 г., а взрослые жуки вышли из них в течение последующих 50 дней. Кормление продолжалось 23 дня. Через 13 дней с личинками, пересаженными в маленькие контейнеры без корма произошел метаморфоз, а через 15 дней жуки вышли из куколки. В эксперименте $t = 24,1$ °С была достаточной для содержания жуков, но было замечено, что чем выше температура, тем быстрее происходит рост и прохождение метаморфоза. По результатам исследований длина личинки зофобаса достигала 50 мм. По химическому составу личинок зофобаса, выращенных в нашем эксперименте, белок составил 43,02%, а по данным А. Ю. Медведева – 42,1% [1]. Эксперименты показывают, что личинки насекомых можно включать в рецепты кормов для животных. Их можно рассматривать как одну из составляющих для использования в кормление ценной рыбы или в птицеводстве.

Библиографический список

1. Медведев А. Ю., Волгина Н. В., Тресницкий С. Н. Технологические и биологические аспекты выращивания рыб в установках замкнутого водоснабжения. М. : Моркнига, 2023. 159 с.
2. Пономаренко Ю. А., Фисинин В. И., Егоров И. А. Комбикорма, корма, кормовые добавки, биологически активные вещества, рационы, качество, безопасность : монография. Минск-Москов, 2020. 764 с.
3. Биологические особенности личинок *Tenebrio molitor*, *Zophobas morio* и *Hermetia illucens* в качестве источника кормового белка для животных / А. Ю. Медведев, Н. В. Волгина, В. Г. Сметанкина, А. А. Матковская, А. П. Зеленков, Г. А. Зеленкова // Ветеринарная патология. 2023. Vol. 22. No. 2. P. 19–25. doi: 10.23947/1682-5616-2023-22-2-19-25
4. Адаптация и перспективы разведения мухи Черная львинка (*Hermetia illucens*) в циркумполярном регионе / А. М. Антонов, Э. Лутовиновас, Г. А. Иванов, Н. О. Пастухова // Принципы экологии. 2017. № 3 (24). С. 4–19.
5. Туйчиев К. С. Выращивание личинок чёрной львинки (*Hermetia illucens linnaeus*) на пшеничных отрубях и показатели их продуктивности // Universum: химия и биология : электрон. науч. журн. 2023. № 6 (108). [Электронный ресурс]. – URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/15592> (дата обращения: 16.10.2023).
6. Rumbos C. I., Athanassiou C. G. The Superworm, *Zophobas morio* (Coleoptera: Tenebrionidae): A «Sleeping Giant» in Nutrient Sources // Journal of Insect Science. 2021. Vol. 21. No. 2. P. 1–11. doi: 10.1093/jisesa/ieab014

ВЛИЯНИЕ ЗООГУМУСА ЧЕРНОЙ ЛЬВИНКИ НА ВСХОЖЕСТЬ И РОСТ ПШЕНИЦЫ, ВЫРАЩЕННОЙ НА ПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

Е. А. Пушкарева, Е. В. Коваль

*Государственный аграрный университет Северного Зауралья,
pushkareva.ea@edu.gausz.ru*

В статье описано влияние зоогумуса черной львинки на рост и развитие пшеницы, выращенной на опытных площадках с песчаной почвой. Установлены эффективные концентрации биоудобрения, описаны особенности роста пшеницы на почвах с добавкой зоогумуса.

Ключевые слова: черная львинка, *Hermetia illucens*, зоогумус, пшеница, биоудобрение, рост, всхожесть, песчаная почва.

Известно, что урожайность культур напрямую зависит от плодородия почвы, содержания в ней элементов питания и влаги. Содержание азота играет особую роль, так как этот элемент участвует в ключевых физиологических процессах в растениях: синтезе хлоропластов, белков, аминокислот, определяет деление клеток [1], поэтому азот необходим на всех этапах развития культур.

Использование удобрений в России, как и в мире в целом, устойчиво растет [2]. Однако, нерациональное использование удобрений может оказывать негативное воздействие на свойства почв, почвенную микробиоту, а также на выращиваемые культуры [3, 4]. Минеральные удобрения снижают ферментативную активность почв [5]. Именно поэтому в некоторых странах Запада правительство поддерживает аграриев, которые не используют при выращивании культур минеральные удобрения, а выращивают продукцию с использованием альтернативных источников элементов питания [6, 7].

Одним из таких перспективных источников являются личинки мухи черной львинки (*Hermetia illucens*). Личинки мухи всеядны и способны переваривать разнообразные органические вещества, в том числе сельскохозяйственные отходы: гнилые овощи и фрукты, экскременты животных и человека, мусор и т.д. [8, 9]. Уникальная микрофлора кишечника насекомых позволяет в ходе переработки отходов получать ценный продукт – зоогумус, обогащенный полезными микро- и макроэлементами, с повышенным содержанием фосфора, калия, азота [10], а также свободный от патогенных микроорганизмов [11]. Зоогумус *H. illucens* – это продукт жизнедеятельности личинок, который может стать незаменимым компонентом растениеводства.

До сих пор информации о его влиянии на показатели роста и питательный статус зерновых культур недостаточно.

Целью настоящего исследования было изучить эффекты разных концентраций зоогумуса *H. illucens* на показатели жизнедеятельности пшеницы, выращиваемой в Тюменской области на песчаной почве.

Объектом исследования были проростки мягкой яровой пшеницы. Выбор объекта исследования был не случаен, поскольку Тюменская область является

лидером среди регионов Уральского Федерального округа по площади сельхозугодий, занятых яровой пшеницей, а на песчаные почвы приходится более 1 млн га [12].

На территории лаборатории промышленной энтомологии при ГАУ Северного Зауралья были подготовлены 18 опытных площадок: 6 вариантов опыта в 3-х повторностях (рис.). Площадь каждой площадки составляла 1 м². Расстояние между пробными площадками – не менее 50 см.

Гранулометрический состав почв опытного участка песчаный. Почвы характеризуются малым содержанием органического вещества, в них встречаются литоморфные и биоморфные включения.

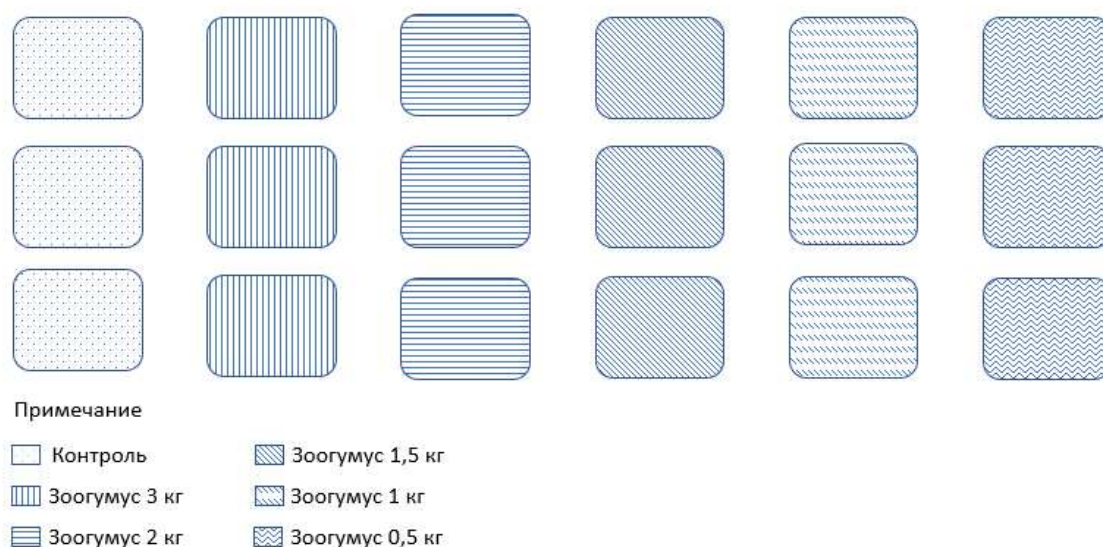


Рис. Схема эксперимента

В варианты опыта перед посевом вносили 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0 кг зоогумуса *H. illucens*. Контрольный вариант – без внесения зоогумуса. На каждую опытную площадку высеяно по 30 г семян яровой пшеницы, что соответствует примерно 750 зернам. Опыт был заложен в конце мая – несколько позднее начала посевной компании в Тюменской области. Сбор урожая и фиксация физиологических параметров растений проводились через 117 суток.

Всхожесть семян оценивали на седьмые сутки. Через 2 недели после начала эксперимента измеряли длину проростков (выборка – 50 растений). В конце эксперимента производили финальный подсчет количества растений пшеницы и ее рост.

Было изучено влияние зоогумуса на рост и развитие проростков пшеницы через неделю после посева (табл. 1). Во всех вариантах опыта с использованием зоогумуса отмечали достоверное снижение всхожести в сравнении с контролем. В среднем всхожесть семян, проращиваемых на почве с использованием зоогумуса, составила 35% от контроля. Наиболее выраженный ингибирующий эффект отмечали в варианте с дозой 1,5 кг зоогумуса на опытную площадку, а также 3 кг, где всхожесть в первую неделю составляла 23 и 28% от контроля соответственно.

Длину проростков измеряли через 2 недели после посева (табл. 1). Было установлено, что средняя длина проростков на данном этапе развития составляла 10,7 см. При этом отмечали стимуляцию роста в варианте с использованием зоогумуса в дозе 3 кг на опытную площадку, длина проростков была на 25% выше контроля. В остальных вариантах достоверных различий данного показателя выявлено не было, однако тенденция к повышению длины проростка была.

Таблица 1

Влияние зоогумуса (ЗГ) *H. illucens* на развитие растений пшеницы в начале эксперимента

Вариант	Всхожесть, шт	Длина проростков, см
Контроль	630±16,26	9,63±1,43
+0,5 кг ЗГ	278,5±45,96	10,05±2,28
+1,0 кг ЗГ	263,5±67,17	11,98±1,28
+1,5 кг ЗГ	143,33±30,92	9,82±1,13
+2,0 кг ЗГ	237,5±10,61	11,15±0,77
+3,0 кг ЗГ	177,5±3,53	12,07±0,91

Было изучено влияние зоогумуса на такие физиологические параметры пшеницы, как рост и количество растений в конце эксперимента на этапе сбора урожая. Установлено, что применение высоких доз зоогумуса (3 кг на опытную площадку) в целом снижало всхожесть на 10% от контроля (табл. 2). Умеренные дозы, напротив, стимулировали развитие проростков. В среднем всхожесть в этих вариантах на 27% превышала контроль. Наилучший эффект отмечали в случае применения зоогумуса в дозе 0,5 и 1,5 кг на м². Отметим, что в начале опыта эта добавка 1,5 кг оказывала ингибирующее действие на всхожесть (табл. 1). Четкой зависимости доза-эффект не отмечали.

Таблица 2

Влияние зоогумуса (ЗГ) *H. illucens* на развитие растений пшеницы в конце эксперимента

Вариант	Количество растений, шт	Длина проростков, см
Контроль	668,67±63,07	48,26±1,41
+0,5 кг ЗГ	864,00±66,47	51,50±1,91
+1,0 кг ЗГ	860,00±38,31	54,95±1,47
+1,5 кг ЗГ	882,00±91,65	52,76±1,49
+2,0 кг ЗГ	803,00±21,00	51,58±0,95
+3,0 кг ЗГ	658,00±102,66	53,55±1,78

Также было изучено изменение роста стеблей к этапу сбора урожая. Выявлено, что использование зоогумуса стимулировало рост. Растения были выше контроля в среднем на 10%. Наиболее выраженный эффект на рост пшеницы оказала добавка зоогумуса в дозировке 1,0 и 3,0 кг на м² – 13,8 и 11% выше контроля соответственно. Наименьшее влияние отмечали при дозе зоогумуса 0,5 кг/м².

Таким образом, было изучено влияние зоогумуса *H. illucens* на рост и развитие пшеницы на протяжении всех этапов жизнедеятельности (от посева до сбора урожая). Зоогумус оказывает ингибирующее действие на всхожесть се-

мян на начальном этапе развития и не оказывает выраженного действия на рост проростков. Однако впоследствии приводит к бурному развитию злаков, что проявляется в повышенном количестве ростков. Для растений, выращенных с использованием зоогумуса черной львинки, было характерно развитие двух проростков из одного семени, что объясняется повышенным содержанием азота, который необходим растениям для образования белков и аминокислот, а также для деления клеток.

Наименее эффективной является доза зоогумуса 2 кг/м², которая не оказывает выраженного действия на длину проростков ни в начале, ни в конце опыта. Наиболее эффективен для выращивания пшеницы на песчаной почве оказался зоогумус в дозе 1 кг/м². В целом стимулирующего эффекта для роста и развития проростков злака в той или иной степени можно добиться при использовании зоогумуса в дозе 0,5–1,5 кг/м². Добавка его в дозе 3 кг/м² оказывает положительное влияние на длину проростков, но при этом снижается всхожесть семян.

Библиографический список

1. Fageria V. D. Nutrient interactions in crop plants // Journal of Plant Nutrition. 2001. Vol. 24. P. 1269–1290. doi: 10.1081/PLN-100106981
2. Волкова А. В. Рынок минеральных удобрений М. : Национальный исследовательский институт Высшая школа экономики, 2019. 52 с.
3. Прищепа И. А. Влияние минеральных удобрений на эффективность пестицидов и ретардантов, применяемых на посевах зерновых колосовых культур [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-mineralnyh-udobreniy-na-effektivnost-pestitsidov-i-retardantov-primenyaemyh-na-posevah-zernovyh-kolosovyh-kultur-obzor>(дата обращения: 24.10.2023).
4. Нилов Н. Минеральные удобрения: польза и вред [Электронный ресурс]. – URL: <https://soz.bio/mineralnye-udobreniya-polza-i-vred/#:~:text=Минеральные%20удобрения%20провоцируют%20вымывание%20из,к%20уменьшению%20доли%20зернистых%20агрегатов>(дата обращения: 24.10.2023).
5. Струкова Д. В. Малюкова Л. С. Активность ферментов каталазы и фосфатазы в бурых лесных кислых почвах чайной плантации субтропиков России // Субтропическое и южное садоводство России. 2009. № 42–2. С. 118–127.
6. Хвосты обогащения фосфоритов Вятско-Камского месторождения как вторичные материальные ресурсы для производства натуральных удобрений / Н. В. Сырчина, Н. Н. Богатырёва, Т. Я. Ашихмина, Г. Я. Кантор // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 2. С. 107–114.
7. Оптимизация состава удобрений на основе молотых фосфоритов / Н. В. Сырчина, Т. Я. Ашихмина, Н. Н., Богатырёва, Г. Я. Кантор // Бутлеровские сообщения. 2019. Т. 60. № 12. С. 133–139.
8. Артахов А. Б. Энтомоиндустрия черной львинки // Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. 2021. Т. 18. № 4 (118). С. 61–70. doi: 10.21686/2413-2829-2021-4-61-70
9. Влияние различных биологических отходов на развитие личинок и результативность процесса переработки их черной львинкой (*Hermetia illucens*) / А. А. Лящев, Н. А. Валов, Е. В. Коваль, И. А. Прок, Г. Ш. Турсумбекова, Л. В. Лящева, Е. А. Пушкарева // АПК: инновационные технологии. 2022. № 4. С. 21–30.
10. Серебрянский Д. Н. Чем отличается биогумус личинок мух (зоогумус) от биогумуса червей (копролит) [Электронный ресурс]. – URL:

http://www.nasadki.net/index/chem_otlichaetsja_biogumus_lichinok_mukh_zoogumus_ot_biogumusa_chervej_koprolit/0-586(дата обращения: 24.10.2023).

11. Переработка отходов в биомассу и эффективное сокращение *Salmonella* spp. с использованием черной львинки (*Hermetia illucens* L.) / А. А. Лящев, Е. В. Коваль, И. А. Прок, Г. Ш. Турсумбекова, Л. В. Лящева// Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 12 (126). doi: 10.23670/IRJ.2022.126.123

12. Каретин Л. Н. Почвы Тюменской области. Н. : Наука, 1990. 289 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЕПАРАТОВ ИЗ ЛИШАЙНИКОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

**О. Б. Жданова^{1,2}, О. В. Часовских^{1,2}, А. А. Рыболовлева¹,
И. И. Окулова^{1,2}, Д. И. Редькин^{1,2}, Е. Б. Дунаева¹**

¹ Кировский государственный медицинский университет, oliabio@yandex.ru,

² Вятский государственный агротехнологический университет,
beoli@mail.ru

В статье представлен опыт сравнительного изучения свойств лишайников на примере кладонии и цетрарии. Доказана возможность применения данных лишайников в качестве БАДов.

Ключевые слова: лишайник, биологическая добавка, экспериментальная модель.

Известно, что в странах Прибалтики, в Норвегии и Финляндии в качестве иммуностимулятора широко применяется лишайник цетрария. Цетрария также издавна применяется в народной медицине на севере РФ в качестве противовоспалительного, антисептического средства, при воспалительных заболеваниях в дыхательной системе. Известно, что настои цетрарии оказывают смягчающее действие, в случае кашля проявляет свойства разжижать мокроту и способствовать ее выведению, что позволяет использовать ее в терапии туберкулеза, астматических заболеваний, бронхитов, воспаления легких и других болезней, в частности в ряде клиник активно применялась при лечении последствий ковид - 19. В настоящее время в Белоруссии выпускается Гербион® – сироп исландского мха – лекарственное средство на основе компонентов природного происхождения, использование которого по указанным назначениям основывается только на опыте продолжительного применения. В 1 мл сиропа содержится 6 мг густого экстракта исландского мха (*Cetraria islandica* (L.) Acharius s.l., слоевища), что эквивалентно 96–108 мг исландского мха. Основными компонентами экстракта являются слизи, содержащие полисахариды. Основными показаниями к применению сиропа из исландского мха являются воспалительные заболевания верхних дыхательных путей, раздражение слизистой оболочки полости рта и глотки. Применение по указанным назначениям основывается на опыте продолжительного применения, однако, помимо лечения органов дыхательной системы, данный препарат является также и адаптогеном. Учитывая вышесказанное, крайне актуально расширенное изучение свойств цетрарии.

В связи с этим проведены сравнительные исследования механообработанных лишайников *Cetraria islandica* и *Cladonia* sp. в качестве адаптогенов и иммуностимулятора.

Исследования проводили на белых беспородных мышках-самцах весом $0,026 \pm 0,003$ кг, получавших сбалансированный гранулированный корм для грызунов, разделенных на 3 группы: 1-я группа получала дополнительно препарат из цетрарии по 50 мг на животное в течение 2-х недель с перерывом 2 дня; 2-я группа – кладонию; контрольным животным выпаивали физраствор в аналогичном объеме. Также, в течение недели мышам поили отваром из цетрарии – 1-я группа и кладонии – 2-я группа (на стакан кипятка столовая ложка сухого лишайника). По окончании выпойки проводили испытания в тестах «принудительное плавание»: по одному самцу помещали в емкость с водой, глубиной более 40 см, т.е. достаточного размера для того, чтобы мыши в нем могли свободно плавать с грузом. Температура воды поддерживалась в пределах $+29 \dots +30$ °С. Окончанием теста считали полное погружение под воду более чем на 5 с. На 8 день проводили тест принудительного плавания без груза.

В результате проведенных исследований установлено, что мыши опытных групп показали значительное увеличение времени плавания без груза (в 2,9 раза у мышам, получавших кладонию, в 3,5 раза при даче цетрарии). При проведении теста «принудительное плавание с нагрузкой» мыши, получавшие цетрарию, держались на воде в 2,5 раза дольше контроля, а получавшие кладонию в 2,3 раза.

Положительные результаты выявлены при скормливании механообработанного ягеля мышам, спонтанно инвазированным сифациями. У инвазированных животных наблюдали снижение интенсивности инвазии (ИИ) на 62% и экстенсивности (ЭИ) на 25%. Вышесказанное может быть обусловлено как иммуностимулирующим действием ягеля, так и прямым нематоцидным действием [1–3]. Также препарат цетрарии применяли для лечения сифациоза, показали снижение ИИ на 90%, а ЭИ при повторных исследованиях составила 10%. Таким образом, препараты из кладонии можно применять в составе антигельминтных сборов, а препараты из цетрарии могут сами являться антигельминтиками и применяться самостоятельно, что показала высокая эффективность дегельминтизации монопрепаратом.

В Кировской области имеется весьма разнообразная лишайнобиота, являющаяся ценным сырьем для фармацевтической промышленности, которая требует детального изучения. В ходе экспедиций по территории Слободского и Кирово-Чепецкого районов установлено, что цетрария встречается нечасто. На основании обзора данных литературы [4–7] и собственных исследований подтверждаем, что изучение биологических свойств лишайников продолжает оставаться важной задачей.

Библиографический список

1. Шербакова А. И., Коптина А. В., Канарский А. В. Биологически активные вещества лишайников // Лесной журнал. 2013. № 3. С. 7–16.
2. Жданова О. Б., Написанова Л. А., Репина Е. В. Сравнительное изучение топографии кишечочно-ассоциированной лимфоидной ткани стенки кишечника у песка при гельминтозах // Труды Всероссийского НИИ гельминтологии имени К. И. Скрябина. 2006. Т. 42. С. 131–138.
3. Окружающая природная среда Кировской области : материалы научных исследований / под ред. Т. Я. Ашихминой, В. М. Сюткина, Н. А. Буркова. Киров : Вятский госпедуниверситет, 1996. 329 с.
4. Яцына А. П. Практикум по лишайникам. Витебск, 2012. 224 с.
5. Лыскова Н. С., Базарнова Ю. Г., Кручина-Богданов И. В. Изучение состава и свойств вторичных метаболитов лишайника *Usnea barbata* // Химия растительного сырья. 2018. № 1. С. 121–127.
6. Определитель растений Кировской области / под ред. И. А. Шабалиной. Ч. 1. Киров, 1975. 256 с.
7. Павлова Е. С., Павлов Н. Г. Лишайники рода цетрарии (*Cetraria*) и кладонии (*Cladonia*) в экспериментальном исследовании // Биотехнология. Взгляд в будущее : материалы III Междунар. науч. Интернет-конференции: в 2 томах. Сервис виртуальных конференций Raх Grid. Казань, 2014. С. 36–42.

СЕКЦИЯ 3 ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ И РЕЦИКЛИНГ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К РЕЦИКЛИНГУ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

Т. Р. Щитковская, Д. М. Зайдуллина

Казанский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Всероссийский государственный университет юстиции (РПА Минюста России)», gtr110285@rambler.ru

В данной статье рассматриваются вопросы о современных подходах к рециклингу отходов. Необходимо использовать ресурсы и технологии таким образом, чтобы минимизировать негативное воздействие на окружающую среду, а рециклинг играет ключевую роль в достижении этой цели.

Ключевые слова: рециклинг, экологическая безопасность, вторичное сырье, твердые бытовые отходы.

Утилизации отходов остается насущной проблемой для всего мира из-за необходимости хотя бы частично замкнуть антропогенный обмен [1].

На этапе развития передовых государств на передний план выходит социальный и экономический рост населения, теперь граждане обладают большей платежеспособностью, и растут их потребности.

Современные государства проводят политику, направленную на становление технологического прогресса. Безусловно, это хорошо, но тем самым увеличивается объем различных отходов [2], поэтому человечество обязано искать пути решения данной проблемы. Рециклинг помогает уменьшить количество отходов, которые иначе шли бы на свалку или сжигались. Путем переработки и повторного использования материалов можно сэкономить ресурсы и энергию, а также сократить загрязнение окружающей среды. Организации по рециклингу собирают отходы, например, пластик, стекло, бумагу и металл, и перерабатывают их в новые продукты [3].

Рециклинг – это один из видов переработки отходов, использование вторичного сырья, сбор, обработка и переработка использованных объектов мусора. Это один из простых и эффективных методов борьбы с растущим на нашей планете экокризисом. Устойчивое производство подразумевает использование ресурсов и технологий таким образом, чтобы минимизировать негативное воздействие на окружающую среду, а рециклинг играет ключевую роль в достижении этой цели [4].

Согласно Федеральному закону от 14.07.2022 N 268-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» вводятся такие понятия как сбор, переработка и утилизация вторичного сырья.

Настоящий федеральный закон вступил в силу с 1 марта 2023 г.

Существует множество видов мусора и для каждого из них нужен свой подход. Различают следующие методы рециклинга:

11. Механический – это процесс дробления и измельчения отходов, например, стекла и пластика, с помощью специализированных приборов, и последующего использования полученных материалов для производства новых продуктов.

Выгода состоит в экономичности, экологичности и надежности, но существует проблема – вторсырье может получиться низкого качества и потерять множество своих свойств.

2. Химический метод основан на применении химических процессов для последующего преобразования и разложения отходов на составные элементы или соединения, которые могут применяться в различных производствах.

Основной проблемой является неконтролируемое захоронение опасных отходов, которое негативно сказывается на состоянии окружающей среды.

Химический рециклинг может подойти для переработки строительного мусора и пластика, но эта переработка является дорогостоящей.

3. Биологический рециклинг основан на использовании биологических организмов или их ферментов для разложения и переработки пищевых и растительных отходов.

Их сбор и утилизация осуществляются с учетом санитарно-гигиенических норм, иначе биологические отходы могут стать источником заражения и возникновения эпидемий, эпизоотий, эпифитотий, поэтому необходим четкий контроль переработки сырья.

Для переработки электронных отходов, таких как компьютеры, мобильные телефоны и другие электронные устройства используются методы с целью извлечения материалов для последующего использования.

Электронные отходы, как известно, опасны для экологии, потому что они отравляют и истощают почву, подземные и поверхностные воды, а также оседают на поверхности (включая растения) и приводят к тяжелым последствиям для растений, животных и человека [5].

Существуют следующие способы подготовки отходов для рециклинга.

1. Раздельный сбор мусора упрощает и облегчает рециклинг. Подход предполагает раздельный сбор отходов: бумаги, пластика, электроники, стекла, металла и т.д. Отсортированные отходы отправляются на дальнейшую переработку и получение вторичного сырья.

2. Компостирование органических отходов, таких как пищевые остатки или садовые отходы, которые затем используются в качестве удобрения.

3. Переработка пластика, бумаги и стекла.

Пластиковые отходы могут быть переработаны вторичным способом, таким как измельчение, плавление пластика для последующего создания иных изделий.

Бумажные отходы после сбора распыляют на волокна, очищают от примесей и получают новую бумагу.

Отходы, содержащие стекло, разделяются по цветам, после чего подвергаются плавлению для последующего производства продуктов вторичной переработки.

Что примечательно, бумага, стекло и многие металлы могут быть переработаны бесконечное количество раз без потери качества.

4. Сжигание мусора. В результате сжигания получается энергия, которая становится альтернативным источником энергии. Современные мусоросжигательные установки соответствуют высоким требованиям защиты экологии, поэтому не стоит переживать за отрицательную сторону этого процесса.

Существует проблема рециклинга в нашей стране из-за невозможности обеспечить население доступными контейнерами для сортировки отходов на местах, чтобы облегчить процесс отдельного сбора и утилизации материалов, вести разработку и внедрение эффективных технологий переработки отходов, которые могут восстанавливать ресурсы для повторного использования. Все это требует огромных денежных средств, ведь не все они экономически выгодны.

Вторая проблема заключается в неспособности переработать многие объекты отходов. Пластиковые трубочки, зажигалки, термоусадочная пленка, чайные пакетики, ватные палочки, скотч, искусственные елки, файлы для документов, одноразовая посуда, в том числе бумажная, хрусталь, зеркала, салфетки, фотобумага – они не перерабатываются и создают огромную проблему загрязнения окружающей среды.

Третья проблема заключается в низкой экологической грамотности общества в целом, так как в современном мире очень часто обращают внимание на иные проблемы, когда под носом у человечества реальная и глобальная проблема.

Четвертая проблема заключается в отсутствии инфраструктуры и нехватки перерабатывающих пунктов.

Пятая проблема заключается в том, что сбор мусора не регулируется и не контролируется. А нерегулярное и неполное собирание отходов может привести к неправильной сортировке и утяжелить бремя предприятий, занимающихся рециклингом.

Таким образом, для успешной реализации этих мер необходима поддержка государства и законодательное регулирование этой деятельности, стимулирующие участие общественности в рециклинге.

Нужно осуществлять образовательные кампании и информационные программы для общественности, чтобы повысить осведомленность граждан о рециклинге и важности применений таких технологий.

Необходимо опережающими темпами приступить к формированию нового направления промышленного развития России: созданию закрытых и хорошо финансируемых научно-производственных коллективов, нацеленных на

ускоренную разработку, внедрение и доведение до промышленного производства новых импортозамещающих отечественных технологий и оборудования для воспроизводства новых возобновляемых материалов путём рециклинга отходов производства и потребления для покрытия дефицита и бесперебойного снабжения оборонно-промышленного, космического комплекса, радиоэлектронной, машиностроительной и других важных отраслей [6].

Предприятиям необходимо разработать новые методы рециклинга для улучшения качества продуктов вторичной переработки. Под внешними качествами люди смогут увидеть и плюсы данной технологии, заключающиеся в ее экологичности и безопасности.

Развитие рециклинга будет успешным, когда субъекты объединены совместной творческой деятельностью, проявляющейся в способности к активности, действенности, интеграции, способности к преобразованию окружающего мира и себя.

Библиографический список

1. Павлова В. А., Гайсина Т. Р., Щитковская Т. Р. Переработка отходов как инструмент ресурсосбережения и охрана окружающей среды // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук : сб. науч. трудов второй заочной междунар. конф. профессорско-преподавательского состава. Казань : ООО «Печать-Сервис-XXI век», 2018. С. 138–140.
2. Сбор и переработка твердых коммунальных отходов : монография / Л. И. Соколов, С. М. Кибардина, С. Фламме, П. Хазенкамп. М. : Инфра-Инженерия, 2019. 176 с.
3. Безотходная торговля: зачем X5 и «Магнит» собирают бутылки и перерабатывают упаковку [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.business-vector.info/bezothodnaya-torgovlya-zachem-rossijskie-ritejlery-sobirayut-buty-lki-i-pererabaty-vayut-upakovku/?ysclid=lpbddcdc7d636567848> (дата обращения: 18.01.2023).
4. Савина Т. Н. Необходимость развития рециклинга как особого механизма эколого-экономической сбалансированности // Контентус. 2016. № 10 (51). С. 31–34.
5. Уколова Н. В., Новикова Н. А. Современные подходы к рециклингу вторичного сырья // Научное обозрение: теория и практика. 2016. № 4. С. 48–56.
6. Панина М. К., Щитковская Т. Р. Нормативно-правовое регулирование утилизации отходов производства и потребления на примере Республики Татарстан // Технологии переработки отходов с получением новой продукции : материалы III Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : Вятский государственный университет, 2021. С. 71–75.

ОПЫТ СОЗДАНИЯ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПЛОЩАДКИ ПО БИОПЕРЕРАБОТКЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

И. Л. Бухарина, А. Г. Ковальчук

Удмуртский государственный университет, buharin@udmlink.ru

В статье представлен опыт создания научно-производственной площадки (НПП) по биопереработке органических отходов. Показаны цель создания НПП, направления деятельности и перспективы развития.

Ключевые слова: органические отходы, биопереработка, научно-производственная площадка, технологии, система обращения с отходами.

Научно-производственная площадка (НПП) по промышленной обработке, апробированию инновационных технологий переработки органических отходов и производству продуктов на их основе создана в ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет» в рамках реализации программы «Приоритет-2030», участником которой университет стал в 2021 г. Программа «Приоритет-2030» включает несколько стратегических проектов, один из которых «Новое качество жизни: ответ на современные биоэкологические вызовы» направлен на решение следующих задач: разработка пакета уникальных решений в области глобальных задач экологии, биотехнологий и промышленной экологии на принципах междисциплинарного подхода, конкурентоспособности и интеграции в научно-производственные сообщества; переход от фундаментальных и научно-прикладных исследований и разработок к созданию конкурентно способных и востребованных продуктов, их внедрение в реальный сектор экономики. Одним из развивающихся секторов экономики является система обращения с отходами, в частности с органическими отходами. Полигоны твердых коммунальных отходов (ТКО) в России занимают большие площади (0,1 млн га), ежегодно образуется 47,4 млн т отходов. Выбросы свалочных газов полигонов ТКО составляют 67,6 млн т CO₂-эквивалента/год за счет гниющей органики [1]. Состав свалочных газов сложен и включает до 60 различных газов [1], утилизация которых сложная химико-технологическая задача. В настоящее время проблема выбросов CO₂ актуализирована критическим накоплением органических отходов на полигонах ТКО.

При этом органические отходы могут быть ценным сырьем для производства различных новых продуктов, а в случае биопереработки с помощью насекомых – биогумуса и белковых продуктов (БАДы для животноводства, птицеводства, рыбоводства и корма для домашних животных). Например, дефицит БАД для животноводства составляет 1,8–2,1 млн т /год. Рынок биогумуса составляет 1,5 млн т/год (дефицит 1,0 млн/т) [2].

В рамках реализации стратегического проекта «Новое качество жизни: ответ на современные биоэкологические вызовы» в 2021 г. была проведена НИР «Формирование научно-производственной площадки в сфере обращения отходов», результатом которой стала разработка и утверждение технического задания и дорожной карты создания научно-производственной площадки (НПП) по промышленной обработке, апробированию инновационных технологий переработки органических отходов и производству новых продуктов на их основе. Подписано 4-х стороннее Соглашение о сотрудничестве с промышленными партнерами в целях создания и развития НПП. В настоящее время завершено приобретение оборудования, монтаж оборудования и запуск технологической линии по биопереработке органических отходов с помощью личинки мухи Черной львинки. Открыто (зарегистрировано в ФНС РФ) инновационное предприятие замкнутого технологического цикла многопродуктового типа с ориентацией на импортозамещение с участием УдГУ (ООО Научно-производственное объединение «Доступные технологии»). Заключены 3 договора на проведение НИР. Разработаны и зарегистрированы Технические условия на производ-

ство двух продуктов, получены Сертификаты соответствия с протоколами испытаний («Биогумус» и «Корма для животных сухие»).

Переработка органических отходов актуальна и в связи с реализацией климатической повестки в РФ. В связи с чем разработан проект «Создание сети производственных предприятий по утилизации органических отходов с использованием биообъекта на принципах многопродуктовости и углерод нейтральности». В состав разработчиков проекта вошли представители: АУ УР «Удмуртлес», ФНЦ агроэкологии РАН; Чеченского государственного университета имени А. А. Кадырова; Сибирского федерального университета; Уральского государственного горного университета, ООО «СИБУР» Агентства лесного и охотничьего хозяйства Правительства Сахалинской области; Нижегородского государственного технического университета имени Р. Е. Алексеева; Дальневосточного федерального университета. Проект апробирован и выбран в качестве финалиста «Российско-китайской программы подготовки специалистов по разработке и реализации природно-климатических проектов и работе на углеродных рынках». Два сотрудника УдГУ прошли программу профессиональной переподготовки на базе ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет» и получили квалификацию менеджеров в сфере Управления природно-климатическими проектами и работы на углеродных рынках. Финансирование обучения сотрудников по данной программе осуществлялось совместно с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Удмуртской республики.

На базе НПП осуществляется проведение фундаментальных НИР.

1. Утилизация органических отходов помощью микроскопических грибов и создание упаковки из грибных гифов.

2. Исследование роли эндотрофных микроскопических грибов в процессах декарбонизации, адаптации экосистем к изменениям климата и восстановлению почвенного плодородия.

3. Оценка эффективности использования биообъектов в утилизации органических отходов разной морфологии, включая органические отходы молочной, пивоваренной и мясной отрасли.

Таким образом, в УдГУ создана модель разработки и внедрения технологических решений в отрасли экономики (система обращения отходов). Она направлена на реализации концепции технологического развития РФ, с целью адаптации научных решений к реалиям промышленного производства, для последующего внедрения в реальный сектор экономики. Созданная НПП – база для практической, производственной и предпринимательской подготовки молодых кадров. Модель создания НПП в рамках образовательной организации может быть моделью для тиражирования в научно-образовательных учреждениях по разным областям науки и технологий.

Библиографический список

1. Охрана окружающей среды в России : Стат. сб. / под ред. И. В. Васильев. М. : Росстат, 2022. 115 с.

2. Постановление Правительства РФ от 03.09.2021 № 1489 «О внесении изменений в Федеральную научно-техническую программу развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы» [Электронный ресурс]. – URL: <http://government.ru/docs/all/136507/> (дата обращения: 23.10.2023).

ОЧИСТКА ХРОМСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫМ СОРБЕНТОМ

*В. И. Коряковцев¹, А. И. Долгина¹, С. В. Девятерикова¹,
К. О. Камалов¹, Д. В. Мохова²*

¹ *Вятский государственный университет, stud144614@vyatsu.ru,
stud144651@vyatsu.ru, usr01730@vyatsu.ru, usr00705@vyatsu.ru*

² *Кировский государственный медицинский университет Минздрава России,
Diana.mokhova.78@mail.ru*

В статье представлен опыт применения органоминерального сорбента из глины и шишек ели для очистки хромсодержащих сточных вод.

Ключевые слова: шишки ели, *Picea* sp., глина, сорбент, хромсодержащие сточные воды.

Гальванические производства занимают второе место по экологической опасности после эксплуатации автомобилей. Источником загрязнения от гальванического производства являются, в первую очередь, промышленные стоки, содержащие ионы тяжелых металлов, в том числе ионы хрома. Соединения хрома оказывают на организм человека канцерогенное и мутагенное действие. Перед сбросом в канализацию гальваностоки поступают на локальные очистные сооружения предприятия, однако в большинстве случаев сточные воды требуют дополнительной очистки [1].

Наш регион богат еловыми лесами, поэтому очень много шишек пропадает на лесозаготовках. В нашей работе предложена их утилизация в составе сорбента для извлечения ионов хрома из сточных вод.

В качестве адсорбента использовали смесь глины и шишек ели *Picea* sp. Соотношение компонентов представлено в таблице 1.

Таблица 1

Процентное содержание шишек ели в сорбенте

Сорбент, №	Масса глины, г	Масса шишек, г	Процентное содержание шишек ели, %
1	50	0	0
2	45	5	10
3	40	10	20
4	35	15	30
5	25	25	50

Сорбент получали путем совместной ступенчатой карбонизации компонентов в муфельной печи при следующих условиях: нагревание при температу-

ре 230 °С в течение 30 минут, при температуре 300 °С 15 минут, при температуре 400 °С 15 минут. Сорбент измельчали в фарфоровой ступке пестиком.

Суммарный объем пор определяли по методике [2]. В стеклянную трубку, обвязанную с одного конца марлей, засыпали навеску сорбента. После этого трубку помещали в чашу с керосином. Следили за тем, чтобы уровень керосина в чаше был не ниже дна трубки, но и не стоял высоко. Взвешивание проводили через 48 часов после закладки опыта. После этого трубку снова ставили в чашу с керосином и через 2 часа проводили повторное взвешивание. Если вес не изменился, то принимали полученную цифру, в противном случае продолжали насыщение сорбента до постоянной массы.

Суммарный объем пор сорбента вычисляли по формуле (1):

$$V = (m_1 - m) / (m \cdot \rho), \quad (1)$$

где m – масса навески образца; m_1 – масса навески образца, пропитанного керосином; ρ – плотность керосина, г/мл.

Результаты определения суммарного объема пор в сравнении с активированным углем приведены в таблице 2.

Таблица 2

Характеристики используемых сорбентов

Сорбент	Суммарный объем, мл	Адсорбционная активность сорбента, %
Глина	0,11	3,49
Глина + шишки ели 10%	0,17	5,71
Глина + шишки ели 20%	0,34	6,66
Глина + шишки ели 30%	0,35	7,61
Глина + шишки ели 50%	0,49	11,42
Активированный уголь	2,26	18,09

Как видно из таблицы 2, максимальный объем пор имеет сорбент, состоящий из глины и шишек ели в соотношении 1:1. Тем не менее, активированный уголь имеет существенно больший объем пор, что, видимо, обусловлено большим вкладом органической составляющей.

Сорбционную активность полученных материалов определяли следующим образом [3]. Около 1 г высушенного сорбента помещали в коническую колбу вместимостью 250 см³, добавляли 100 см³ раствора иода в иодистом калии, закрывали пробкой и взбалтывали на виброгрохоте в течение 15 мин при интенсивности не менее 100–125 колебаний в минуту. Затем раствору давали отстояться и из колбы пипеткой осторожно, чтобы не попали частички угля, отбирали 10 см³ раствора, помещали в коническую колбу вместимостью 50 см³ и титровали раствором тиосульфата натрия. В конце титрования добавляли 1 см³ раствора крахмала и титровали до исчезновения синей окраски. Одновременно проводили определение начального содержания йода в растворе, для этого отбирали 10 см³ раствора йода в иодистом калии и титровали раствором тиосульфата натрия, добавив в конце титрования раствор крахмала.

Адсорбционную активность сорбента по йоду (A) в процентах вычисляли по формуле (2):

$$A = ((V - V_1) \cdot 0,0127 \cdot 100 \cdot 100) / (10 \cdot m), \quad (2)$$

где V – объем раствора тиосульфата натрия 0,1 Н, израсходованный на титрование 10 см³ раствора иода в иодистом калии, см³; V_1 – объем раствора тиосульфата натрия 0,1 Н, израсходованный на титрование 10 см³ раствора иода в иодистом калии, после обработки сорбентом, см³; 0,0127 – масса иода, соответствующая 1 см³ раствора тиосульфата натрия 0,1 Н, г; 100 – объем раствора иода в иодистом калии, взятый для осветления сорбентом, см³; m – масса навески сорбента, г [3].

Результаты определения адсорбционной активности разработанных материалов представлены в таблице 2. Как видно, наилучшие сорбционные свойства снова обнаружил активированный уголь. Из полученных сорбентов наибольшей сорбционной активностью обладает сорбент из глины и шишек ели, взятых в соотношении 1:1.

Очистку сточной воды от ионов хрома проводили в статическом режиме по следующей методике. В колбу на 250 см³ отбирали 125 см³ модельной сточной воды, добавляли 1 г сорбента, показавшего наилучшие результаты в предварительно проведенных экспериментах на определение суммарного объема пор и адсорбционной емкости (это глина и шишки ели, взятые в соотношении 1 : 1) и перемешивали. Через два часа отбирали пробу и определяли в ней содержание ионов хрома.

Результаты приведены в таблице 3 и на рисунке.

Таблица 3

Степень очистки

Сорбент	Концентрация хрома в растворе, мг/л	Степень очистки, %
Модельная сточная вода	1,532	–
Глина	0,812	47
Активированный уголь	0,636	58
Глина + шишки ели 50%	0,406	73

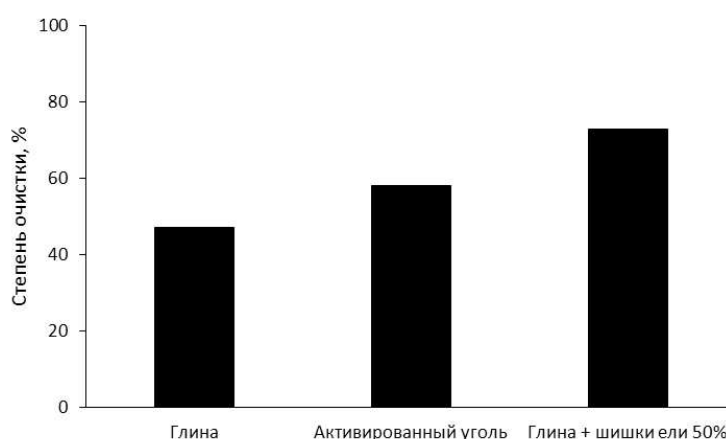


Рис. Степень очистки хромсодержащих сточных вод исследуемыми сорбентами

Как видно, наилучшую сорбционную активность по ионам хрома показал сорбент, состоящий из глины и шишек ели, взятых в соотношении 1 : 1.

Таким образом, результаты работы показали, что наибольшие объем пор и сорбционную активность имеет активированный уголь, но сорбент, полученный из глины и шишек ели, взятых в соотношении 1:1, тем не менее, также имеет потенциал. Предполагается улучшение определяемых характеристик после активации разработанного материала химическим способом.

В очистке сточных вод от ионов хрома разработанный нами сорбент показал максимальную эффективность даже в сравнении с активированным углем, что доказывает целесообразность его применения в очистке сточных вод от ионов тяжелых металлов.

Библиографический список

1. Сорбент для очистки хромсодержащих сточных вод / В. Ю. Соловьева, В. П. Юстратов, А. К. Горелкина, И. В. Тимощук, О. В. Беляева // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 7. С. 75–79. doi: 10.23670/IRJ.2022.121.7.051
2. Свойства и применение сорбционных материалов из луба коры березы [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/svoystva-i-primenenie-sorbtsionnyh-materialov-iz-luba-kory-berezy/viewer> (дата обращения: 25.10.2023).
3. ГОСТ 6217-74 Уголь активный древесный дробленый. Технические условия [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gostedu.ru/17175.html> (дата обращения: 25.10.2023).

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ПИРОЛИЗА НА СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА УГЛЕРОДИСТОГО ОСТАТКА

Е. А. Земцова, А. А. Комаровских, С. М. Юрецкий
Вятский государственный университет,
ea_zemtsova@vyatsu.ru

В статье представлены результаты исследования влияния условий проведения пиролиза отходов резинотехнических изделий на сорбционные свойства получаемого углеродистого остатка. Рассмотрено влияние температуры, скорости развертки температуры и дисперсность частиц отходов, загружаемых в пиролизер, на сорбционную емкость по отношению к метиленовому синему и кислоте.

Ключевые слова: отходы резинотехнических изделий, пиролиз, твердый углеродистый остаток, сорбция.

На сегодняшний день в мире остро стоит проблема утилизации отходов производства и потребления. Активный рост населения способствует не только увеличению производительности практически во всех отраслях хозяйственной деятельности, но и образованию все большего количества отходов. Причем, происходит не только наращивание производственных мощностей, но и интенсификация существующих, за счет использования современных высокотехнологических материалов, последующая утилизация которых после использования затруднена ввиду сложности их состава и отсутствия необходимых технологий.

Одним из важнейших направлений современной промышленности является использование отходов в качестве вторичного сырья в условиях ограниченного количества вырабатываемых и ископаемых ресурсов. Примером служат отходы резинотехнических изделий (РТИ). Такие отходы обладают определенной энерго- и ресурсоемкостью и могут рассматриваться, как вторичные материальные ресурсы.

Резиновые изделия за счет своих свойств распространены во всех сферах человеческой деятельности. Отходы потребления накапливаются по мере износа резиновых изделий и их выхода из эксплуатации. К данным отходам относят: резиновые смеси, резинотканевые отходы, резинометаллические отходы, резинотканевые изделия, шины, резинометаллические изделия.

Отходы РТИ, получаемые еще до стадии вулканизации, по своим характеристикам мало отличаются от исходных резиновых смесей. Такие отходы являются ценным вторичным ресурсом и могут быть переработаны непосредственно на предприятиях, занимающихся производством резины и РТИ.

Более сложно обстоит дело с переработкой вулканизированных резин, поскольку, в отличие от других материалов, они, в силу высокой эластичности и хорошей растяжимости (благодаря чему и получили широкое распространение во всех сферах человеческой деятельности), т. е. способности к обратимым и высоким деформациям, плохо поддаются измельчению, которое является одной из первоначальных стадий переработки практически любых твердых отходов [1].

Наиболее широкое распространение среди методов переработки отходов РТИ нашли термохимические методы, заключающиеся в их сжигании, пиролизе или газификации.

Выбор оптимального метода утилизации отходов РТИ зависит от различных факторов, включая тип и количество отходов, доступность технологий и инфраструктуры, а также экономическая и экологическая эффективность метода. Одним из наиболее экологически чистых способов утилизации отходов РТИ является пиролиз.

Пиролиз – это термохимическая реакция разложения твердых углеродсодержащих материалов в условиях недостатка кислорода (в вакууме или в среде инертного газа, чаще всего аргона) с целью получения более простых по составу веществ. Воздействие высокой температуры на крупные молекулы вещества приводит к разрушению в них межатомных связей и образованию меньших по размеру молекулярных соединений. Пиролиз используется для безопасной утилизации химических веществ, которые могут выделять токсичные соединения при горении. Процесс пиролиза может протекать в широком диапазоне температур в реакторах различной конфигурации [2].

В результате данного процесса получают следующие продукты: пиролизный газ, жидкотопливная фракция и твердый углеродистый остаток. В случае пиролиза шин среди продуктов пиролиза выделяется и металлокорд.

Среди продуктов пиролиза наибольшее применение на сегодняшний день находят углеродистый остаток и жидкотопливная фракция. При этом получаемый газ, в основном, рассматривается как низкосортное топливо и зачастую его

использование заключается в поддержании технологического процесса самого пиролиза.

Образующийся во время пиролиза углеродистый остаток представляет из себя массу черного цвета с содержанием углерода до 98% [3], характерным запахом и дисперсностью частиц, которая определяется температурно-временными характеристиками процесса. Также в состав такого остатка входят минеральные компоненты, первоначально присутствующие в отходах РТИ в целях придания резине необходимых технологических и эксплуатационных свойств. Это различные ускорители и замедлители вулканизации, мягчители, пластификаторы, красители, вещества, придающие резине прочность, износостойкость, морозо- или теплоустойчивость и др. Резина менее ответственных элементов может содержать регенерат – пластичный продукт, получаемый специальной обработкой старых резиновых изделий (покрышек, камер), который применяют для некоторого уменьшения расхода основного каучука.

Полученный пиролизный углеродистый остаток (ПУО) находит применение в самых разных отраслях народного хозяйства: дорожная отрасль, лакокрасочное производство, строительная сфера, литейное производство и др. [3].

Среди перспективных направлений использования ПУО рассматривается и очистка сточных вод.

Авторами данной работы была поставлена цель в изучении влияния условий пиролиза отходов РТИ на сорбционные свойства образующегося углеродистого остатка.

В работе исследовались незагрязнённые отходы вулканизированных синтетических цис-изопреновых каучуков бытового назначения. Согласно ФККО, подобные отходы относятся к 5 классу опасности и могут наносить незначительный вред окружающей среде.

ПУО получали в трубчатом горизонтальном реакторе, представленном на рисунке 1.

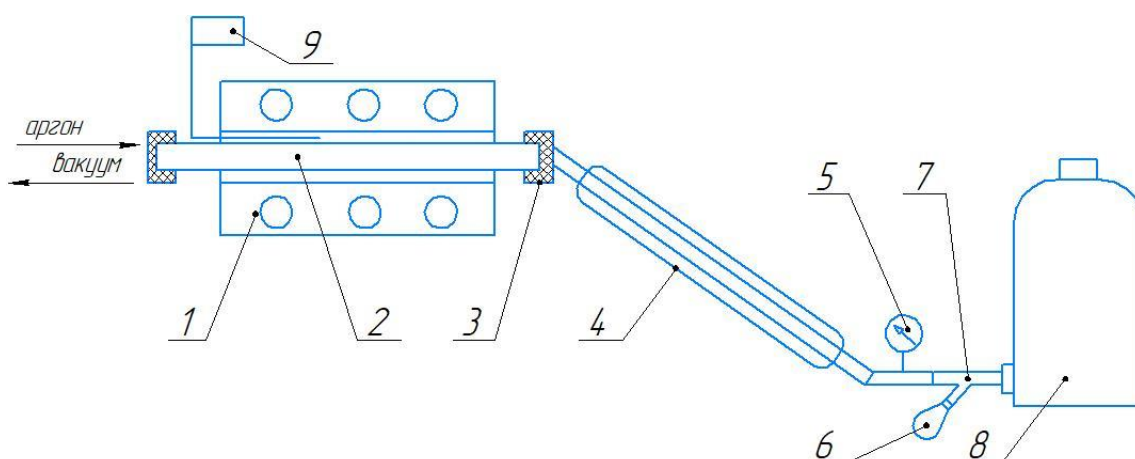


Рис. 1. Схема установки пиролиза с горизонтальной печью:
1 – горизонтальный реактор, 2 – кварцевая трубка, 3 – вакуумная резинка,
4 – холодильник Либиха, 5 – манометр; 6 – приемная колба,
7 – стеклянный тройник с краном, 8 – газгольдер, 9 – ПИД-регулятор

Условия получения ПУО представлены в таблице.

Таблица

Условия получения пиролизного углеродистого остатка (ПУО)

№ образца ПУО	Температура обработки, °С	Скорость развертки температуры, °С/ч	Дисперсность отходов РТИ, мм
1	400	150	< 2
2	400	200	< 2
3	400	150	5–10
4	400	200	5–10
5	1000	150	< 2
6	1000	200	< 2
7	1000	150	5–10
8	1000	200	5–10

Для исследования сорбционных свойств были использованы несколько методов.

Сущность метода определения сорбционной емкости по метиленовому синему заключалась в сорбции индикатора на поверхности пор сорбента и последующем фотометрическом измерении изменения цветности при длине волны 396 нм. Для проведения анализа 0,1 г ПУО помещали в коническую колбу вместимостью 100 мл, добавляли 50 мл рабочего стандартного раствора метиленового синего с концентрацией 1,5 г/дм³, закрывали пробкой и оставляли на 60 минут. Затем аккуратно отбирали 5 мл раствора и помещали в мерную колбу вместимостью 50 мл, доводили объем раствора до метки, перемешивали и проводили измерение оптической плотности растворов на спектрофотометре марки ПЭ-5300 ВИ и толщиной кюветы 30 мм. Расчет сорбционной емкости проводили согласно ГОСТ 4453-74 «Уголь активированный осветляющий древесный порошкообразный» [4].

При использовании метода определения сорбционной емкости по кислоте сорбционные свойства определялись по эффективности поглощения образцами Н⁺. Для этого 0,5 г ПУО помещали в коническую колбу вместимостью 250 см³, добавляли 50 см³ 0,1Н раствора НСl, закрывали пробкой и ставили на ротатор на 60 минут. Далее отбирали 10 см³ раствора и оттитровывали 0,1Н раствором NaOH в присутствии индикатора фенолфталеина до появления характерной окраски. Расчет сорбционной емкости по кислоте осуществляли согласно [5].

Результаты, полученные в ходе исследований, можно представить в виде диаграммы (рис. 2), из которой видно, что на сорбционную емкость по кислоте условия получения ПУО не оказывают существенного влияния. Сорбционная емкость образцов варьируется от 0,2 до 1,6 мг-экв/г. При этом наибольшую сорбционную емкость демонстрирует образец, полученный при 1000 °С, скорости развертки температуры в 200 °С/ч и дисперсности отходов, составляющей 5–10 мм.

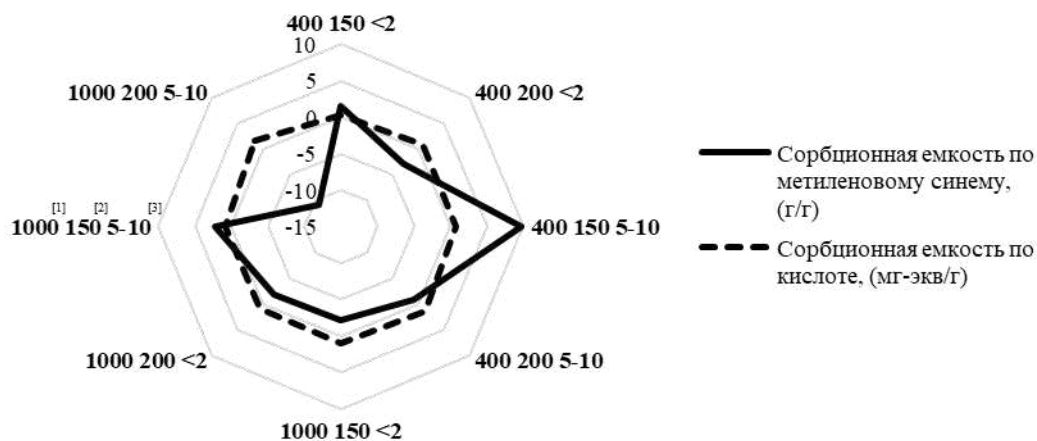


Рис. 2. Диаграмма сорбционных свойств ПУО:
 [1] – температура обработки, °С; [2] – скорость развертки температуры, °С/ч;
 [3] – дисперсность отходов РТИ, мм

Из диаграммы видно, что наибольшую сорбционную емкость по отношению к метиленовому синему проявляет образец, полученный при 400 °С, скорости развертки температуры в 150 °С/ч и дисперсности отходов, составляющей 5–10 мм. Остальные образцы демонстрировали очень низкие значения сорбционной емкости, близкой к нулю, причем у некоторых образцов расчетное значение емкости падало ниже нуля. Это может быть связано с тем, что в ходе самого процесса пиролиза в условиях повышенной температуры, пористость образцов увеличивается, при этом образующиеся пиролизные газы начинают более эффективно сорбироваться поверхностью ПУО, что в дальнейшем приводит к их десорбированию во время испытаний сорбционных свойств в водной среде.

Таким образом, на основании полученных результатов можно сделать вывод, что условия пиролиза оказывают значительное влияние на сорбционную емкость ПУО в большей степени по отношению к метиленовому синему, и в меньшей степени – по отношению к кислоте. Вероятнее всего, это свидетельствует об изменении количества активных центров кислотного и кислотно-основного характера на поверхности ПУО. Для более ясного понимания возникающих эффектов предварительно требуется осуществление процесса десорбции пиролизных газов из пор ПУО.

Библиографический список

1. Бобович Б. Б. Переработка промышленных отходов : учебник для студентов технол. спец. вузов. М. : СП ИНТЕРМЕТ ИНЖИНИРИНГ, 1999. 445 с.
2. Тимонин А. С. Инженерно-экологический справочник. Т. 3. Калуга : Изд-во Н. Бочкаревой, 2003. 1024 с.
3. Панасюгин А. С., Нисс В. С., Машерова Н. П. Получение пиролитического углерода из отходов резиносодержащих изделий для использования в литейном производстве // Литье и металлургия. № 2. 2023. С. 25–30.

4. ГОСТ 4453-74 Уголь активированный осветляющий древесный порошкообразный. М. : Изд-во стандартов, 1974. 21 с.
5. Технический анализ нанопористых материалов: метод. указания для выполнения лаб. работ для студентов очной и заоч. форм обучения направления 240100 «Хим. технология и биотехнология» / И. К. Гиндулин, Ю. Л. Юрьев; Урал. гос. лесотехн. ун-т. Каф. хим. технологии древесины. Екатеринбург : УГЛТУ, 2011. 16 с. [Электронный ресурс]. – URI: <https://elar.usfeu.ru/handle/123456789/205> (дата обращения: 15.03.2023).

РАЗРАБОТКА ГИДРОФОБИЗАТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВ

А. М. Фоминых, К. О. Камалов, С. В. Девятерикова
Вятский государственный университет,
alex_mf@inbox.ru, usr00705@vyatsu.ru, usr01730@vyatsu.ru

В статье представлены результаты исследований по созданию гидрофобизаторов для бетона с использованием технических парафинов, являющихся отходами нефтепроизводств, в частности, парафинов марки «Т». Разработан оптимальный состав экологически безопасного гидрофобизатора для строительных материалов с введением в его состав отходов производств.

Ключевые слова: гидрофобизаторы, водопоглощение, водоотталкивающие свойства, технический парафин.

Строительство подземных сооружений и заглубленных конструкций в обязательном порядке предусматривает меры по качественной и долговечной гидроизоляции. Экономическая целесообразность гидроизоляции заглубленных частей строящегося объекта обусловлена, прежде всего, тем фактом, что ремонт подобных конструкций практически невозможен или требует колоссальных ресурсов, в том числе трудовых и финансовых [1].

Гидрофобизаторы – это специальные композиции, созданные для того, чтобы снизить смачиваемость водой обработанных ими материалов. Водоотталкивающие свойства повышают срок службы материалов и их внешний вид, тем самым уменьшают затраты на производство. В результате гидрофобизации вода перестаёт проникать в поры и трещины шириной до 1 мм.

В качестве объекта исследований был выбран бетон ввиду своей распространённости и ключевой роли в качестве строительного материала. Для экспериментов использовали бетон М 250 (образец № 1), М 200 (образец № 2), М 150 (образец № 3). Составы гидрофобизирующих добавок приведены в таблице 1.

Перед проведением испытаний с поверхностным нанесением гидрофобизирующих композиций испытываемые образцы полностью просушивали, после чего гидрофобизирующие композиции наносили на поверхность образцов с помощью кисти. Испытания проводили при комнатной температуре.

Образцы марок бетона были подвергнуты тестам по определению их водопоглощения до и после нанесения гидрофобизаторов [2].

Составы гидрофобизирующих композиций

№ композиции	Состав	% масс.
№ 1	пчелиный воск	9
	парафин технический марки «Т»	33
	вазелин	24
	петролейный эфир	34
№ 2	парафин технический марки «Т»	13
	ПВ-200	13
	вазелин	40
	петролейный эфир	34
№ 3	парафин технический марки «Т»	30
	вазелин	35
	петролейный эфир	35

После полной просушки бетонных образцов каждый из них помещали в наполненную водой ёмкость с учётом того, чтобы уровень воды в ёмкости был выше уровня испытываемых образцов не менее чем на 50 мм. Вода должна быть комнатной температуры. После погружения образцов в воду их взвешивали по истечении 24 часов с погрешностью не более 0,1%. Исходя из требований ГОСТ, испытание образцов на водопоглощение длилось 72 часа.

Водопоглощение бетона W_b , % масс., определяли по формуле:

$$W_b = \frac{m_{вл} - m_{co}}{m_{co}} \cdot 100\%,$$

где $m_{вл}$ – масса образца бетона с учётом влаги, г; m_{co} – масса высушенного образца бетона, г.

Результаты определения водопоглощения для необработанных бетонных образцов приведены на рисунке 1.

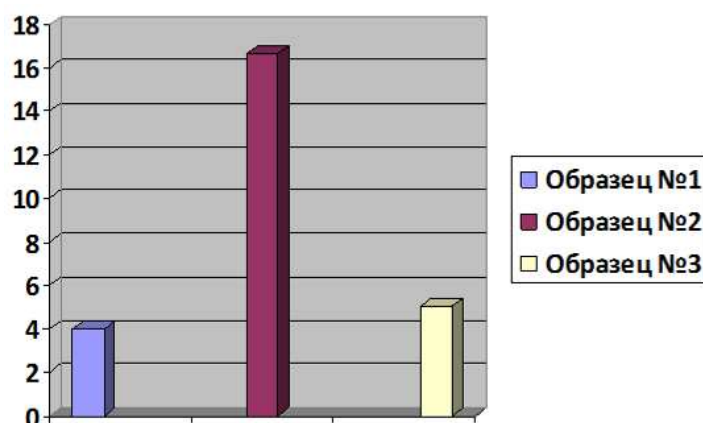


Рис. 1. Водопоглощение образцов необработанного бетона

Высокое значение водопоглощения у образца № 2 обусловлено минимальным количеством гравия и камней в его составе, наличие которых снижает водопоглощение.

Результаты испытаний образцов, обработанных гидрофобными композициями, приведены в таблице 2 и на рисунке 2.

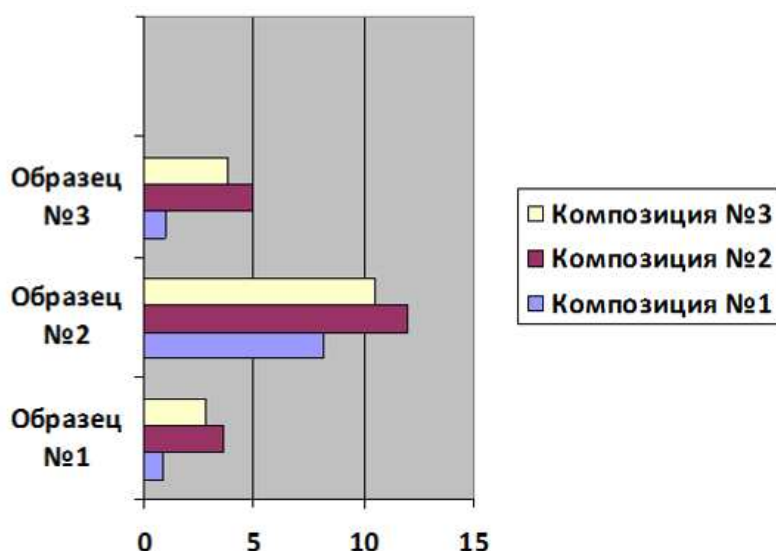


Рис. 2. Водопоглощение образцов обработанного бетона

Таблица 2

Результаты уровня водопоглощения обработанных образцов

Композиция, №	Образец бетона	Среднее значение водопоглощения обработанного бетона (W_{cp}), %
1	M250	0,86
	M200	8,20
	M150	0,93
2	M250	3,63
	M200	12,01
	M150	4,99
3	M250	2,83
	M200	10,50
	M150	3,76

Как можно наблюдать, добиться увеличения гидрофобности для бетонных поверхностей можно с помощью всех видов композиций, независимо от марки бетона, но композиция № 1 обладает наиболее высокими защитными свойствами, нежели остальные варианты смесей, что делает перспективным использование подобных гидрофобизаторов для защиты бетонных конструкций.

Библиографический список

1. Зарубина Л. П. Гидроизоляция конструкций, зданий и сооружений. СПб. : БХВ-Петербург, 2011. 266 с.
2. ГОСТ 12730.3-2020. Бетоны. Метод определения водопоглощения [Электронный ресурс]. – URL: <https://internet-law.ru> (дата обращения: 17.10.23).
3. ГОСТ 23683-89. Парафины нефтяные твердые. [Электронный ресурс]. – URL: <https://internet-law.ru> (дата обращения: 17.10.23).
4. Батраков В. Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. М. : Технопроект, 1998. 768 с.

ПРОБЛЕМЫ СБОРА И УТИЛИЗАЦИИ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

А. Н. Журавлева

*Удмуртский государственный университет,
zhuravleva_anastasija@mail.ru*

В статье приводятся данные по использованию и расходу водосмешиваемых смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) на предприятиях металлургии и машиностроения. Приведены данные по расходу и компонентному составу водосмешиваемых СОЖ, в также составу и свойствам отходов водосмешиваемых СОЖ.

Ключевые слова: смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), водосмешиваемые смазочно-охлаждающие жидкости, отработанные нефтепродукты, раздельный сбор, продукты переработки и регенерации СОЖ.

Необходимость и актуальность своевременной переработки и утилизации отработанных смазочно-охлаждающих жидкостей связана с необходимостью недопущения попадания вредных и токсичных веществ в окружающую среду, а также недопущения вредного воздействия отходов производства. Одним из важных элементов производственного процесса, связанного с обработкой материалов, являются современные смазочно-охлаждающие жидкости – масляные и водные эмульсии, растворы, суспензии, смеси. Промышленность постоянно используют огромный объем СОЖ. В процессе эксплуатации, эти жидкости загрязняются техническими маслами, смолами, механическими примесями и другими отходами обработки, теряют свои технологические свойства и подвергаются биологическому повреждению. Значительной проблемой является утилизация отработанных СОЖ. Существующие методы утилизации не позволяют обеспечить необходимое качество очистки отработанных СОЖ, а комплексные технологии являются сложными, многостадийными и дорогими процессами.

Смазочно-охлаждающие жидкости – сложные многокомпонентные системы, предназначены для охлаждения и смазки металлообрабатывающего инструмента и обрабатываемых деталей. Применение СОЖ снижает износ инструмента и повышает точность обработки. В процессе обрабатывания материалов СОЖ выполняет ряд дополнительных функций: вымывает стружку и абразив в процессе обработки, защищает детали, инструмент и оснастку от коррозии, улучшает санитарно-гигиенические условия работы. В состав отработанных смазочно-охлаждающих жидкостей могут входить металлическая и абразивная пыль, шлам, окислы и т. п. Также СОЖ может содержать соли, сажи, смолы, масла, абразивные материалы, тяжелые металлы и другие механические и химические примеси.

- Смазочно-охлаждающие жидкости подразделяются на 3 основные группы:
- водосмешиваемые (концентраты и эмульсолы, которые разводятся в воде);
 - масляные (используют в чистом виде без разведения в воде);
 - специальные (газообразные, порошкообразные и пастообразные).

подавляющее большинство смазочно-охлаждающих жидкостей относятся к масляным и водосмешиваемым. В машиностроении и металлургии применяются концентраты водосмешиваемых СОЖ. Поставка таких СОЖ осуществляется в виде концентрата, из которого непосредственно на месте применения готовится рабочая эмульсия или раствор необходимой концентрации. В состав водосмешиваемых СОЖ в качестве основы входит минеральное масло, а также эмульгаторы, стабилизаторы и различные присадки, улучшающие характеристики рабочих эмульсий.

В процессе эксплуатации водосмешиваемые СОЖ меняют свой состав, который уже не отвечает требованиям технологии и производственной санитарии: окисляются, загрязняются механическими примесями, поражаются бактериями и загнивают. В процессе металлообработки в водосмешиваемые СОЖ попадает воздух. Поскольку в присутствии растворенного кислорода и питательных веществ, при содержании воды более 20% начинается интенсивное размножение бактерий, все СОЖ в процессе эксплуатации в той или иной степени поражаются аэробными бактериями. Если же поступления кислорода в СОЖ не происходит (например, при длительном простое в работе оборудования), происходит размножение анаэробных бактерий, которые питаются нитратами, нитритами, сульфатами и сульфонатами, насыщая СОЖ продуктами метаболизма [1].

По причине потери своих первоначальных свойств в ходе эксплуатации СОЖ необходимо менять на свежеприготовленные и направлять на утилизацию использованные СОЖ. На предприятиях может образовываться несколько тысяч тонн использованных СОЖ ежегодно. Срок службы СОЖ составляет 20–60 дней и они на 10% состоят из высококачественных масел, ПАВ, противозадирных присадок, антикоррозионных добавок и других компонентов. Отработанные водосмешиваемые СОЖ должны быть обезврежены с целью получения технически чистых оборотных и сточных вод. Чаще всего обезвреживание проводят путем разделения отработанных СОЖ на составляющие фазы различными способами или комбинациями этих способов.

В настоящее время селективный и технологически своевременный сбор СОЖ и отработанных нефтепродуктов (ОНП) сильно затруднен, в результате чего невозможно получить исходное сырье высокого качества. Обычно собранные на предприятиях СОЖ и ОНП представляют из себя смесь из отработанных масел, растворителей, промывочных жидкостей и прочих примесей. При этом извлечение из такого сырья ценных основных компонентов для приготовления товарных масел и других продуктов потребует применения многостадийных и дорогостоящих технологий. Кроме того, продукт, полученный в результате переработки, должен быть востребованным на рынке. Количество же отходов процесса очистки и разделения СОЖ и ОНП должно быть минимальным и легко утилизируемым. В результате появляется проблема обезвреживания и утили-

зации отработанных эмульсий с выделением и использованием масляной фазы и воды. В таблице 1 приведена характеристика отходов водосмешиваемых СОЖ [2].

Таблица 1

Характеристика отходов водосмешиваемых СОЖ

Наименование материалов	Отходы	Характеристика отходов		
		состояние	плотность	класс опасности
Водосмешиваемые СОЖ концентрацией 3–10%	Отработанная СОЖ, загрязненная механическими примесями, смолами	жидкость	до 1	IV

Из таблицы видно, что отходы водосмешиваемых СОЖ представляют собой жидкости по плотности сравнимые с плотностью воды, при этом имеющие в своем составе минеральные масла с концентрацией от 3 до 10%, а также различные механические примеси и присадки.

Данные по количеству отходов СОЖ от металлорежущих станков при работе в три смены приведены в таблице 2 [2].

Таблица 2

Количество отходов водосмешиваемых СОЖ от металлорежущих станков при работе в 3 смены

№	Вид металлорежущих станков	Сбор отходов на единицу оборудования	
		л/сутки	т/год
1	мелкие	5	1,25
2	средние	7,5	1,9
3	крупные	10	2,5

Состав отходов в тоннах на 100 т отработанных СОЖ и масел приведен в таблице 3 [2].

Таблица 3

Состав отходов в тоннах на 100 тонн отработанных водосмешиваемых СОЖ

№	Состав	Кол-во, т
1	Масла свободные	2–3
2	Масла эмульгированные	5
3	Нефтяные смолы, гидроны и присадки	3
4	Механические примеси	1–2
5	Вода	89

При наличии данных о потребностях СОЖ и масел на машиностроительных и металлургических предприятиях количество отходов можно определить исходя из фактических расходов этих материалов, при этом количество отходов может составлять до 40%.

Отработанные водосмешиваемые СОЖ можно подвергать процедуре обезвреживания с целью получения технически чистых оборотных и сточных вод. Чаще всего обезвреживание проводят путем разделения отработанных СОЖ на составляющие фазы различными способами или комбинациями этих

способов. Способы утилизации отработанных СОЖ на предприятии приведены в таблице 4 [2].

Таблица 4

Способы утилизации отработанных СОЖ на предприятии

№	Утилизируемый продукт	Способ утилизации	Реализация способа
1	Масло	Топливо в заводских котлах	Добавление в жидкие топлива; Обмасливание углей в целях повышения калорийности
		Закалочные среды	Очистка от механических примесей, обезвоживание, смешивание с чистыми маслами
		Технологические смазочные материалы, используемые при обработке давлением и литье	Очистка от механических примесей, загущение, введение добавок (графита и др.)
		Основа для изготовления грунтовок, красок, мастик и др.	
Для консервации металла	Очистка от механических примесей, обезвоживание, введение добавок		
2	Эмульсии	Закалочные среды	Очистка от механических примесей, корректировка состава и свойств
3	Эмульсии и синтетические СОЖ	Изготовление моющих растворов	Очистка от механических примесей, введение поверхностно-активных веществ
4	Шлам после тонкой очистки СОЖ	Компоненты абразивных паст	Промывка, гранулометрическая сортировка, добавление загустителя и пластификатора
		Изготовление деталей методами порошковой металлургии	Промывка, гранулометрическая сортировка, добавление металлических порошков, прессование и спекание

Использование СОЖ на предприятиях позволяет повысить качество выпускаемой продукции, улучшает эксплуатационные качества оборудования и станков, позволяет повысить производительность труда. Однако порождает новую проблему – организацию обращения, сбора, накопления и утилизацию отработанных СОЖ. Опыт показывает, что в настоящих условиях на предприятиях затруднена или полностью исключена возможность многократного и оборотного использования СОЖ по причине отсутствия или дороговизны оборудования для очистки и регенерации. Выходом из сложившейся ситуации может быть созданная сеть предприятий по переработке СОЖ и ОНП, организованная система раздельного сбора СОЖ и ОНП на предприятиях, а также информирование заводов-изготовителей о составе поставляемых СОЖ и нефтепродуктов.

Библиографический список

1. МР 2.2.0244-21. 2.2. Гигиена труда. Методические рекомендации по обеспечению санитарно-эпидемиологических требований к условиям труда. Методические рекомендации (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 17.05.2021) (вместе с «Рекомендациями к условиям труда в зависимости от вида деятельности и особенностей технологических процессов»). М., 2021. 34 с.

2. ОНТП-14-93 (доработка ОНТП-14-93). Нормы технологического проектирования предприятий машиностроения, приборостроения и металлообработки. Механообрабатывающие и сборочные цехи (утв. Роскоммаш). М. : АО «Институт Гипростанок», 1995. 136 с.

МОДИФИКАЦИЯ МЕТОДИКИ ПРОБОПОДГОТОВКИ МАСЛОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ДЛЯ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

А. С. Пузанкова¹, М. Л. Сазанова^{1,2}

¹ *Вятский государственный университет, usr22720@vyatsu.ru,*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, usr11839@vyatsu.ru*

Модифицированная методика с использованием нейтрального гранулированного силикагеля в качестве сорбента является менее трудоемкой, пробы содержат меньше масляной основы, что снижает риск загрязнения хроматографической колонки, и, в целом, снижает объем поступающих в окружающую среду маслосодержащих отходов.

Ключевые слова: пробоподготовка, маслосодержащие отходы, газовая хроматография, адсорбция.

Деятельность в сфере обращения с отходами считается одной из наиболее экологически опасных и оказывающих существенное негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека [1]. Особое внимание в настоящее время уделяется проблеме утилизации отходов, содержащих масляную основу, включая как отработанные синтетические, полусинтетические и минеральные масла, так и отработанные кулинарные жиры, лекарственные формы с масляной основой (неводные растворы, эмульсии, мази и т. п.). Пропорционально росту производимой продукции растут объемы отходов производства масел, которые так или иначе попадают в окружающую среду. В частности, российский Федеральный классификационный каталог отходов [2] включает более 200 видов отходов на масляной основе.

Согласно [3], около 84% всех отработанных масел сбрасывается в лито- и гидросферу, что представляет серьезную опасность для окружающей среды. Наиболее подвержены загрязнению объекты гидросферы: попав в воду, масло растекается тонкой пленкой, которую крайне сложно извлечь с поверхности воды. Масляная пленка препятствует насыщению водоемов кислородом воздуха, который необходим как для дыхания гидробионтов, так и для окисления растворенных в воде органических соединений. При этом масла под действием атмосферного триплетного кислорода автоокисляются. Первичные продукты окисления – гидропероксиды липидов – являются относительно стабильными

при комнатной температуре и отсутствии в реакционной среде металлов. Но присутствие металлов или высокая температура способствуют их распаду с образованием алкоксильных радикалов, трансформирующихся в дальнейшем в альдегиды, кетоны, кислоты, эфиры, спирты и короткоцепочечные углеводороды. Большая часть продуктов распада гидропероксидов ответственна за появление постороннего привкуса и запаха воды [4]. Окисление масел в водоемах также может ускоряться при воздействии света с участием сенсibilизаторов. Фотосенсibilизированное окисление масел протекает с участием синглетного кислорода. В качестве природных сенсibilизаторов могут выступать хлорофиллы и продукты их разложения (в присутствии света и атмосферного кислорода образуют синглетный кислород), а также металлы (снижают энергию активации на начальной стадии автоокисления; способствуют образованию активных форм кислорода и пероксида водорода) [4].

Проблема утилизации отработанных растительных, в т.ч. пищевых масел активно решается путем их использования в производстве биодизельного топлива с низким уровнем образования парниковых газов, эмульгаторов, сложных эфиров, биопластиков, биолубрикантов, биосурфактантов, липазы [5, 6], фотоотверждаемых смол для 4D-печати [7] и др.

К сожалению, этого нельзя сказать об отходах фармации. Лекарства, отпускаемые по рецепту, наркотические вещества и продукты их трансформации чаще всего обнаруживаются в пробах поверхностных и сточных вод [8]. В первую очередь, актуальность проблемы совершенствования системы обращения с фармацевтическими отходами в РФ связана с тем, что не существует законодательной базы обращения с фармотходами, более того, нет четкого разделения отходов на медицинские и фармацевтические [9, 10]. Еще одной немаловажной проблемой является поступление на российский рынок огромного числа фальсифицированной и контрафактной продукции [10], а также препаратов, содержащих запрещенные к употреблению в РФ вещества. Экспресс-определение подобных соединений в составе лекарственных препаратов и БАДов весьма актуально [11], в том числе с точки зрения оптимального способа их последующей утилизации.

Анализ многокомпонентных смесей, в том числе в составе лекарственных препаратов, БАДов, сточных вод и т.п., обычно проводится с использованием жидкостной или газовой хроматографии в сочетании с масс-спектрометрией [12]. Однако эти устоявшиеся методы охватывают лишь часть известных загрязнителей, оставляя многие новые соединения незамеченными и неизученными [8]. Определение состава смесей с масляной основой при помощи газовой хроматографии осложнено тем, что масляная основа препарата имеет температуру испарения выше, чем температура, создаваемая хроматографической колонкой, поэтому есть большой риск порчи колонки маслом без возможности ее очистки; разработанные методики (например, [13]), трудоемки и требуют большого количества времени (до 4 ч) на пробоподготовку; в готовых пробах остается большое количество масляной основы, загрязняющей хроматографическую колонку и, в конечном итоге, попадающей в составе отходов в окружающую среду.

Целью данной работы является модификация методики пробоподготовки препаратов с масляной основой для газовой хроматографии. В качестве образцов с масляной основой для анализа были использованы эфирные масла розы натуральной и аниса (LEKOSTYLE), препарат Ашваганда, содержащий экстракт *Withania somnifera*.

В ходе исследований нами был выявлен ряд недостатков широко используемой методики [13]. В частности, большое количество масляной основы, остающейся после подготовки проб (рис. 1А, I), создает риск порчи хроматографической колонки. Высокая трудоемкость и длительность пробоподготовки делает невозможной ее использование для экспресс-анализа. После приготовления и использования насыщенных растворов остается большое количество метанола, насыщенного гексаном, который необходимо утилизировать. Помимо основных пиков выходит большое количество «фоновых помех», а выходящие пики имеют общее основание (рис. 1Б), при определении каждого пика сходимость с библиотекой данных мала, что не гарантирует достоверность определения.

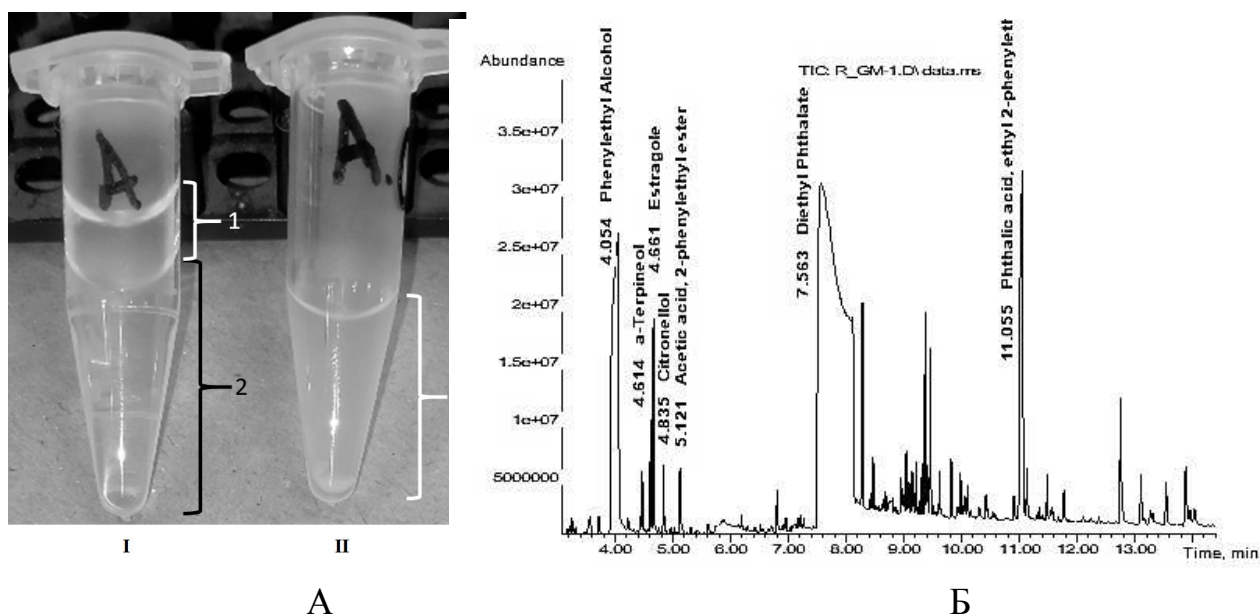


Рис. 1. А – подготовленные по разным методикам пробы анисового масла: 1 – раствор препарата без масляной основы, 2 – масляная основа препарата; Б – хроматограмма экстракта масла шиповника (пробоподготовка по методике [13])

В связи с этим методика пробоподготовки была модифицирована в плане предварительной адсорбции действующего вещества препарата. Поскольку значительная часть химического состава *Withania somnifera* приходится на полярные алкалоиды (анаферин, витанин, сомнинин, никотин, визамин, витасомин и др.) [14, 15], встал вопрос о подборе полярного сорбента. Для этого рекомендуют использовать силикагели, полиакриламидный гель, фенилметилсилоксан [14], диметилполисилоксан [16] и др. По данным [17, 18], основными преимуществами силикагелей, определившими их использование в данном исследовании в качестве сорбента, являются однородность, пористость, низкая

температура регенерации (от 110 °С), низкая стоимость относительно других полярных сорбентов, высокая поглощающая способность и механическая прочность, стойкость к раздавливанию и истиранию и др.

Предложена следующая модификация методики пробоподготовки. К 0,5–1,0 мл препарата с масляной основой добавить 10 мл гексана и добавить 10 г предварительно высушенного при 75 °С силикагеля, перемешать. Колбу закрыть крышкой и оставить для адсорбции на 40 мин, периодически встряхивая содержимое. По истечении времени декантировать растворитель с сорбента, элюировать активное вещество из силикагеля метанолом тремя порциями по 15 мл. Объединенную пробу упарить до 1 мл, перенести в микропробирку и центрифугировать в течение 1 мин. Микрошприцом отобрать 1 мл центрифугата и внести на анализ в газовый хроматограф.

Анализ проб проводили на газовом хроматографе «Agilent Technologies» модели 6850 с масс-селективным детектором модели 5975С при следующих условиях: колонка кварцевая капиллярная HP-5MS (30 м × 0,25 мм × 0,25 мкм); температура испарителя – 280 °С; температура интерфейса детектора – 280 °С; программирование температуры: выдержка при 100 °С в течение 2 мин, подъем температуры от 100 до 290 °С со скоростью 20 °С в мин, выдержка при 290 °С в течение 25 мин; общее время анализа 36,5 мин; температура источника – 230 °С; газ-носитель – гелий марки «А», режим постоянного потока – 1 см³/мин; объем вводимой пробы – 1,0 мм³. Пробу вводили с делением потока 1 : 40. Масс-селективный детектор работал в режиме электронного удара (70 эВ). Анализ проводили в режиме регистрации по суммарному ионизационному току в области значений *m/z* ионов 40–550 а.е.м. Идентификацию веществ по масс-спектрам осуществляли с использованием библиотек масс-спектров хроматографа: ИПС «АИПСИН АнтиНаркотики» (версия: 6.10.4.0), EKBDRUGS.17 и NIST.11. Достоверность измерений и сходимость данных сверяли с фактором сходимости (Match-factor), который рассчитывали исходя из сопоставимости масс-спектра определяемого вещества с масс-спектром вещества из библиотеки хроматографа.

На хроматограмме экстракта Ашгаванды (кроме неидентифицированных пиков) выявлено три хроматографических пика, идентифицированных как линалоол (время удерживания 3,745 мин и 3,740 мин соответственно пробоподготовке препарата по методикам [13] (рис. 2А) и модифицированной (рис. 2Б)), витамин (5,063 мин и 5,057 мин) и сомнин (7,540 мин и 7,546 мин).

Результаты использованных методик пробоподготовки сопоставимы, имеют большую сходимость друг с другом, что подтверждается соотношением масс-спектров определенных веществ с библиотекой масс-спектров и высоким фактором соответствия (Match factor). Таким образом, разработанная методика пробоподготовки может быть использована наряду с существующей, в частности, для экспресс-анализа различных препаратов с масляной основой, загрязненных маслами сточных вод и т. п.

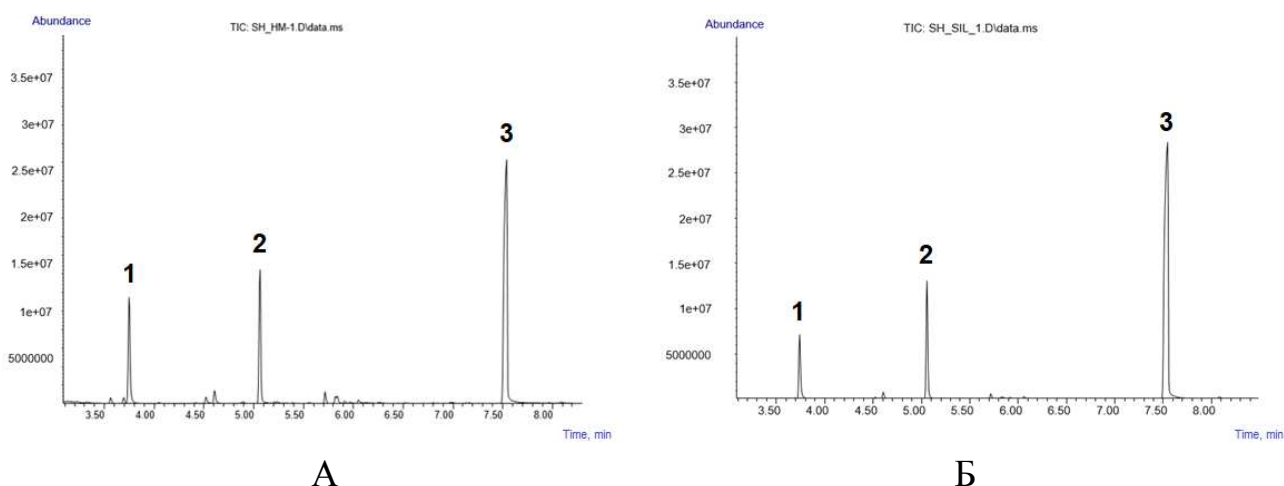


Рис. 2. Хроматограммы масляного экстракта Ашваганда, подготовленного для газовой хроматографии по разным методикам: 1 – линалоол, 2 – витанин, 3 – сомнин

Помимо экспрессности, важным преимуществом является меньшее количество масляной основы в получаемых пробах, что минимизирует риск загрязнения хроматографической колонки. Технология является экологически чистой, поскольку масляная основа доступна для вторичной переработки.

Библиографический список

1. Онищенко Г. Г. Актуальные задачи гигиенической науки в сохранении здоровья // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 3. С. 5–9.
2. Федеральный классификационный каталог отходов [Электронный ресурс]. – URL: <https://rpn.gov.ru/fkko/> (дата обращения: 19.10.2023).
3. Опасность загрязнения водных объектов нефтью с учетом растворения и стратификации ее компонентов / Я. И. Лебедь-Шарлевич, З. И. Жолдакова, Р. А. Мамонов, Н. И. Беляева // Российский журнал прикладной экологии. 2020. № 3 (23). С. 46–50.
4. Ладыгин В. В. Конструирование оксистабильных растительных масел : дис. ... канд. тех. наук. : 05.18.06. Санкт-Петербург, 2016. 150 с.
5. Life cycle assessment of biodiesel from soybean oil and waste oil / X. Yang, Y. Liu, Z. Zhu, C. Gu, Y. Rui, Q. Wang, X. Zhang, T. Wang // Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 2020. Vol. 36. No. 19. P. 233–241. doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2020.19.027
6. Valorization of urban waste oil by microbial conversions / J. Fraga, A. Pereira, M. Diniz, P. Fickers, P. Amaral // Case Studies in Chemical and Environmental Engineering. 2021. Vol. 4. Article No. 100145. doi: 10.1016/j.csee.2021.100145
7. Four-dimensional printing of multifunctional photocurable resin based on waste cooking oil / Y. Liu, M. Yu Liu, X. G. Fan, L. Wang, J. Yi Liang, X. Y. Jin, R. J. Che, W. Y. Ying, S. P. Chen // ACS Sustainable Chemistry and Engineering. 2022. Vol. 10. P. 16344–16358. doi: 10.1021/acssuschemeng.2c05514
8. Abafe O. A., Lawal M. A., Chokwe T. B. Non-targeted screening of emerging contaminants in South African surface and wastewater // Emerging Contaminants. 2023. Vol. 9. No. 4. Article No. 100246. doi: 10.1016/j.emcon.2023.100246
9. В Российском экологическом обществе обсудили проблему обращения с фармацевтическими отходами [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ecosociety.ru/news/v-rossijskom-ekologicheskom-obshhestve-obsudili-problemu-obrashheniya-s-farmatsevticheskimi-othodami/?ysclid=19a0uyj7ay816214431> (дата обращения: 19.10.2023).

10. Проблема классификации фармацевтических отходов и подходы к решению / Л. П. Воронина, С. А. Поздняков, Л. А. Балагур, К. Э. Кеслер // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 12–2. С. 340–345. doi: 10.17513/mjpf.12572
11. Simultaneous determination of five indole/indazole amide-based synthetic cannabinoids in electronic cigarette oil by ultra performance liquid chromatography / Z. Yang, J. Lyu, Y. Wu, L. Jiang, D. Li // Chinese Journal of Chromatography. 2023. Vol. 41. No. 7. P. 602–609. doi: 10.3724/SP.J.1123.2022.10014
12. Analytical strategy based on the use of liquid chromatography and gas chromatography with triple-quadrupole and time-of-flight MS analyzers for investigating organic contaminants in wastewater / E. Pitarch, T. Portolés, J. M. Marín, M. Ibáñez, F. Albarrán, F. Hernández // Analytical and Bioanalytical Chemistry. 2010. Vol. 397. P. 2763–2776.
13. Савчук С. А. Судебно-химическое исследование биологических объектов на наличие наркотических и психоактивных веществ методом газовой хроматографии с масс-селективным детектированием : методические рекомендации. М., 2014 [Электронный ресурс]. – URL: https://sudmed-ms.ru/_fr/0/8221603.pdf (дата обращения: 12.10. 2023).
14. Mishra D., Patnaik S. GC-MS analysed phyto-chemicals and antibacterial activity of *Withania somnifera* (L.) Dunal extract in the context of treatment to liver cirrhosis // Biomedical and Pharmacology Journal. 2020. Vol. 13. No. 1. P. 71–78. doi: 10.13005/bpj/1862
15. Malik K. K., Bhargava S., Singh R. GC-MS analysis of methanol extracts of five toxic plant seed for detection of bioactive compounds // Indian Journal of Forensic Medicine and Toxicology. 2020. Vol. 14. No. 3. P. 395–401.
16. Ezez D., Mekonnen N., Tefera M. Phytochemical analysis of *Withania somnifera* leaf extracts by GC-MS and evaluating antioxidants and antibacterial activities // International Journal of Food Properties. 2023. Vol. 26. No. 1. P. 581–590. doi: 10.1080/10942912.2023.2173229
17. Ульянова М. А., Гурова А. С., Шредер В. Е. Водостойкие силикагели и области их применения // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2006. Т. 12. № 1. С. 83–91.
18. New pretreatment method for detecting petroleum hydrocarbons in soil: silica-gel dehydration and cyclohexane extraction / J. Qu, Y. Ni, H. Yu, H. Tian, L. Wang, J. Chen // Chinese Journal of Chromatography. 2023. Vol. 41. No. 9. P. 814–820. doi: 10.3724/SP.J.1123.2023.04019

РАЗЛИЧНЫЕ МЕТОДЫ КОМПСТИРОВАНИЯ: ЭКОЛОГИЧНЫЕ СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

А. К. Хамадьярова

*Уфимский университет науки и технологий,
hamadarova1999@mail.ru*

В статье представлены различные способы компстирования органических отходов – от промышленных до компстирования в домашних условиях, а также объясняются преимущества каждого метода.

Ключевые слова: компстирование, органический отход, переработка, вермикомпост, компстная яма.

Компстирование является одним из самых популярных, эффективных и недорогих способов утилизации органических отходов. Этот процесс представ-

ляет собой разложение органических материалов при помощи микроорганизмов и превращение их в удобрение для растений. В данной статье мы рассмотрим различные методы компостирования и объясним преимущества каждого метода.

1. Традиционный метод.

1.1. Компостная куча.

Компостная куча – это наиболее простой и распространенный способ компостирования органических отходов. Для создания компостной кучи достаточно выбрать подходящее место на участке, сложить органические отходы и периодически перемешивать их для обеспечения доступа кислорода. Органические отходы, которые можно использовать для компостирования, включают остатки пищи (фрукты, овощи, яичные скорлупы, чай, кофейная гуща), садовые отходы (листья, трава, небольшие ветки), навоз или помет.

1.2. Компостная яма.

Компостная яма – это вырытая в земле яма, в которую складываются органические отходы. Такой вид компостирования обеспечивает более высокую температуру процесса, что ускоряет разложение органических остатков и уничтожает семена сорняков и патогенные микроорганизмы.

2. Вермикомпостирование.

Вермикомпостирование – это процесс компостирования органических отходов с помощью червей (обычно *Eisenia fetida* или *Eisenia andrei*), которые перерабатывают материалы в высококачественный биогумус с близким к нейтральному уровню кислотности, характеризующийся гомогенностью и высокой влагоудерживающей способностью.

Для начала необходимо создать вермикомпостер – специальный контейнер для содержания червей и органических отходов. Вермикомпостер может быть сделан из различных материалов, таких как пластиковые баки, деревянные ящики или металлические бочки. Важно обеспечить хорошую вентиляцию и контроль влажности внутри.

Уход за вермикомпостером заключается в поддержании оптимальных условий для жизни червей и процесса компостирования. Это включает поддержание влажности материала на уровне 60–80%, температуры в пределах 15–25 °С, периодическое кормление червей органическими отходами, извлечение готового компоста и добавление свежих материалов. Недостатками вермикомпостирования считаются ограниченное использование некоторых остатков (продукты животного происхождения дольше перерабатываются, а отходы лука и капусты дают неприятный запах), необходимость постоянного контроля за условиями в вермикомпостере, невозможность использования зимой. [1]

3. Бокаши: ферментированный компост.

Бокаши – это японский метод компостирования, основанный на ферментации органических отходов при помощи полезных микроорганизмов. Для этого используют специальный стартер, который содержит микроорганизмы и питательные вещества.

Для начала процесса бокаши-компостирования необходимо создать специальный компостер, который может быть сделан из пластикового ведра с

крышкой и краном для слива жидкости. Важно обеспечить герметичность компостера для предотвращения проникновения воздуха.

Процесс бокаши-компостирования состоит из следующих этапов: смешивание органических отходов со стартером бокаши, заполнение компостера слоями отходов и стартера, ферментация отходов в течение 2–3 недель, использование полученного компоста для удобрения растений.

4. Аэробное компостирование.

Аэробное компостирование – это процесс, при котором органические отходы разлагаются при помощи активного доступа кислорода. Это достигается за счет частого перемешивания материала и обеспечения хорошей вентиляции.

Тумблеры – это специальные устройства для аэробного компостирования, которые обеспечивают быстрое и эффективное превращение органических отходов в компост. Тумблеры имеют вращающийся барабан, который обеспечивает равномерное перемешивание материала и доступ кислорода.

Аэробное компостирование имеет ряд преимуществ перед классическими методами компостирования: более быстрое получение готового компоста (от 2 недель до 2 месяцев), отсутствие неприятных запахов и привлечения насекомых, превращение большего объема отходов в компост.

5. Анаэробное компостирование.

Анаэробное компостирование – это процесс разложения органических отходов без доступа кислорода. Он происходит при помощи специальных микроорганизмов, которые обитают в условиях низкого содержания кислорода.

Анаэробное компостирование может быть осуществлено различными методами, включая: заглубленные компостные ямы, биогазовые установки, запечатанные контейнеры или пакеты.

Анаэробное компостирование имеет ряд преимуществ, таких как возможность получения биогаза в качестве источника энергии и отсутствие необходимости в перемешивании материала. Однако этот метод имеет и недостатки, такие как более длительный процесс разложения и возможность образования неприятных запахов [2].

6. Тепличное компостирование.

Тепличное компостирование – это метод, при котором тепло, выделяемое в процессе разложения органических отходов, используется для поддержания оптимальной температуры в теплице и выращивания растений.

Тепличный компостер может быть сделан из различных материалов, таких как стекло, поликарбонат или пленка. Важно обеспечить хорошую изоляцию и вентиляцию, чтобы поддерживать нужную температуру и уровень влажности внутри теплицы.

Тепличное компостирование имеет ряд преимуществ: экономия энергии на обогрев теплицы, возможность выращивания растений в холодное время года, получение высококачественного компоста для удобрения растений.

7. Городское компостирование.

Городское компостирование – это способ утилизации органических отходов в условиях городской среды, где нет возможности использовать традици-

онные методы компостирования из-за ограниченного пространства и строгих санитарных требований.

Для городского компостирования используются специальные компостеры, которые обеспечивают быстрое и эффективное превращение органических отходов в компост без неприятных запахов и привлечения насекомых. Такие компостеры могут быть установлены на балконах, террасах или даже внутри квартир [3].

Городское компостирование имеет ряд преимуществ, таких как сокращение объема бытовых отходов и утилизации в мусорных площадках, получение высококачественного компоста для выращивания растений в городских условиях, развитие экологического сознания и участие в сохранении окружающей среды. Так, например, в работе [4] установлено, что оптимальным способом переработки муниципальных органических отходов (смеси осадка сточных вод и отсева твердых коммунальных отходов) с точки зрения экономической эффективности является анаэробное сбраживание с последующим компостированием.

8. Компостирование на предприятиях.

Компостирование на предприятиях – это способ утилизации больших объемов органических отходов, таких как пищевые отходы на предприятиях общественного питания, сельскохозяйственные отходы или опилки и стружка на деревообрабатывающих заводах.

Для масштабного компостирования на предприятиях используются специальные промышленные компостеры и биореакторы, которые обеспечивают быстрое и эффективное превращение огромных объемов органических отходов в компост.

Компостирование на предприятиях имеет ряд преимуществ, таких как: сокращение расходов на утилизацию отходов и свалку, получение высококачественного компоста для использования в сельском хозяйстве или озеленении территории, соблюдение экологических стандартов и улучшение имиджа компании.

9. Компостирование в образовательных учреждениях.

Компостирование в образовательных учреждениях – это способ вовлечения детей и молодежи в процесс утилизации органических отходов и формирование экологического сознания [5].

Для организации компостирования в образовательных учреждениях могут использоваться различные виды компостеров и вермикомпостеров, которые обеспечивают безопасность и простоту процесса для детей.

Организация работ по компостированию в образовательных учреждениях способствует формированию экологического сознания и ответственного отношения к окружающей среде, развитию практических навыков по уходу за растениями и использованию компоста, возможность использования полученного компоста для озеленения территории учреждения.

10. Компостирование в домашних условиях: простые и доступные методы.

Компостирование в домашних условиях – это возможность использовать органические отходы для улучшения плодородия почвы и выращивания экологически чистых растений на своем участке.

Для компостирования в домашних условиях можно использовать простые и доступные материалы, такие как деревянные ящики, пластиковые контейнеры или мешки из нетканых материалов.

Преимуществами компостирования в домашних условиях являются экономия средств на покупку удобрений и минеральных добавок, улучшение состава и плодородия почвы на своем участке, возможность выращивать экологически чистые продукты для семьи.

Таким образом, компостирование – это экологичный и эффективный способ утилизации органических отходов, который может быть успешно применен в различных условиях и масштабах. Выбор конкретного метода компостирования зависит от доступных ресурсов, объема отходов и требуемой скорости процесса [6].

Библиографический список

1. Савенко А. С. Вермикомпостирование как доступный способ переработки органических отходов в домохозяйствах // Молодой ученый. 2020. № 30 (320). С. 105–107.
2. Войтович И. В. Комплексное агрохимическое окультуривание полей // Химия в сельском хозяйстве. 1983. Т. 21. № 10. 133 с.
3. Ковалёв Н. Г., Барановский И. Н. Органические удобрения в XXI веке (биоconversion органического сырья). Тверь, 2006. С. 12–16.
4. Мамченко И. П. Компосты, их приготовление и применение. Л. : Сельхозиздат, 1962. С. 56.
5. Сравнение эффективности двух способов переработки муниципальных органических отходов (на примере Казани) / П. А. Курынцева, П. Ю. Галицкая, Л. Р. Бикташева, С. Ю. Селивановская // Теоретическая и прикладная экология. 2016. № 2. С. 65–71.
6. Ягодин Б. А., Жуков Ю. П., Кобазенко В. И. Агрохимия. М. : Мир, 2004. 192 с.

ТРАНСФОРМАЦИЯ МИКРОБИОТЫ СВИНЫХ НАВОЗНЫХ СТОКОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ БЕНЗАЛКОНИЯ ХЛОРИДА И НИТРАПИРИНА

Л. В. Пилип¹, Н. В. Сырчина², В. В. Рутман²

¹ *Вятский государственный агротехнологический университет,
pilip_larisa@mail.ru*

² *Вятский государственный университет,
nvms1956@mail.ru, rutman.slavik@yandex.ru*

Обработка жидкой фракции свиных навозных стоков бензалкония хлоридом в сочетании с нитрапирином позволяет существенно снизить видовое разнообразие и численность микроорганизмов в бактериопланктоне и поверхностных биопленках. Наиболее устойчивыми к соответствующим препаратам оказались спорообразующие бактерии рода *Clostridium* и грибы *Aspergillus* ssp.

Ключевые слова: животноводство, свиные навозные стоки, микробиота, бензалкония хлорид, нитрапирин.

Обеспечение микробиологической безопасности побочных продуктов животноводства (ППЖ) входит в число важнейших проблем современного сельского хозяйства [1–3]. Использование ППЖ в качестве органических удобрений приводит к загрязнению почвы и других природных сред разнообразными микроорганизмами (МО), попадающими в навоз из желудочно-кишечного тракта животных, и проявляющих повышенную устойчивость к неблагоприятным условиям существования [4–6], химической деградации пахотных земель [7], а также к накоплению тяжелых металлов [8–10]. Реализуемые в настоящее время системы обработки навозных стоков (НС) не позволяют получить полностью безопасный в микробиологическом отношении продукт [11]. В связи с этим поиск и внедрение в практику животноводства новых способов обработки НС, позволяющих снизить содержание в соответствующем продукте не собственных незагрязненным почвам МО, имеет большое природоохранное значение и представляет существенный практический интерес [12]. К таким способам можно отнести применение химических реагентов, проявляющих антимикробную активность.

Цель настоящей работы состояла в оценке целесообразности использования бензалкония хлорида и смеси бензалкония хлорида с нитрапирином для улучшения микробиологических характеристик свиных навозных стоков.

Препараты для обработки НС выбирали исходя из следующих условий:

- доказанное антимикробное действие;
- безопасность для животных и окружающей среды;
- отсутствие отрицательного влияния на свойства навоза как удобрения;
- доступность и низкие нормы расхода для достижения положительного эффекта.

Бензалкония хлорид (Benzalkonium chlorides (ВАС)) относится к катионным синтетическим поверхностно-активным веществам (КПАВ). Для соответствующего КПАВ характерен широкий спектр антимикробного действия в отношении бактерий, грибов, вирусов, простейших [13, 14]. Благодаря выраженным биоцидным свойствам ВАС активно используется в медицине, ветеринарии, сельском хозяйстве, быту.

Нитрапирин – стабилизатор азота, бактерицид. Применяется в практике сельского хозяйства для уменьшения потерь азота из минеральных и органических удобрений, в частности, из свиного навоза [15]. Механизм действия обусловлен ингибированием активности монооксигеназы аммония, катализирующей первый этап нитрификации аммония в нитрит.

Для проведения экспериментальных исследований использовали жидкую фракцию свиных навозных стоков (ЖНС), предоставленную одним из свиноводческих предприятий Кировской области.

Образцы ЖНС помещали в пятилитровые пластиковые емкости, вносили добавки ВАС и нитрапирина согласно вариантами эксперимента, перемешивали и оставляли в лабораторном помещении при температуре 19 ± 2 °С, в условиях слабого освещения.

Варианты эксперимента: 1) ЖНС без добавок (контроль); 2) ЖНС + ВАС; 3) ЖНС + нитрапирин + ВАС. Все добавки вносили в ЖНС в норме 1 мл 1% раствора на 1 л ЖНС.

Объем ЖНС в каждой емкости составлял 4 л. Отбор проб для микробиологического анализа проводили через 14 суток после внесения добавок. Пробы биопленок отбирали в стерильную тару с поверхности ЖНС, пробы бактериопланктона – с глубины 8–10 см. Микробиологические исследования проводили в специализированной лаборатории по стандартным методикам (высев на питательные среды с последующей идентификацией МО). Количество повторностей – 3. Статистическая обработка результатов – стандартными методами с использованием прикладных компьютерных программ Microsoft Excel.

Результаты микробиологического анализа отобранных проб приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Состав биопленк жидкой фракции навозных стоков

Микроорганизмы	Количество микроорганизмов, КОЕ/мл		
	Вариант 1 (контроль)	Вариант 2	Вариант 3
грамотрицательные факультативные анаэробы, КОЕ/мл			
<i>Escherichia coli</i>	$(4,0 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(6,0 \pm 0,7) \cdot 10^2$	$(5,0 \pm 0,6) \cdot 10^2$
<i>Proteus ssp.</i>	$(2,0 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(6,0 \pm 0,5) \cdot 10^2$	отсутствует
<i>Klebsiella sp.</i>	$(4,0 \pm 0,5) \cdot 10^2$	$(5,0 \pm 0,7) \cdot 10^2$	отсутствует
грамположительные факультативные анаэробы, КОЕ/мл			
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	$(8,0 \pm 0,8) \cdot 10^4$	отсутствует	
<i>Lactobacillus ssp.</i>	$(2,0 \pm 0,4) \cdot 10^4$	отсутствует	
грамотрицательные облигатные анаэробы, КОЕ/мл			
<i>Prevotella sp.</i>	$(6,0 \pm 0,4) \cdot 10^3$	$(8,0 \pm 0,5) \cdot 10^3$	$(5,0 \pm 0,3) \cdot 10^1$
<i>Bacteroides sp.</i>	$(3,0 \pm 0,7) \cdot 10^2$	$(6,0 \pm 0,9) \cdot 10^1$	отсутствует
<i>Fusobacterium sp.</i>	$(5,0 \pm 0,9) \cdot 10^2$	$(7,0 \pm 0,4) \cdot 10^2$	$(5,0 \pm 0,4) \cdot 10^1$
грамположительные облигатные анаэробы, КОЕ/мл			
<i>Bifidobacterium ssp.</i>	$(4,0 \pm 0,5) \cdot 10^3$	отсутствует	
<i>Clostridium ssp.</i>	$(8,6 \pm 0,4) \cdot 10^5$	$(7,0 \pm 0,5) \cdot 10^5$	$(7,0 \pm 0,8) \cdot 10^5$
грамотрицательные аэробы, КОЕ/мл			
<i>Pseudomonas spp.</i>	$(7,0 \pm 0,7) \cdot 10^2$	$(7,0 \pm 0,4) \cdot 10^1$	отсутствует
грибы, КОЕ/мл			
<i>Candida sp.</i>	$(5,0 \pm 0,5) \cdot 10^3$	$(7,0 \pm 0,3) \cdot 10^3$	отсутствует
<i>Aspergillus ssp.</i> (аэроб)	$(2,0 \pm 1,1) \cdot 10^5$	$(8,0 \pm 0,4) \cdot 10^5$	$(8,0 \pm 0,6) \cdot 10^5$

Примечание: жирным шрифтом выделены варианты, достоверно ($P > 0,95$) отличающиеся от контроля.

Таблица 2

Состав бактериопланктона жидкой фракции навозных стоков

Микроорганизмы	Количество микроорганизмов, КОЕ/мл		
	Вариант 1 (контроль)	Вариант 2	Вариант 3
1	2	3	4
грамотрицательные факультативные анаэробы, КОЕ/мл			
<i>Escherichia coli</i>	$(5,0 \pm 0,5) \cdot 10^6$	$(8,0 \pm 0,5) \cdot 10^4$	$(6,0 \pm 0,4) \cdot 10^3$
<i>Proteus ssp.</i>	$(3,0 \pm 0,4) \cdot 10^6$	$(6,0 \pm 0,8) \cdot 10^5$	$(4,0 \pm 0,4) \cdot 10^4$
<i>Klebsiella sp.</i>	$(4,0 \pm 0,3) \cdot 10^4$	$(6,0 \pm 0,7) \cdot 10^4$	$(4,0 \pm 0,5) \cdot 10^2$

1	2	3	4
грамположительные факультативные анаэробы, КОЕ/мл			
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	$(8,0 \pm 0,6) \cdot 10^7$	отсутствует	
<i>Lactobacillus</i> spp.	$(5,0 \pm 0,8) \cdot 10^7$	$(7,0 \pm 0,5) \cdot 10^7$	$(6,0 \pm 0,4) \cdot 10^6$
грамотрицательные облигатные анаэробы, КОЕ/мл			
<i>Prevotella</i> sp.	$(5,0 \pm 0,3) \cdot 10^6$	$(7,0 \pm 0,7) \cdot 10^5$	$(6,0 \pm 0,4) \cdot 10^3$
<i>Bacteroides</i> sp.	$(5,0 \pm 1,3) \cdot 10^6$	$(7,0 \pm 0,4) \cdot 10^5$	$(5,0 \pm 0,3) \cdot 10^3$
<i>Fusobacterium</i> sp.	$(5,0 \pm 0,9) \cdot 10^5$	$(8,0 \pm 0,4) \cdot 10^4$	$(6,0 \pm 0,5) \cdot 10^4$
грамположительные облигатные анаэробы, КОЕ/мл			
<i>Bifidobacterium</i> spp.	$(5,0 \pm 0,6) \cdot 10^7$	$(7,0 \pm 0,4) \cdot 10^6$	отсутствует
<i>Clostridium</i> spp.	$(8,0 \pm 0,6) \cdot 10^7$	$(6,0 \pm 0,7) \cdot 10^7$	$(6,0 \pm 0,9) \cdot 10^7$
<i>Sarcina ventriculi</i>	$(4,0 \pm 0,3) \cdot 10^6$	$(7,0 \pm 0,4) \cdot 10^5$	отсутствует
<i>Peptoniphilus asaccharolyticus</i>	$(8,0 \pm 1,3) \cdot 10^5$	$(6,0 \pm 1,1) \cdot 10^4$	отсутствует
<i>Anaerococcus prevotii</i>	$(5,0 \pm 0,6) \cdot 10^2$	$(8,0 \pm 0,3) \cdot 10^2$	$(7,0 \pm 0,3) \cdot 10^1$
грамотрицательные аэробы, КОЕ/мл			
<i>Pseudomonas</i> spp.	$(3,0 \pm 0,9) \cdot 10^3$	$(8,0 \pm 0,5) \cdot 10^3$	$(6,0 \pm 0,4) \cdot 10^2$
грибы, КОЕ/мл			
<i>Candida</i> sp.	$(6,0 \pm 0,7) \cdot 10^6$	$(7,0 \pm 0,7) \cdot 10^5$	$(7,0 \pm 0,3) \cdot 10^4$
<i>Aspergillus</i> spp. (аэроб)	$(3,0 \pm 0,8) \cdot 10^6$	$(8,0 \pm 0,9) \cdot 10^6$	$(8,0 \pm 0,9) \cdot 10^5$

Примечание: жирным шрифтом выделены варианты эксперимента, достоверно ($P > 0,95$) отличающиеся от контроля.

В результате проведенных исследований установлено, что смесь ВАС и нитрапирина обладает более выраженным антимикробным действием, чем ВАС. Внесение соответствующей смеси в ЖНС приводит к резкому сокращению видового разнообразия МО, населяющих биопленки. Микроорганизмы бактериопланктона проявили более высокую устойчивость к действию изученных добавок.

Наименее чувствительными к добавкам нитрапирина и ВАС оказались спорообразующие бактерии *Clostridium* spp. и грибы *Aspergillus* spp.

Обработка НС КПАВ в сочетании с нитрапирином позволяет не только снизить количество МО, поступающих в окружающую среду, но и уменьшить потери азота из органических удобрений за счет снижения интенсивности процессов нитрификации.

Библиографический список

1. Биологическое загрязнение пахотных земель отходами свиноводства / Л. В. Пилип, Н. В. Сырчина, В. А. Козвонин, Е. П. Колеватых, Т. Я. Ашихмина, А. В. Сазанов // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 3. С. 199–205. doi: 10.25750/1995-4301-2022-3-199-205
2. Влияние навозных стоков на почвенные фототрофные микроорганизмы / Н. В. Сырчина, Л. В. Пилип, Л. В. Кондакова, И. А. Кондакова // Теоретическая и прикладная экология. 2023. № 2. С. 190–197. doi: 10.25750/1995-4301-2023-2-190-197
3. Пилип Л. В., Сырчина Н. В. Роль аммонификаторов в эмиссии аммиака из свиных навозных стоков // Известия КГТУ. 2023. № 68. С. 46–54.

4. *Rhodotorula glutinis* как компонент биопленок навозных стоков / Л. В. Пилип, Н. В. Сырчина, Е. П. Колеватых, В. А. Козвонин // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2022. № 4 (56). С. 22–26.
5. Сырчина Н. В., Пилип Л. В. Трансформация подвижности железа в почвах агроэкосистем под влиянием навозных стоков // Известия КГТУ. 2023. № 69. С. 35–43.
6. Трансформация микробиоты отходов животноводства под влиянием химических реагентов для устранения запаха / Е. П. Колеватых, Л. В. Пилип, Н. В. Сырчина, В. А. Козвонин, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 4. С. 159–165.
7. Сырчина Н. В., Пилип Л. В., Ашихмина Т. Я. Химическая деградация земель под воздействием отходов животноводства // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 3. С. 219–225.
8. Пилип Л. В., Сырчина Н. В., Ашихмина Т. Я. Промышленные свинокомплексы как источники загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2021. № 5 (51). С. 88–91.
9. Пилип Л. В., Сырчина Н. В., Кузнецов Д. А. Животноводческие комплексы как источники загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами (Cu, Zn) // Принципы экологии. 2023. № 1 (47). С. 82–89.
10. Влияние органических удобрений и натуральных мелиорантов на подвижность марганца в почве / Н. В. Сырчина, Л. В. Пилип, Г. Я. Кантор, Т. Я. Ашихмина // Проблемы региональной экологии. 2023. № 1. С. 5–9.
11. Сырчина Н. В., Шубин А. С., Береснева Т. П. Дезодорация свиного навоза, предназначенного для производства удобрений // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров: ООО Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2016. С. 394–397.
12. Влияние гипохлорита натрия на микробиоту и запах навозных стоков / Н. В. Сырчина, Л. В. Пилип, Е. П. Колеватых, Т. Я. Ашихмина, Д. А. Кузнецов // Поволжский экологический журнал. 2023. № 1. С. 107–116.
13. Петров С. Ю., Сафонова Д. М. Консерванты в офтальмологических препаратах: от бензалкония хлорида к поликватернию // РМЖ. Клиническая офтальмология. 2014. Т. 14. № 2. С. 97–108.
14. Merchel Piovesan Pereira B., Tagkopoulos I. Benzalkonium chlorides: uses, regulatory status, and microbial resistance // Applied and environmental microbiology. 2019. Vol. 85. № 13. P. 377–419.
15. Vetsch J. A., Scherder E. F., Ruen D. C. Does liquid swine manure application timing and nitrapyrin affect corn yield and inorganic soil nitrogen? // Agronomy Journal. 2017. Vol. 109. № 5. P. 2358–2370.

СЕКЦИЯ 4 ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ И РЕЦИКЛИНГ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

РЕГЕНЕРАЦИОННАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ, СОДЕРЖАЩИХ ИОНЫ НИКЕЛЯ

М. А. Шумилова, Н. Е. Суксин

*Удмуртский федеральный исследовательский центр
Уральского отделения Российской академии наук, shumilovama@udman.ru*

Проведено исследование утилизации отработанного раствора химического никелирования реагентным методом. Определены оптимальные условия образования осадков и исследован их состав. Описана схема приготовления регенерированных растворов никелирования и изучены их свойства, исходя из качества наносимых никелевых покрытий.

Ключевые слова: отработанный раствор химического никелирования, осадитель, гидрокарбонат никеля.

В настоящее время одной из острых экологических проблем является нарастание количества отработанных гальванических растворов. В результате проведенных многочисленных исследований установлено, что по степени отрицательного воздействия на окружающую среду гальванические производства занимают одно из первых мест [1, 2]. С другой стороны, истощение запасов природных ресурсов ведет к неуклонно растущей их стоимости. Следовательно, разработка высокоэффективных и малоотходных методов регенерационных технологий утилизации гальванических стоков является актуальной.

Применение регенерационной утилизации по отношению к отработанному раствору химического никелирования (ОРХН) позволит вернуть в производство ионы никеля, сокращая расходы непосредственно самого процесса химического никелирования и уменьшая сброс гальванических стоков, решая, таким образом, не только экономические, но и экологические аспекты технологии нанесения покрытия. Поэтому целью представленной работы является разработка химического способа регенерационной утилизации ОРХН, позволяющего регенерировать катионы никеля и получить рабочие растворы химического никелирования (РХН).

Определение оптимальных условий процесса регенерационной утилизации ОРХН проводили на основе ОРХН одного из промышленных предприятий Удмуртии. Состав рабочего РХН включает следующие компоненты: NiSO_4 20–30 г/дм³; NaH_2PO_3 25–30 г/дм³; CH_3COONa 10–15 г/дм³; CH_3COOH 5–10 г/дм³; $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$ 0,001–0,0005 г/дм³; величина pH \approx 4–5.

При разработке технологической схемы утилизации был выбран реагентный метод как более экономичный и простой в исполнении; расход количества осадителя определяли методом потенциометрического титрования. В качестве осадителей ионов никеля использовались гидроксид натрия, карбонат натрия и отработанный раствор обезжиривания (ОРО), применяемый в технологическом процессе. Концентрацию ионов никеля в растворе устанавливали трилонометрическим титрованием в присутствии мурексида [ОСТ 107.460092.001-86].

Для определения оптимальной величины рН и расхода осадителя на нейтрализацию ОРХН были сняты кривые потенциометрического титрования; точки эквивалентности устанавливали дифференциальным методом.

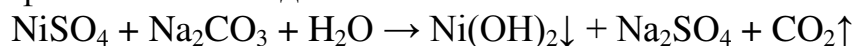
Результаты эксперимента (табл. 1) свидетельствуют о полном осаждении никеля 10 %-ным раствором гидроксида натрия при рН > 9, при этом соотношение $n(\text{OH}^-) : n(\text{Ni}^{2+}) = 2 : 1$. Исходя из экспериментальных данных (табл. 1), практически полное осаждение ионов никеля происходит при рН = 12, что было взято за основу разработки технологии регенерационной утилизации ОРХН. Установленный опытным путем расход щелочи для перевода соли никеля, содержащейся в 1 м³ ОРХН, в его гидроксид при рН = 12 составляет 19 кг NaOH.

Таблица 1

Извлечение ионов Ni²⁺ из ОРХН в зависимости от рН

Осадитель	10% NaOH			
рН	9	10	11	12
C _{ост.} , г·дм ⁻³	0,2252	0,2236	0,0895	0,0324
Степень извлечения, %	93,13	93,18	97,27	99,01
Осадитель	10% Na ₂ CO ₃			
рН	8	9	10	
C _{residual} , г·дм ⁻³	0,1665	0,1129	0,0895	
C _{ост.} , г·дм ⁻³	94,93	96,56	97,33	
Осадитель	ОРО			
рН	8	9	10	11
C _{ост.} , г·дм ⁻³	0,0498	0,0168	0,0076	0,0072
Степень извлечения, %	84,82	94,85	97,66	97,79

Вторым реагентом в качестве осадителя был выбран карбонат натрия, который также способен осаждать никель в форме гидроксида, поскольку его образование возможно в результате реакции совместного гидролиза при взаимодействии сульфата никеля с содой:



В процессе гидролиза ион Ni²⁺ может образовывать также гидросоли – основные карбонаты, данные о структуре и величине произведения растворимости которых, к сожалению, отсутствуют в справочной литературе.

Согласно экспериментальным данным (табл. 1), максимальная степень извлечения Ni(II) раствором соды составляет более 97 % при рН ≈ 10, соотношение компонентов – $n(\text{CO}_3^{2-}) : n(\text{Ni}^{2+}) = 4,4 : 1$. Количество карбоната натрия, необходимое для осаждения солей никеля из 1 м³ ОРХН, вычисленное по результатам эксперимента, составляет около 61 кг.

В качестве самого дешевого, не требующего дополнительных затрат, осадителя был испытан отработанный раствор обезжиривания, в исходный состав которого входят NaOH (20–40 г/дм³), Na₂CO₃ (10–50 г/дм³), Na₃PO₄ (10–50 г/дм³) и Na₂SiO₃ (3–5 г/дм³). Экспериментально было установлено (табл. 1), что при pH = 11 степень извлечения никеля приближается к 98 %, при этом для перевода в осадок Ni(II) на 1 м³ ОРХН требуется 0,7 м³ раствора обезжиривания.

Состав образующихся осадков никеля был исследован методом ИК-спектроскопии (табл. 2), который зафиксировал наличие в них как гидроксидов, так и гидрокарбонатов металла [3–9]. Осадки также были изучены термogravиметрическим методом анализа, с помощью которого было определено, что в выделенных гидрокарбонатах соотношение Ni(CO₃) : Ni(OH)₂ составляет 1 : 18 для соды и 1 : 19 – для раствора обезжиривания, то есть преобладающим компонентом полученного осадка является гидроксид никеля.

Таблица 2

Характеристика ИК-спектров осадков

Вид колебания	Волновое число ν , см ⁻¹ , осадков		
	Вариант NaOH	Вариант Na ₂ CO ₃	Вариант ОРО
ν OH	3400	3400–3500	3450
δ OH	1576		1576
ν SO ₄	1116	1116	617, 1051, 1117
ν CO ₃	1430, 1576	1382 – 1474	1413, 1576
δ Ni-OH	515	650	565
ν Ni-O	–	–	465

На основе проведенного поискового эксперимента, была осуществлена следующая технологическая последовательность регенерационной утилизации ОРХН с помощью трех видов осадителя. На первом этапе производилась нейтрализация ОРХН 10%-ным раствором NaOH до pH = 12 или 10%-ным раствором Na₂CO₃ до pH = 10, либо отработанным раствором обезжиривания до pH = 11. Образовавшуюся суспензию отстаивали в течение 0,5 часа для старения осадка, после чего проводили его 5-кратную декантацию и тщательную отмывку от водорастворимых солей. Для приготовления исходного рабочего раствора химического никелирования согласно ОСТ 107.460092.001-86 осадок каждого из исследуемых вариантов растворяли в 5%-ном растворе серной кислоты и вводили необходимые компоненты, контролируя величину pH = 4,1–4,7.

О качестве полученных растворов химического никелирования судили по толщине наносимого никелевого покрытия на изделия из латуни, определяемой методом сканирующей электронной микроскопии. Металлические образцы помещали на 2 часа в растворы с температурой 90 °С, которые непрерывно перемешивали. Толщина никелевого покрытия в РХН, приготовленном с использованием щелочи, составляла 12,83 мкм, в растворе, используемом в качестве осадителя соду, – 12,54 мкм и в варианте с ОРО – 10,10 мкм. Следует отметить, что в растворе химического никелирования, полученном в результате нейтрализации ОРХН отработанным раствором обезжиривания, наносимое никелевое покрытие обладает рыхлой, неравномерной структурой и не соответствует тре-

букетом показателей качества. Следовательно, наиболее целесообразным вариантом использования раствора обезжиривания является получение никелевого концентрата с содержанием металла около 47% [10].

Проведенными испытаниями установлено, что в растворах химического никелирования, полученных в процессе нейтрализации ОРХН растворами гидроксида натрия и карбоната натрия, наносятся никелевые покрытия, отвечающие по качеству производственным требованиям. Данные экономического расчета показали, что стоимость возвращенного в результате регенерационной утилизации сульфата никеля в 2 раза превышает затраты на использование гидроксида натрия и серной кислоты и в 1,7 раза – на карбонат натрия и серную кислоту. Исходя из этого, можно считать, что наиболее оптимальным вариантом утилизации ОРХН является его нейтрализация гидроксидом натрия.

Определены условия осаждения ионов никеля из отработанного раствора химического никелирования, изучен состав образующихся осадков. Предложено два варианта регенерационной утилизации ОРХН с применением в качестве осадителей растворов гидроксида натрия и карбоната натрия. В результате переработки использованных растворов получены рабочие растворы никелирования, способные производить качественные покрытия.

Библиографический список

1. Трейман М. Г. Современное гальваническое производство и его экологизация // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2009. № 9. С.15–17.
2. Румянцева Е. И., Румянцева А. В. Экологические аспекты модернизации гальванических производств: проблемы и решение // Система управления экологической безопасностью : сб. трудов XII заочной междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург : УрФУ, 2018. С. 107–112.
3. Синтез гибридных органо-неорганических материалов на основе α -Ni(OH)₂ / Е. В. Пикурова, С. В. Сайкова, Д. И. Чистяков, И. В. Королькова., А. С. Самойло // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Химия. 2019. Т. 12. № 1. С. 31–41. doi:10.17516/1998-2836-0106
4. Пищ И. В., Радион Е. В. Пигмент на основе совместно осажденных гидроксидов железа (III) и никеля (II) // Стекло и керамика. 1996. № 6. С. 19–20.
5. Матвейчук Ю. В., Визгунов К. А. Влияние очередности смешения реагентов на термическое разложение основных сульфатов и карбонатов никеля (II) // Химия и химическая технология. 2015. Т. 58. Вып. 8. С. 48–53.
6. Накамото К. ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений. Пер. с англ. М. : Мир, 1991. 536 с.
7. Лобинский А. А. Синтез методом ионного наслаивания и исследование наноразмерных кристаллов металл-кислородных соединений, содержащих марганец, кобальт или никель: дис. ... канд. хим. наук : 02.00.21. СПб., 2016. 136 с.
8. Ramesh T. N., Kamath P. V. Synthesis of nickel hydroxide: Effect of precipitation conditions on phase selectivity and structural disorder // Journal of Power Sources. 2006. Vol. 156. P. 655–661. doi:10.1016/j.jpowsour.2005.05.050
9. Kashani Motlagh M. M., Youzbashi A. A., Sabaghzadeh L. Synthesis and characterization of Nickel hydroxide/oxide nanoparticles by the complexation-precipitation method // International Journal of the Physical Sciences. 2011. Vol. 6. No. 6. P. 1471–1476. doi:10.5897/IJPS11.025
10. Залыгина О. С., Чепрасова В. И. Получение никельсодержащих пигментов из жидких отходов гальванического производства // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. 2021. № 2. С. 84–92. doi:10.46646/2521-683X/2021-2-84-92

УТИЛИЗАЦИЯ ЖИДКОГО ОТХОДА СУЛЬФАТА МАГНИЯ ЭЛЕКТРОФЛОТАЦИОННЫМ МЕТОДОМ С ВОЗВРАЩЕНИЕМ МАГНИЕВОГО СЫРЬЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

К. А. Иншакова, В. А. Бродский, О. И. Кладовщикова

Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева,

inshakova92@gmail.com

В статье представлен опыт применения электрофлотационного метода для очистки жидких отходов производства сульфата магния от загрязняющих примесей металлов с целью возврата на первую стадию технологического процесса переработки магниевого сырья и повышения выхода целевого продукта.

Ключевые слова: сульфат магния, электрофлотация, тяжелые металлы, удобрение, очистка.

Производство сульфата магния заключается в сернокислотном разложении магниевого сырья – серпентинитомагнезита, затем фильтрации образующейся пульпы и последующей кристаллизации и выделении целевого продукта (рис. 1) [1, 2].

После разложения серпентинитомагнезита образовавшуюся пульпу сульфата магния разделяют на влажные кристаллы и маточный раствор (рис. 1, поз. 8). Без возврата маточного раствора на стадию разложения, теоретический выход сульфата магния чуть более 50%. Другая часть сульфата магния остается в маточном растворе, которая загрязнена примесями металлов трехвалентного железа, трехвалентного хрома и алюминия. Таким образом, для предотвращения повторного загрязнения примесями целевого продукта, необходимо очистить маточный раствор от загрязняющих примесей и затем можно осуществить возврат на первую стадию производства с целью увеличения выхода целевого продукта (рис. 1, поз. 9).

Рассмотрен электрофлотационный метод в качестве очистки жидкого отхода в виде маточного раствора сульфата магния, который используется для очистки отходов различных производств, водоочистки и т. д. [3, 4]. Электрофлотационный метод наиболее эффективен при добавлении в очищаемые растворы поверхностно-активных веществ и флокулянтов [5]. В ранее проведенных опытах авторами выявлено, что при добавлении поверхностно-активных веществ в очищаемый раствор сульфата магния не достигается высоких показателей степени извлечения загрязняющих примесей [6].

Объектом исследования являлся модельный раствор сульфата магния с концентрацией 100 г/л, а также загрязняющие примеси с ионами металлов Fe^{3+} с концентрацией 50 мг/л, Cr^{3+} и Al^{3+} по 10 мг/л. Время проведения процесса очистки электрофлотационным методом составляло 30 минут. На первой стадии эксперимента выявляли оптимальные параметры проведения процесса очистки электрофлотационным методом. При корректировке pH раствора сульфата магния установлено, что при достижении значения $\text{pH} = 6\text{--}7$ загрязняю-

шие примеси с ионами металлов Fe^{3+} , Al^{3+} и Cr^{3+} переходят в форму малорастворимых соединений, что и необходимо для дальнейшего их извлечения. Также выявлено, что оптимальной объемной плотностью тока является 0,4 А/л, при которой по окончании 30 минут проведения процесса электрофлотации без добавок и последующей фильтрацией позволяет повысить степень извлечения малорастворимых соединений Fe^{3+} , Al^{3+} и Cr^{3+} до 99%, 80% и 86% соответственно.



Рис. 1. Блок-схема сернокислотного разложения серпентинитомагнезита на сульфат магния

На второй стадии эксперимента изучено влияние флокулянтов различных типов на степень извлечения малорастворимых соединений Fe^{3+} , Al^{3+} и Cr^{3+} электрофлотационным методом. Вводили флокулянты катионного, анионного и неионного типов с концентрацией 5 мг/л. Проведение очистки сульфата магния электрофлотационным методом осуществлялось в течение 30 минут при ранее установленных оптимальных рН среды 6–7 и объемной плотностью тока 0,4 А/л (табл.). Установлено, что наилучшие показатели степени извлечения малорастворимых соединений Fe^{3+} , Al^{3+} и Cr^{3+} составляют 96–98% при добавлении флокулянта анионного типа, Praestol 2540 [7]. При последующей фильтрации очищаемого раствора сульфата магния степень извлечения малораствори-

мых соединений Fe^{3+} и Al^{3+} составляет 99%, а малорастворимых соединений Cr^{3+} – 98% [7]. Данные по сравнению полученных показателей в процессе электрофлотационной очистки в присутствии флокулянтов различных типов представлены в таблице.

Таблица

Показатели степени извлечения и остаточных концентраций загрязняющих примесей Fe^{3+} , Al^{3+} и Cr^{3+} при проведении электрофлотационной очистки жидкого отхода сульфата магния

Добавки		Степень извлечения, %			Концентрация остаточная, мг/л		
		Fe^{3+}	Al^{3+}	Cr^{3+}	Fe^{3+}	Al^{3+}	Cr^{3+}
Флокулянты	Катионный Praestol 854	30	4	24	35	9,6	7,6
	Неионный Praestol 2500	8	5	6	46	9,5	9,4
	Анионный Praestol 2540	98	98	96	1	0,2	0,4

На рисунке 2 представлена зависимость остаточного содержания малорастворимых соединений Fe^{3+} , Al^{3+} и Cr^{3+} в растворе сульфата магния от времени проведения электрофлотационного процесса.

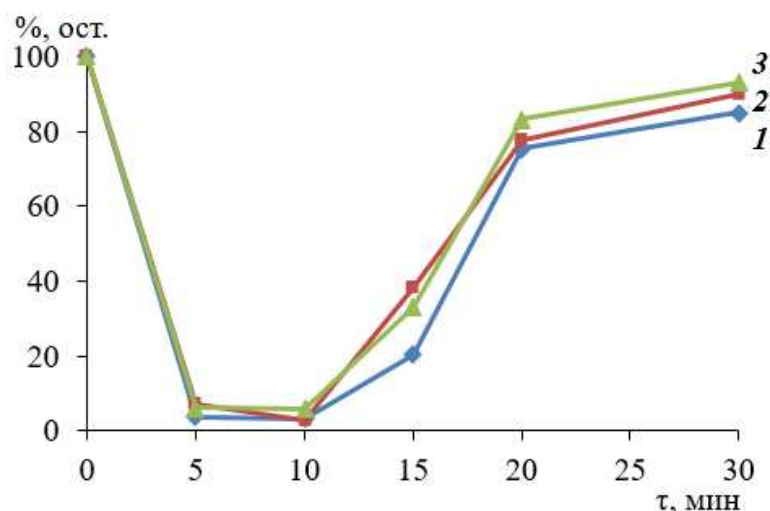


Рис. 2. Остаточное содержание малорастворимых соединений Fe^{3+} , Al^{3+} и Cr^{3+} при проведении электрофлотационной очистки жидкого отхода сульфата магния: 1 – Fe^{3+} , 2 – Al^{3+} , 3 – Cr^{3+}

Увеличение остаточного содержания малорастворимых соединений Fe^{3+} , Al^{3+} и Cr^{3+} после десятой минуты проведения процесса обусловлено оседанием частиц из образовавшейся дисперсной фазы, так как эксперименты проводились в непроточном электрофлотаторе. На производстве при использовании проточных электрофлотаторов не происходит повторного оседания частиц.

При изучении метода электрофлотации как метода очистки жидкого отхода в виде маточного раствора сульфата магния, установлена наибольшая степень извлечения загрязняющих примесей металлов Fe^{3+} , Al^{3+} и Cr^{3+} с использованием анионного флокулянта. Установлено, что оптимальный pH среды составляет pH = 6–7 для образования малорастворимых соединений, в которые

переходят загрязняющие компоненты Fe^{3+} , Al^{3+} и Cr^{3+} . В результате экспериментов по подбору объемной плотности тока для проведения электрофлотационной очистки с последующей фильтрацией уставлено, что при 0,4 А/л достигается наибольшая степень извлечения малорастворимых соединений Fe^{3+} , Al^{3+} и Cr^{3+} до 99%, 80% и 86% соответственно. При сравнении экспериментальных данных выявлено, что наибольшая степень извлечения малорастворимых соединений Fe^{3+} , Al^{3+} и Cr^{3+} достигает порядка 96–98% в присутствии анионного флокулянта Praestol 2540, остаточная концентрация не превышает 1 мг/л. Такой показатель степени извлечения наблюдается уже на десятой минуте проведения электрофлотационной очистки. Последующая фильтрация по окончании процесса увеличивает степень извлечения до 98–99% и остаточная концентрация составляет не более 0,5 мг/л.

Таким образом, применение метода электрофлотации позволит возвращать очищенный раствор на первую стадию технологического процесса по производству сульфата магния, тем самым увеличивая выход целевого продукта и снижая количество отходов на производстве.

Библиографический список

1. Широян Д. С., Громова И. В., Элжиркаев Р. А. Изучение возможности переработки серпентинито-магнезитового сырья Халиловского месторождения на сульфат магния // Успехи в химии и химической технологии. 2014. Т. 28. № 5 (154). С. 122–125.
2. Петлин И. В., Панкова О. В. Исследование процесса получения сульфата магния из серпентинитовых руд Халиловского месторождения // В мире научных открытий. 2015. Т. 66. № 6–1. С. 343–351. doi:10.12731/wsd-2015-6.1-343-351
3. Mohtashami R., Shang J. Q. Electroflotation for Treatment of Industrial Wastewaters: A focused review // Environmental Processes. Vol. 6. 2019. P. 325–353. doi: 10.1007/s40710-019-00348-z
4. Электрофлотационное извлечение смеси ионов меди и цинка из водных растворов в присутствии NH_3 / А. Пьяе, О. Ю. Колесникова, Х. Т. Аунг, В. А. Колесников // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2021. Т. 64. № 10. С. 119–124. doi: 10.6060/ivkkt.20216410.6322
5. The effect of high-molecular compounds nature on the electroflotation removal of the metal compounds from electrolyte solutions / V. A. Brodskiy, V. A. Kolesnikov, Yu. O. Malkova, A. M. Gaydukova // Sep. Purif. Technol. 2021. Vol. 279. P. 119689. doi: 10.1016/j.seppur.2021.119689
6. Влияние поверхностно-активных веществ на эффективность электрофлотационного извлечения малорастворимых соединений железа (III), алюминия (III) и хрома (III) из технологического раствора сульфата магния / К. А. Иншакова, В. А. Бродский, О. И. Кладовщикова, А. Р. Яворский // Инновационные материалы и технологии : материалы Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых. Минск : Изд-во БГТУ, 2022. С. 430–433.
7. Влияние флокулянтов на эффективность электрофлотационного извлечения малорастворимых соединений железа (III), алюминия (III) и хрома (III) из технологического раствора сульфата магния / К. А. Иншакова, В. А. Бродский, О. И. Кладовщикова, А. Р. Яворский // Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению : материалы Междунар. науч.-практ. конф. Комсомольск-на-Амуре : Изд-во КНАГУ, 2022. С. 312–314.

ЗАВИСИМОСТЬ СОРБЦИОННОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИОНОВ Cu(II), Ni(II) И Zn(II) ОТ ВРЕМЕНИ

С. В. Джима, А. Р. Яворский, В. А. Бродский

*Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева,
yavorskiy.ya@mail.ru*

Данная статья посвящена исследованию влияния фоновых солей и времени адсорбции на процесс сорбции тяжелых металлов (Cu, Ni, Zn) при очистке сточных вод. Исследование направлено на оценку эффективности сорбционного метода для извлечения тяжелых металлов из промышленных сточных вод. Активированный уголь БАУ-А использовался в качестве адсорбента в экспериментальных исследованиях, проведенных в сорбционном реакторе.

Ключевые слова: сорбция, тяжелые металлы, очистка сточных вод.

Адсорбция – это метод разделения, представляющий собой процесс массообмена, при котором вещества накапливаются на границе раздела. Адсорбция рассматривается как комплексный метод водоподготовки и мелиорации [1].

Преимущества сорбционных методов связаны с возможностью очистки сточных вод, содержащих низкие концентрации загрязняющих веществ, обычно не превышающие 100 мг/л. Однако они имеют и некоторые недостатки, поскольку способ связан с наличием стадии регенерации с адсорбентом или ионообменниками и необходимостью обработки регенерирующих растворов и элюатов, а также необходимостью утилизации самого адсорбента, если регенерация невозможна.

Активированный уголь (АУ) является одним из наиболее широко используемых сорбентов. Он считается наиболее эффективным адсорбентом благодаря своей высокой эффективности, пористости и большой площади поверхности. В промышленных масштабах его производят карбонизацией аналогично углю и древесине, поэтому он дорог и его использование ограничено [2–4].

Экспериментальные исследования влияния времени сорбции на эффективность удаления ионов тяжелых металлов меди, никеля и цинка с использованием активированного угля БАУ-А проводили в сорбционном реакторе. Исследована зависимость сорбционного извлечения ионов Cu(II), Ni(II) и Zn(II) от времени из раствора соли NaCl с концентрацией 100 г/л, pH 2,5 и навеской сорбента – 5 г активированного угля. Как показано на рисунке 1, сорбционное извлечение ионов Cu(II) увеличивается экспоненциально со временем, а эффективность извлечения выше 92% достигается после 3 часов адсорбции. Максимальная степень извлечения иона Zn(II) – 77% наблюдалась через 30 мин. Однако ионы никеля сорбируются хуже по сравнению с ионами Cu(II) и Zn(II), но степень извлечения увеличивается со временем, и максимальное значение в 40% было достигнуто после 3 часов исследования. Результаты этого исследования коррелируют с исследованием [5], которое показало, что время адсорбции

оказывает значительное влияние на извлечение тяжелых металлов из сточных вод.

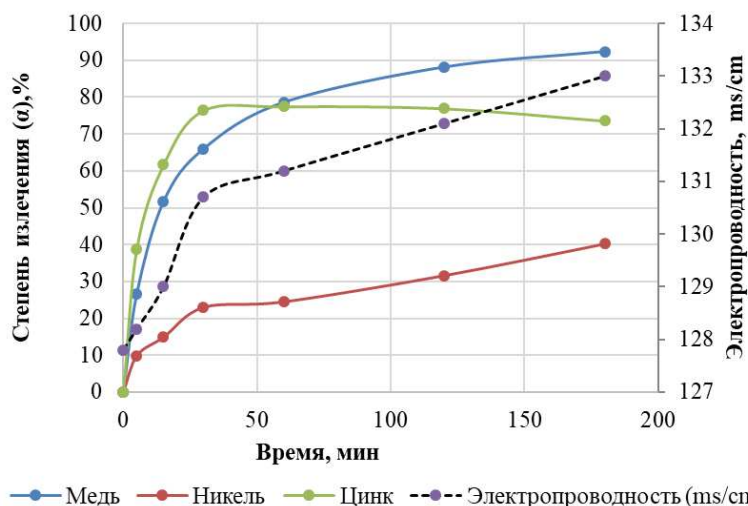


Рис. 1. Зависимость сорбционного извлечения Cu (II), Ni(II) и Zn(II) от времени адсорбции. Условия эксперимента: $\sum C_{Me} = 100$ мг/л; соотношение: [1]:[1]:[1]; pH = 2,5; NaCl = 100 г/л; активированный уголь = 5 г

Изучено влияние времени сорбции в присутствии Na₂SO₄. Как показано на рисунке 2, через 120 минут достигается максимальная сорбция ионов металлов. Отмечено, что степень эффективности сорбции по меди выше (98%). Однако степень извлечения никеля и цинка ниже, чем меди, которая составляет 47% и 63% соответственно. Согласно исследованиям [6–8], эффективность сорбционного извлечения ионов снижается с увеличением концентрации иона металла в растворе.

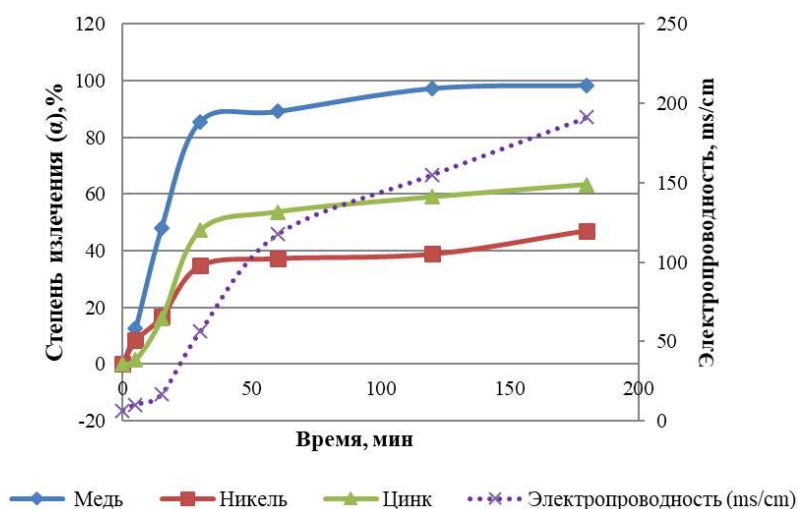


Рис. 2. Зависимость сорбционного извлечения Cu (II), Ni(II) и Zn(II) от времени адсорбции. Условия эксперимента: $\sum C_{Me} = 100$ мг/л; соотношение: [1]:[1]:[1]; pH = 2,5; Na₂SO₄ = 100 г/л; активированный уголь = 5 г

Влияние времени сорбции на извлечение ионов Cu(II), Ni(II) и Zn(II) из солевого раствора, содержащего NaCl и Na₂SO₄ с концентрацией 100 г/л и pH 2,5, изучали с использованием 5 г активированного угля. На отрезке времени до

30 мин, извлечение ионов Cu(II) происходит с высокой скоростью, после 30 минут скорость адсорбции снижается. Максимальное извлечение свыше 90 % достигается после 120-минутного процесса сорбции, как показано на рисунке 3. Однако сорбционное извлечение Ni и Zn с увеличением времени извлечения также постепенно растет. Кроме того, эффективность извлечения ионов Ni(II) и Zn(II) ниже в присутствии солей NaCl и Na₂SO₄ в растворе.

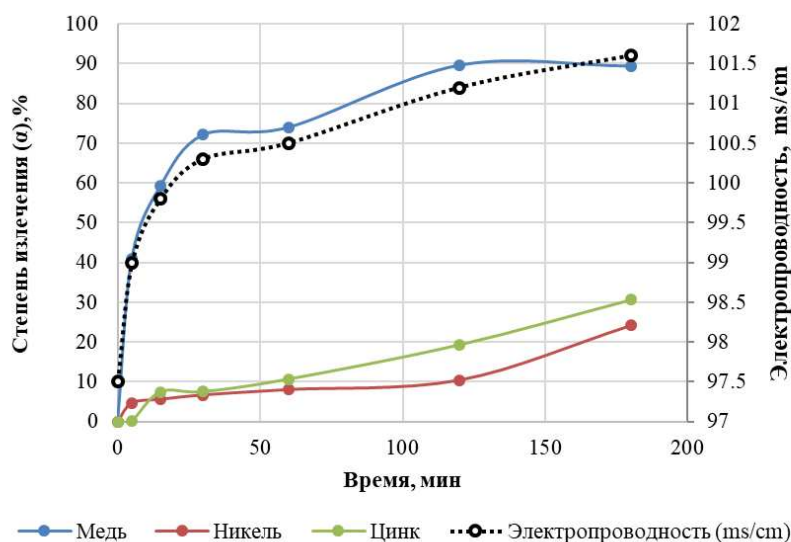


Рис. 3. Зависимость сорбционного извлечения Cu (II), Ni(II) и Zn(II) от времени адсорбции. Условия эксперимента: $\sum C_{Me} = 100$ мг/л; соотношение: [1]:[1]:[1]; pH = 2,5; NaCl + Na₂SO₄ = 100 г/л; активированный уголь = 5 г

Таким образом, степень сорбционного извлечения тяжелых металлов зависит от времени сорбции. С увеличением времени эффективность сорбционного извлечения увеличивается. В результате исследования установлено, что максимальная эффективность удаления тяжелых металлов может быть достигнута после 2 часов сорбции. Этот эксперимент позволяет сделать вывод, что извлечение металлов из сточных вод является возможным и стоит проводить дальнейшие исследования в этой области.

Библиографический список

1. Сорбция ионов тяжелых металлов из воды активированными углеродными адсорбентами / А. Р. Гимаева, Э. Р. Валинурова, Д. К. Игдавлетова, Ф. Х. Кудашева // Сорбционные и хроматографические процессы. 2011. Т. 11. № 3. С. 350–356.
2. Merchant R. R., Painter Z. Z. Study of Removal of Heavy Metals from Waste Water by Adsorption // International Journal of Applied Engineering. 2019. Vol. 14. No. 1. P. 63–68.
3. Agarwal M., Singh K. Heavy metal removal from wastewater using various adsorbents: a review // Journal of Water Reuse and Desalination. 2017. Vol. 7. No. 4. P. 387–419.
4. Carbons for the removal of heavy metal ions: A systematic review of recent literature focused on lead and arsenic ions / E. A. Deliyanni, G. Z. Kyzas, K. S. Triantafyllidis, K. A. Matis // Activated Open Chemistry. 2015. Vol. 13. No. 1. P. 699–708.
5. An insight into the removal of Cu (II) and Pb (II) by aminopropyl-modified mesoporous carbon CMK-3: Adsorption capacity and mechanism / H. Hamad, Z. Ezzeddine, F. Lakis, H. Rammal, M. Srour, A. Hijazi // Materials Chemistry and Physics. 2016. No. 178. P. 57–64.

6. Dizadji, N., Dehpouri S., Vossoughi S. Experimental investigation of adsorption of heavy metals (Copper(II)) from industrial wastewater with clinoptilolite // Chemical Engineering Transactions. 2012. Vol. 29. P. 1309–1314.

7. Heavy metals removal using activated carbon, silica and silica activated carbon composite / M. Karnib, A. Kabbani, A. Holail, Z. Olama // Energy Procedia. 2014. Vol. 50. P. 113–120.

8. Kavand M., Kaghazchi T., Soleimani M. Optimization of parameters for competitive adsorption of heavy metal ions (Pb⁺², Ni⁺², Cd⁺²) onto activated carbon // Korean Journal of Chemical Engineering. 2014. Vol. 31. No. 4. P. 692–700.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИОНОВ Cu(II), Ni(II), Zn(II) ИЗ РАСТВОРОВ NaCl И Na₂SO₄ МЕТОДОМ СОРБЦИИ В РЕАКТОРЕ

С. В. Джима, А. Р. Яворский, В. А. Бродский

*Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева,
yavorskiy.ya@mail.ru*

Данная статья посвящена исследованию влияния концентрации солей и времени адсорбции на процесс сорбции тяжелых металлов (Cu, Ni, Zn) при очистке сточных вод. Исследование направлено на оценку эффективности сорбционного метода для извлечения тяжелых металлов из промышленных сточных вод. Активированный уголь БАУ-А использовался в качестве адсорбента в экспериментальных исследованиях, проведенных в сорбционном реакторе.

Ключевые слова: сорбция, тяжелые металлы, очистка сточных вод.

Сорбция – метод массообмена, при котором вещества накапливаются на границе раздела. Адсорбция – комплексный метод очистки воды с эффективностью до 99%, включая удаление тяжелых металлов, масляных и жировых пятен. Этот метод дешев и прост в применении. Преимущества процесса сорбции включают его способность притягивать металлы, легкость восстановления и повторное использование [1].

Сорбция возникает из-за слабых сил притяжения между молекулами и поверхностью. Физисорбция может быть моно- или многослойной и обратимой. Коммерческие адсорбенты основаны на физической адсорбции, не зависящей от электронных свойств адсорбента и адсорбата [2].

Данная работа посвящена изучению зависимости процесса сорбции от концентрации солей и времени адсорбции при очистке сточных вод, содержащих ионы Cu(II), Ni(II) и Zn(II), что потенциально раскрывает эффективность сорбционного метода для решения задач извлечения тяжелых металлов из промышленных объектов сточные воды.

В данной работе представлены экспериментальные исследования сорбционного метода очистки сточных вод, содержащих ионы тяжелых металлов меди, никеля и цинка с использованием активированного угля БАУ-А. Эксперимент проводился в сорбционном реакторе. Подготовлены модельные сточные

воды, содержащие ионы Cu(II), Ni(II) и Zn(II) суммарной концентрацией металлов 100 мг/л в равном соотношении друг к другу. Водные растворы, содержащие CuSO₄, NiSO₄, ZnSO₄, вводили в реактор объемом 500 мл и на магнитную мешалку с нагревательной пластинкой MSH-300. В реактор вводили 100 г/л соли NaCl и доводили pH до 2,5, используя разбавленную HNO₃. В реактор добавляли порошок активированного угля БАУ-А в соотношении 1 : 100 к модельным сточным водам и проводили сорбционный эксперимент. Определяли влияние фоновых солей NaCl, Na₂SO₄ и NaCl + Na₂SO₄, диапазон вводимых концентраций 1–200 г/л, на сорбцию ионов тяжелых металлов при pH 2,5. Отфильтрованную пробу (фильтр марки «Синяя лента») подготавливали для атомно-абсорбционного спектрального анализа посредством разбавления (предел концентрации ионов металлов 0,1–1 мг/л) 2%-водным раствором азотной кислоты.

Определение концентрации ионов металлов в растворах проводилось на атомно-абсорбционном спектрометре КВАНТ-АФА по стандартизированной методике [3, 4].

Эффективность сорбционного удаления ионов металлов оценивали по степени извлечения ионов металлов α (%) и рассчитывали по формуле:

$$\alpha = \frac{C_{\text{исх.}} - C_{\text{кон.}}}{C_{\text{исх.}}} \cdot 100\%$$

где $C_{\text{исх.}}$, $C_{\text{кон.}}$ – исходная и конечная концентрация ионов металлов соответственно, мг/л.

Электропроводность для каждого экспериментального условия измеряли с помощью прибора Mettler-Toledo AG 8603 Schwerzenbach.

Исследовано влияние концентрации соли на сорбцию Cu(II), Ni(II) и Zn(II). Концентрация фоновых солей колеблется от 1 г/л до 200 г/л и pH раствора 2,5. В качестве адсорбента в реакторе объемом 500 мл использовали 5 г активированного угля. На рисунке 1 показано, что адсорбционное извлечение Cu(II), Ni(II) и Zn(II) зависит от концентрации раствора фоновой соли NaCl. Первоначально эффективность извлечения экспоненциально увеличивается до концентрации NaCl 50 г/л, особенно для иона меди(II), затем она постепенно снижается, пока концентрация NaCl не достигает 200 г/л. Как показано на рисунке, эффективность сорбционного извлечения иона Cu(II) составляет 97%. Однако эффективность адсорбционного извлечения Ni и Zn относительно низка.

С другой стороны, как показано на рисунке 1, электропроводность увеличивается по мере того, как концентрация соли и электропроводность меняются, наблюдаемые по мере протекания процесса адсорбции, поскольку ионы металлов извлекаются адсорбентом.

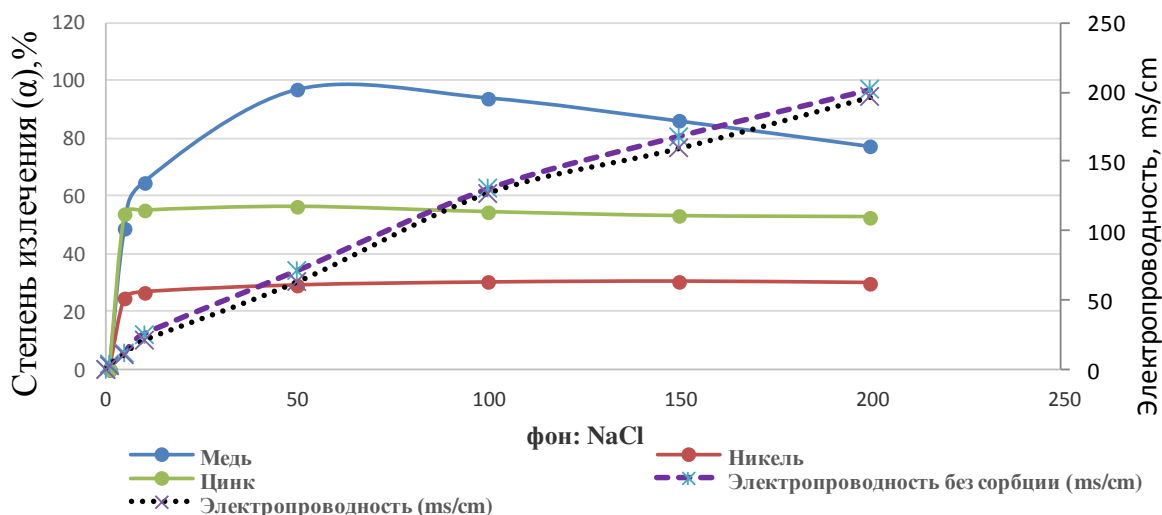


Рис. 1. Зависимость сорбционного извлечения Cu (II), Ni(II) и Zn(II) от концентрации NaCl в растворе. Условия эксперимента: $\sum C_{Me} = 100$ мг/л, соотношение: [1]:[1]:[1]; pH = 2,5; время = 2 ч; активированный уголь = 5 г

Исследовано влияние Na_2SO_4 на эффективность адсорбционного извлечения Cu(II), Ni(II) и Zn(II). Результат показал, что эффективность экстракции изначально не показывает видимых изменений, как показано на рисунке 2, пока концентрация Na_2SO_4 не достигнет 50 г/л. Однако эффективность адсорбционной экстракции возрастает экспоненциально и составляет 60%, 46% и 60% для меди, никеля и цинка соответственно. Эффективность извлечения Cu(II) при адсорбции раствором Na_2SO_4 ниже по сравнению с 97% извлечением Cu(II) из раствора NaCl.

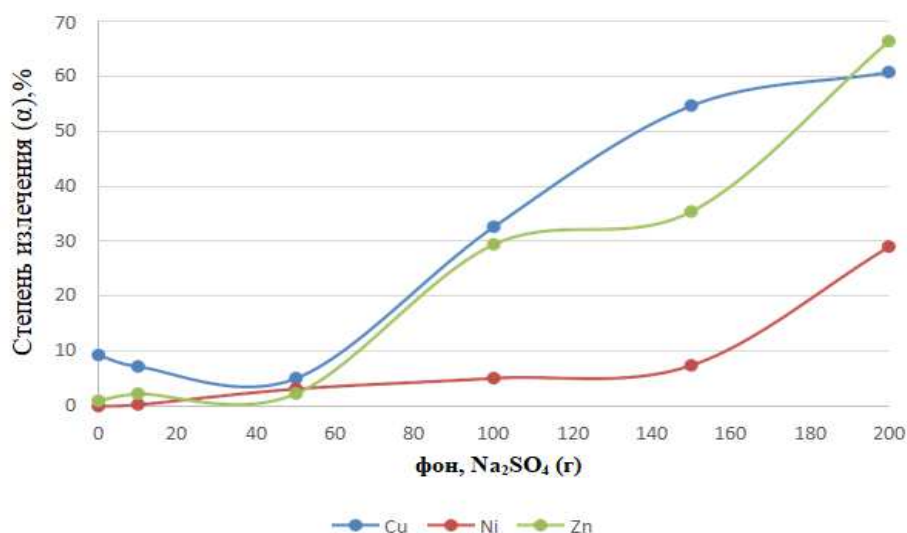


Рис. 2. Зависимость сорбционного извлечения Cu (II), Ni(II) и Zn(II) от концентрации Na_2SO_4 в растворе. Условия эксперимента: $\sum C_{Me} = 100$ мг/л, соотношение: [1]:[1]:[1]; pH = 2,5; время = 2 ч; активированный уголь = 5 г

Как показано на рисунке 3, первоначально адсорбционное извлечение Cu, Ni и Zn показывает прирост без существенного изменения концентрации соли. Максимальная эффективность адсорбции достигается при 100 г/л раствора соли. Максимальная эффективность извлечения Cu, Ni и Zn составила 90%, 56% и 74% соответственно. Электропроводность до и после сорбции отличается, поскольку ион металла извлекается адсорбентами в реакторе.

В результате можно сделать вывод, что сорбционное извлечение тяжелых металлов зависит от времени сорбции и концентрации солей в растворе. По мере увеличения времени сорбции эффективность сорбции увеличивается.

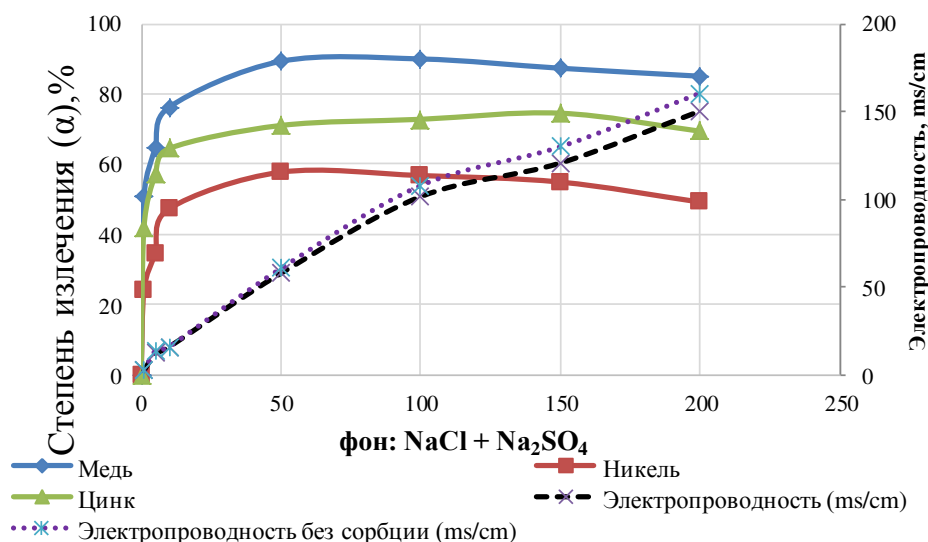


Рис. 3. Зависимость сорбционного извлечения Cu (II), Ni(II) и Zn(II) от концентрации NaCl и Na₂SO₄ в растворе. Условия эксперимента: $\sum C_{Me} = 100$ мг/л, соотношение: [1]:[1]:[1]; pH = 2,5; время = 2 ч; активированный уголь = 5 г

Из рисунка 4 можно сделать вывод, что сорбционное извлечение металлов зависит от концентрации солей в растворе. Более высокие показатели сорбции были получены в присутствии растворов фоновых солей NaCl и Na₂SO₄. Сорбционное извлечение ионов Cu выше во всех условиях. Остаточная концентрация Cu²⁺ составила 0,032 мг/л в растворе NaCl, 0,45 мг/л в растворе Na₂SO₄ и 0,12 мг/л в растворе NaCl + Na₂SO₄.

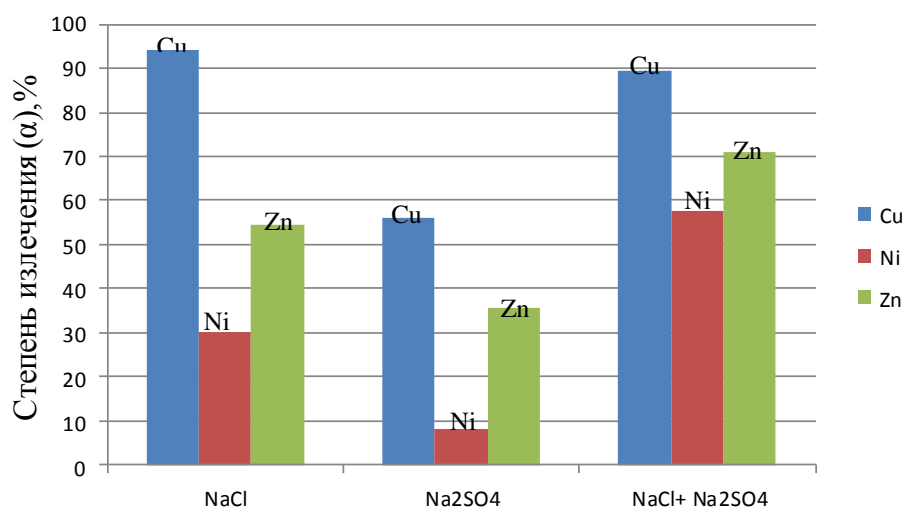


Рис. 4. Сравнительное представление зависимости сорбции ионов металлов Cu, Ni и Zn от типа солевого раствора.

Условия эксперимента: $\sum C_{Me} = 100$ мг/л, соотношение: [1]:[1]:[1]; рН = 2,5; время = 2 ч; активированный уголь = 5 г

На основании эксперимента можно утверждать, что извлечение металлов из сточных вод происходит и имеет место для продолжения исследований в этом направлении.

Библиографический список

1. Сорбция ионов тяжелых металлов из воды активированными углеродными адсорбентами / А. Р. Гимаева, Э. Р. Валинурова, Д. К. Игдавлетова, Ф. Х. Кудашева // Сорбционные и хроматографические процессы. 2011. Т. 11. № 3. С. 350–356.
2. Merchant R. R., Painter Z. Z. Study of Removal of Heavy Metals from Waste Water by Adsorption // International Journal of Applied Engineering. 2019. Vol. 14. No. 1. P. 63–68.
3. Гайдукова А. М. Извлечение металлов переменной валентности из водных растворов с использованием электрохимических и физических методов : дис. ... канд. техн. наук. М., 2016. 155 с.
4. Бродский В. А. Роль поверхностных характеристик дисперсной фазы и состава среды в интенсификации и повышении эффективности электрофлотационного процесса очистки сточных вод : дис. ... канд. техн. наук. М., 2019. 195 с.

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ЭЛЕКТРОФЛОТАЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ПРОМЫВНЫХ СТОКОВ

Е. М. Рубин, А. В. Колесников

*Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева,
egor.rubin@list.ru*

В статье представлены результаты опытов по изучению влияния добавок поверхностно-активных веществ (ПАВ) на извлечение редкоземельных элементов (РЗЭ) из сточных вод. Определены степени извлечения металлов при различных добавках ПАВ. Проведено сравнение с классическими реагентами для очистки стоков.

Ключевые слова: электрофлотация, ПАВ, редкоземельные элементы.

Новейшие технологии и приборы, обеспечивающие научно-технический прогресс, проектируются и производятся с использованием редкоземельных элементов (РЗЭ). Они широко используются в атомной энергетике, лазерных технологиях, электронно-вычислительных устройствах и прочее. Рассеянный характер нахождения РЗЭ в природе не всегда позволяет проводить их добычу, ввиду недостаточной рентабельности производства [1].

Другой особенностью данной группы элементов является то, что процесс их извлечения из первичного рудного сырья представляет собой сложный и многостадийный процесс, требующий значительного количества воды (от 4 до 30 кг/кг продукта) и электроэнергии (от 9 до 13 кВтч/кг продукта) [2, 3]. Для сравнения, при производстве меди удельное электро – и водопотребление составляет 1,2 кВтч/кг продукта и 75 кг/кг продукта (с учетом проката и обработки металла) [4–5]. Также стоит упомянуть и об образующихся в ходе производства радиоактивных отходах, по различным оценкам на 1 т концентрата РЗЭ образуется 1 т радиоактивных отходов.

Вышеперечисленные причины объясняют необходимость поиска эффективных решений в области извлечения РЗЭ из сточных и промывных вод с целью минимизации ущерба окружающей среде и повышения экономической эффективности процесса за счет уменьшения потерь, экологических платежей и затрат на обращение с отходами.

В данной работе будет рассмотрено влияние добавок различных ПАВ на процесс электрофлотационного извлечения РЗЭ из технологических растворов. Большинство существующих технологий получения РЗЭ протекает по следующему принципу:

- вскрытие руды кислотами: соляной, азотной, серной или др.;
- полученные растворы сульфатов, нитратов, хлоридов обрабатываются содой или щавелевой кислотой;
- полученный осадок фильтруют и промывают водой.

Растворимость осадков РЗЭ (карбонатов и гидроксидов) зависит от концентрации фонового электролита (NaCl), а именно возрастает с ростом его концентрации, кроме того, рост концентрации электролита приводит к уменьшению размера частиц дисперсной фазы. Вместе с промывкой горячей водой для удаления коррозионно-агрессивных ионов, данные факторы приводят к дополнительным потерям мелкодисперсной фракции осадка. Таким образом, извлечение РЗЭ из промывных вод является необходимым и интуитивно обоснованным.

Экспериментально установлено, что максимальное количество дисперсной фазы образуется при pH 7–10 и достигает 40–60% в зависимости от природы металла. Также на степень извлечения при электрофлотационном (ЭФ) процессе влияет концентрация Na₂CO₃. Наиболее полно процесс протекает при низких концентрациях до 0,25 мг/л, ввиду возрастания значения ξ -потенциала. Данные о влиянии добавок ПАВ на ЭФ извлечение металлов представлены в таблице.

Таблица

Электрофлотационное извлечение карбонатов (гидроксикарбонатов) редкоземельных металлов из промывных вод отмывки осадков

Металл	Степень извлечения, α , %					
	1 г/л Na ₂ CO ₃		0,5 г/л Na ₂ CO ₃		0,25 г/л Na ₂ CO ₃	
	без доб.	+СептаПАВ ХСВ.50	без доб.	+ NaDDS	без доб.	+ NaDDS
La	7	94	34	89	78	96
Ce (IV, III)	5	93	24	87	79	96
Pr	5	93	37	88	78	97
Nd	8	94	36	88	78	97
Sm	6	96	37	84	77	97
Eu	10	96	35	98	77	96
Gd	12	98	34	87	76	96
Tb	8	98	34	98	76	98
Dy	4	98	34	98	76	98
Y	6	99	34	98	74	98

Примечание: условия эксперимента: концентрация NaCl – 1 г/л; концентрация добавки – 5 мг/л; J_v – 0,4 А/л; pH – 7,0; τ – 20 мин.

Степень извлечения РЗМ при концентрации ПАВ – 5 мг/л возрастает до 95–98%. Влияние катионного ПАВ связано с изменением ξ -потенциала дисперсной фазы, который возрастает на 10–15 мВ, что благоприятно сказывается на электрофлотационном процессе. Действие анионного ПАВ связано с заменой молекул воды и гидрофобизацией поверхности осадка, что положительно отражается на формировании флотокомплекса. Дополнительно стоит обратить внимание, что добавка СептаПАВ увеличивает эффективность извлечения даже при неоптимальных, с точки зрения ЭФ процесса, концентраций Na₂CO₃, поскольку процесс осаждения металлов проводят при эквивалентном соотношении концентраций металлов и карбонат-анионов [5], а концентрация анионов вследствие не всегда является достаточно низкой. Такая особенность работы катионного ПАВ связана с уже упомянутым влиянием на ξ -потенциала.

В качестве элемента сравнения было также проанализировано влияние добавок флокулянта, как классического для подобного рода процессов реагента, на степень извлечения. Результаты представлены на рисунке.

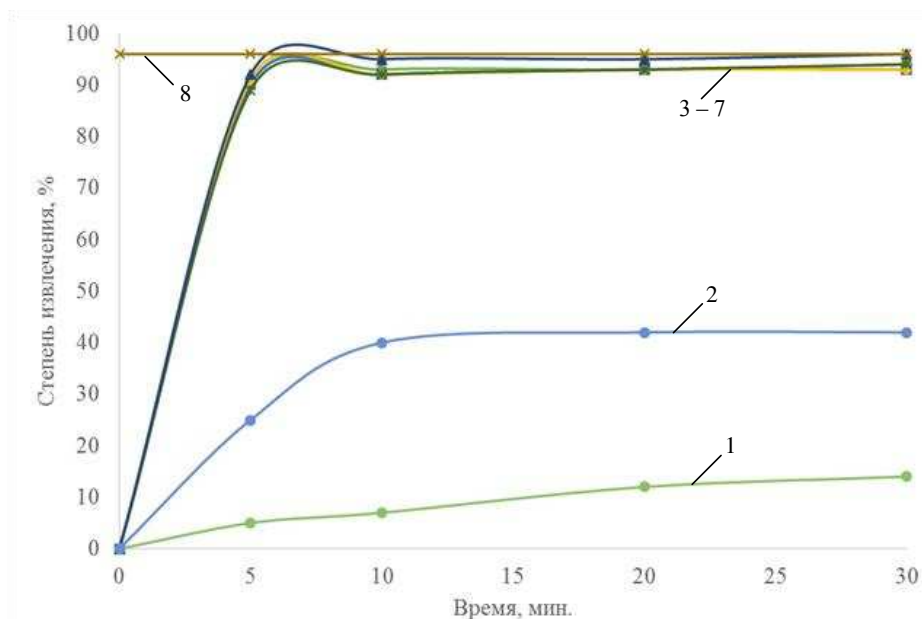


Рис. Влияние катионного ПАВ СептаПАВ ХСВ.50 и флокулянта С-496 на извлечение смеси РЗМ в присутствии осадителя Na_2CO_3 :
 1 – Σ РЗМ (Ce, La, Pr, Nd, Sm и др.); 2 – Σ РЗМ (Ce, La, Pr, Nd, Sm и др.) + С-496 (флокулянт катионный); 3–7 – Σ РЗМ (Ce, La, Pr, Nd, Sm и др.) + СептаПАВ (катионный); 8 – фильтрация осадка ($\alpha = 98\%$);
 условия эксперимента: $c \text{ NaCl} - 1 \text{ г/л}$; $c \text{ Na}_2\text{CO}_3 - 1 \text{ г/л}$; $J_v - 0,4 \text{ А/л}$; $\text{pH} - 9,0$;
 $c \text{ ПАВ} - 5 \text{ мг/л}$; $c \text{ флокулянта} - 5 \text{ мг/л}$; $c_{\Sigma} \text{ РЗМ} - 0,25 \text{ г/л}$

Из данных, представленных на рисунке, можно сделать вывод о том, что добавки ПАВ и флокулянта ускоряют кинетику процесса, однако в случае ПАВ плато по уровню степени извлечения достигается на 5–6 минуте эксперимента, в то время как при использовании флокулянта выход на плато происходит на 9–10 минуте. Кроме того, конечная степень извлечения при использовании флокулянта в два раза ниже, в сравнении с ПАВ.

Исходя из всего вышесказанного, можно заключить, что добавки ПАВ крайне эффективно влияют на процесс ЭФ извлечения РЗЭ. Также их эффективность существенно выше, чем у флокулянтов. Помимо этого, при применении ПАВ происходит модификация поверхности извлекаемых частиц, в отличие от применения флокулянта, в случае которого происходит простое «склеивание». Модификация заключается в формировании на поверхности гидрофобно-гидрофильных частиц, которые позволяют пузырькам H_2 и O_2 формировать флотокомплекс.

Дополнительно в пользу ПАВ свидетельствует и экономическая составляющая. Например, стоимость применяемого флокулянта С-496 составляет 300–400 руб./кг, для ПАВ этот показатель составляет 450 руб./кг, что ненамного выше с учетом двухкратного увеличения степени извлечения. Также стоит

упомянуть о зарубежном происхождении флокулянта (финская компания Kemira), в то время как СептаПАВ производится в России компанией ООО Научно-производственное объединение «НИИ ПАВ». В текущих реалиях доступ к зарубежному реагенту может быть ограничен, а стоимость его возрасти, в то же время ПАВ производится на территории нашей страны, что способно обеспечить его бесперебойное поступление.

Библиографический список

1. Муслимова А. В. Извлечение редкоземельных элементов из монацитового концентрата : дис. ... канд. хим. наук : 05.17.02. Северск : Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 2019. 180 с.
2. Life cycle assessment of rare earth production from monazite / C. Browning, S. Northey, N. Haque, W. Bruckard, M. Cooksey // REWAS 2016: towards materials resource sustainability. The Minerals, Metals & Materials Society, Warrendale; Hoboken : Wiley, 2016. С. 83–88.
3. Talens Peiró L., Villalba Méndez G. Material and energy requirement for rare earth production // The Journal of The Minerals, Metals & Materials Society. 2013. Vol. 65. P. 1327–1340.
4. Copper demand, supply, and associated energy use to 2050 / A. Elshkaki, T. E. Graedel, L. Ciacci, B. K. Reck // Global environmental change. 2016. Vol. 39. P. 305–315.
5. BRG Copper sustainability information: [Электронный ресурс]. – URL: https://www.bgr.bund.de/EN/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Informationen_Nachhaltigkeit/ku_pfer_en.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (дата обращения: 24.10.2023).
6. Влияние pH среды на процесс растворимости карбонатов и гидроксидов редкоземельных металлов / Р. Р. Кашурин, Я. А. Свахина, С. А. Герасев, Т. Е. Литвинова, И. Т. Жадовский // Вестник Технологического университета. 2021. Т. 24. № 2. С. 14–18.

ВЛИЯНИЕ ЦИКЛИЧНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ МАКУЛАТУРЫ НА БУМАГООБРАЗУЮЩИЕ СВОЙСТВА

*А. А. Бабина, С. Л. Евдокимова, М. М. Подлевских
Вятский государственный университет,
stud161193@vyatsu.ru, stud180622@vyatsu.ru, stud161248@vyatsu.ru*

В статье рассмотрены особенности технологического процесса переработки макулатуры. Приведены результаты исследований по влиянию цикличности на показатели прочности материалов из макулатуры.

Ключевые слова: макулатура, переработка, бумагообразующие свойства, вторичное сырьё.

В последние годы прошлого века вопрос переработки макулатуры стал актуальным вследствие ряда причин. Увеличение общего количества отходов населения планеты ведет к поискам путей их переработки. Проблема энергосбережения напрямую связана с использованием вторичного сырья.

Население не имеет определенной мотивации для сбора макулатуры. Это ведет к тому, что большая часть бумажных отходов попадает на городские свалки и не подлежит переработке. Сортировка бумаги и картона в процессе сбора макулатуры помогут улучшить качество получаемой продукции.

Макулатурой называют бумагу, картон и изделия из них, которые после использования могут быть снова переработаны и использованы для изготовления бумажной продукции.

Главной особенностью макулатуры является то, что это – вторичное сырье, прошедшее полный цикл или несколько циклов переработки в бумажно-картонную продукцию. Степень сохранения и способность к восстановлению (регенерации) бумагообразующих свойств вторичных волокон называют потенциалом переработки макулатурного сырья.

Согласно ГОСТ 10700-97 [1] в Российской Федерации принято делить макулатуру на три группы:

- группа А – высокого качества;
- группа Б – среднего качества;
- группа В – низкого качества.

Переработка макулатуры начинается со сбора и сортировки. Основные источники макулатуры – разного вида картон: бурый, белый, гофрированный; полиграфическая продукция: газеты, книги, журналы, справочники, а также конверты, блокноты, писчая бумага. Не перерабатывается большинство санитарно-гигиенических изделий: туалетная бумага, салфетки, бумажные полотенца. Также переработке в большинстве случаев не подлежат бумажные изделия для фастфуда – коробки из-под еды, тарелки, стаканчики. Материалы, полученные из несортированной макулатуры, имеют более низкие физико-механические показатели. Предварительный процесс подготовки макулатуры необходим для получения бумажного сырья высокого качества. В процесс подготовки входит дробление. Оно позволяет снизить энергетические затраты в процессе роспуска.

Технологический процесс переработки начинается с роспуска макулатуры (разволокнения). В процессе роспуска макулатуру смешивают с водой. Концентрация массы составляет 3%. На этом этапе удаляются крупные загрязнения, бумажная масса разделяется на волокна за счет растворения клея. Процесс роспуска происходит в гидроразбивателях открытого и закрытого типа. Принцип работы гидроразбивателя заключен в механическом воздействии лопастей ротора и гидродинамического воздействия движущейся среды (воды) на макулатуру [2–4].

После роспуска макулатурную массу очищают от тяжелых и легких включений (скрепки, пленки, песок, проволоки). Бумажная масса после первичного роспуска может использоваться для изготовления картона низшего качества, при производстве строительных материалов.

Далее бумажную массу подвергают размолу (вторичный роспуск) в пульсационных мельницах, турбосепараторах. Масса разбивается на волокна, и из нее удаляются короткие волокна, которые негативно отражаются на механических свойствах получаемой продукции. Процесс размола позволяет повысить механические показатели бумажной массы.

В зависимости от того, какого качества необходим продукт, проводят дополнительную обработку бумажной массы. К стадиям дополнительной обработки относятся: сортировка, термодисперсионная обработка, удаление печат-

ной краски, отбелка. Включение каждой из этих стадий в технологию повышает качество получаемого сырья.

Степень сохранения и способность к восстановлению (регенерации) бумагообразующих свойств вторичных волокон называют потенциалом переработки макулатурного сырья [5].

Исходя из анализа литературных данных, мы выдвинули гипотезу о том, что максимальное количество циклов переработки макулатуры – 5–7, далее идет значительное ухудшение прочности вторичного волокна.

В ходе работы проведены исследования по влиянию цикличности на показатели прочности материалов из макулатуры. Для исследований использовалась бумага марки МС-1а.

В процессе подготовки бумажной массы растительные волокна подвергаются размолу, то есть механическому воздействию размольной гарнитуры. Размол является физико-химическим процессом и направлен на подготовку волокнистого материала к отливу бумаги. Основная цель размола заключается в улучшении бумагообразующих свойств волокон, то есть способности волокон образовывать прочную, однородную и гладкую структуру бумаги. Размол осуществляется в водной среде. При размоле волокна набухают, подвергаются укорачиванию, расщепляются, раздавливаются, одновременно повышается их гибкость, происходит увеличение поверхности и усиливается гидратация [6].

В ходе работы было проведено семь циклов переработки макулатуры. Полученные образцы были испытаны на вертикальной разрывной машине.

Для проведения испытаний на вертикальной разрывной машине из полученных в результате переработки отливок вырезают образцы размером 5×1 см (рис. 1).

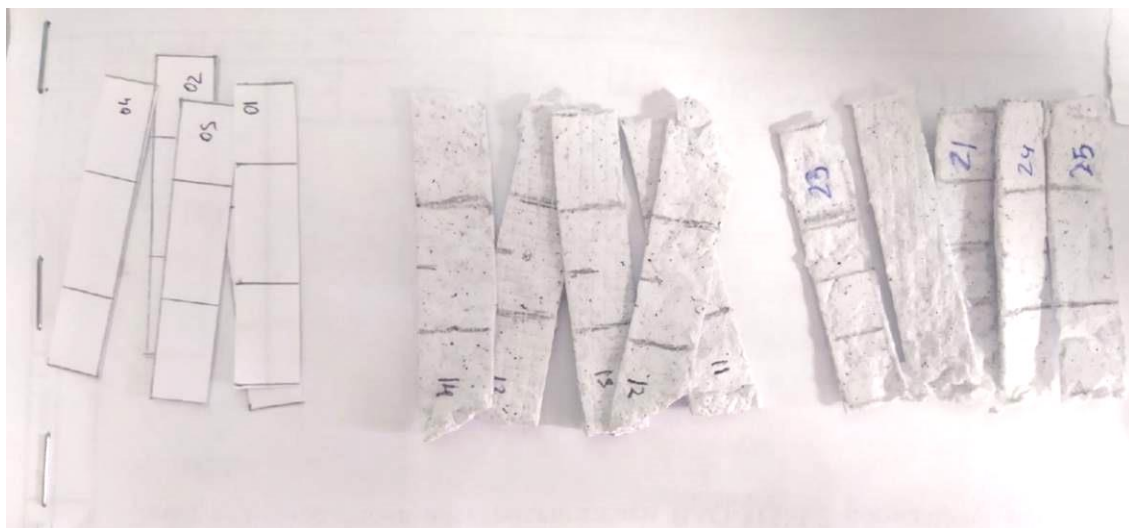


Рис. 1. Образцы макулатуры

Испытание выполняют при фиксировании образца на расстоянии 10 см между зажимами (для отливок). Правильность выставленного расстояния сверяют, прикладывая линейку. Образец устанавливают в зажимы. Фиксировать следует строго вертикально, избегая перекосов образца во время его испытания.

При фиксировании образца не следует касаться испытываемой поверхности голыми руками (рис. 2).



Рис. 2. Испытание на разрывной машине

Для определения разрушающего усилия в каждой отливке вырезают по пять образцов для испытания. За результат испытаний разрушающего усилия принимают среднеарифметическое значение всех определений (табл.).

Таблица

Результаты исследований

№ цикла	Нагрузка, приложенная для разрыва образца, Н	Нагрузка, приложенная для разрыва образца с учетом площади поперечного сечения, МПа
Бумага марки МС-1а	55,6420	48,6815
1	6,033501	0,29029
2	4,53965	0,28479
3	3,98493	0,38706
4	3,60362	0,21576
5	3,34756	0,20024
6	2,30869	0,12852
7	1,99842	0,09470

Из полученных данных следует, что с каждым последующим циклом переработки наблюдается снижение прочности, это объясняется снижением бумагообразующих свойств вторичных волокон. Это связано с тем, что способность волокон к набуханию и гидратации в процессе размола уменьшается. Но так как толщина образцов отличается, то эта зависимость не так заметна. Таким образом, выдвинутая нами гипотеза оказалась верна.

Библиографический список

1. ГОСТ 10700-97. Макулатура бумажная и картонная. Технические условия. Введ. 23.08.2002. М : Изд-во стандартов, 2002. 9 с.

2. Вихарев С. Н. Теория и конструкция машин для роспуска волокнистых полуфабрикатов: методические указания. Екатеринбург : УГЛТУ, 2014. 22 с.
3. Исследование возможности роспуска газетной макулатуры полусухим способом / Б. В. Акулов, Ф. Х. Хакимова, Т. Н. Ковтун, Р. Х. Хакимов. Пермь : ПГТУ, 2010. 11 с.
4. Ванчаков М. В., Кулешов А. В., Коновалова Г. Н. Технология и оборудование для переработки макулатуры. Часть 2. 2-е изд., испр. и доп. СПб. : СПбГТУРП, 2011. 84 с.
5. Ванчаков М. В., Кулешов А. В., Коновалова Г. Н. Технология и оборудование для переработки макулатуры : учебное пособие. Ч. 1. СПб. : ГОУ ВПО СПбГТУРП, 2010. 98 с.
6. Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов: приказ М-ва природных ресурсов и экологии от 22 мая 2017 года № 242 [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/542600531> (дата обращения: 18.09.2023).

ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПЕРЕРАБОТАННОГО КРАСНОГО ШЛАМА ДЛЯ ДЕСТРУКЦИИ МОНОАЗОКРАСИТЕЛЯ

А. А. Сейткасымова, Т. В. Конькова

*Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева,
seitkassyмоваa@gmail.com*

В статье приведены результаты исследования продукта переработки красного шлама в качестве катализатора для деструкции органического загрязнителя – моноазокрасителя кармуазина. Полученный катализатор использовался повторно в нескольких циклах, при этом значения его активности и стабильности оставались высокими.

Ключевые слова: красный шлам, процесс Фентона, моноазокраситель кармуазин, оксид железа.

В результате процесса Байера в мире ежегодно образуется около 80 млн т высокощелочного (рН = 10–13) токсичного отхода – красного шлама, поэтому многие исследования нацелены на разработку экологически безопасных методов переработки и утилизации красного шлама. К таким методам можно отнести передовые окислительные процессы (AOPs – advanced oxidation processes) [1].

AOPs, в частности процесс Фентона, применяются для разрушения широкого спектра органических загрязнителей, в том числе, красителей. В процессе Фентона ион железа Fe^{2+} используется для генерации гидроксильных радикалов ($\bullet OH$), которые имеют высокий окислительный потенциал, равный 2,8 эВ, в результате реакции с пероксидом водорода [2]. Оксид железа, входящий в состав красного шлама, может выступать в качестве катализатора типа Фентона.

Азокрасители являются сильными органическими загрязнителями и используются в больших количествах в текстильном производстве (60–70% всех красителей, применяемых при обработке текстиля) [3], лакокрасочной и пищевой промышленности. Они являются источниками значительного загрязнения окружающей среды, не поддаются биоразложению, взаимодействуют с экосистемами, как с водными, так и наземными.

Таким образом, целью и задачами настоящей работы является активация кислотой и переработка красного шлама, изучение текстурных характеристик, каталитической и адсорбционной активности и стабильности полученного продукта.

Катализатор для деструкции кармуазина получали методом переосаждения из раствора. Сначала проводили активацию красного шлама разбавленной соляной кислотой в течение 2 ч. Образовавшийся раствор хлоридов отделяли центрифугированием от нерастворившегося остатка и добавляли к нему осадитель – карбонат аммония. В результате выпадал осадок коричневого цвета, который высушивали при 120 °С, а затем прокаливали при температуре 500 °С в течение 4 ч.

Текстурные характеристики образцов рассчитывали на основании изотерм адсорбции-десорбции азота при температуре 77 К, полученных на объемно-метрической установке Nova 1200e (Quantachrome, США). Удельную поверхность $S_{уд}$ образцов рассчитывали методом БЭТ. Суммарный сорбционный объем пор V_{Σ} определяли по изотерме адсорбции азота при значении относительного давления, равном 0,99. Средний диаметр мезопор $D_{ме}$ – методом ВЈН по десорбционной ветви изотермы. Перед измерением изотерм проводили активацию образцов при 500 °С и остаточном давлении 10^{-3} мм рт. ст. в течение 4 ч.

Каталитическую активность образцов исследовали в реакции окисления органического моноазокрасителя кармуазина пероксидом водорода в водном растворе. Об активности катализаторов судили по обесцвечиванию раствора красителя за счет разрушения хромофорной азогруппы и уменьшению оптической плотности раствора при длине волны 517 нм с помощью спектрофотометра Spekol 1500 UV-VIS (Analytik Jena AJ, Германия). Начальная концентрация кармуазина в растворе составляла 25 мг/л, содержание катализатора – 3 г/л, количество пероксида водорода с концентрацией 3 мас.% было четырехкратным по сравнению со стехиометрическим для полного окисления кармуазина. Температура опыта – 60 °С, значение pH раствора равно 3.

Стабильность катализаторов оценивали по степени вымывания активного компонента в раствор. Анализ содержания ионов железа и алюминия в растворе после проведения каталитического окисления проводили атомно-абсорбционным методом с использованием спектрометра Квант-АФА (Кортэк, Россия) в центре коллективного пользования РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Представленные в таблице 1 и на рисунке данные свидетельствуют, что красный шлам и продукт с оксидом железа, полученный путем активации шлама, обладают нанопористой структурой, причем преобладают преимущественно мезопоры.

Таблица 1

Текстурные характеристики образцов

Образец	$S_{уд}$, м ² /г	V_{Σ} , см ³ /г	$D_{ме}$, нм
Красный шлам	18,0	0,114	3,65
Переработанный красный шлам	98,4	0,154	4,76

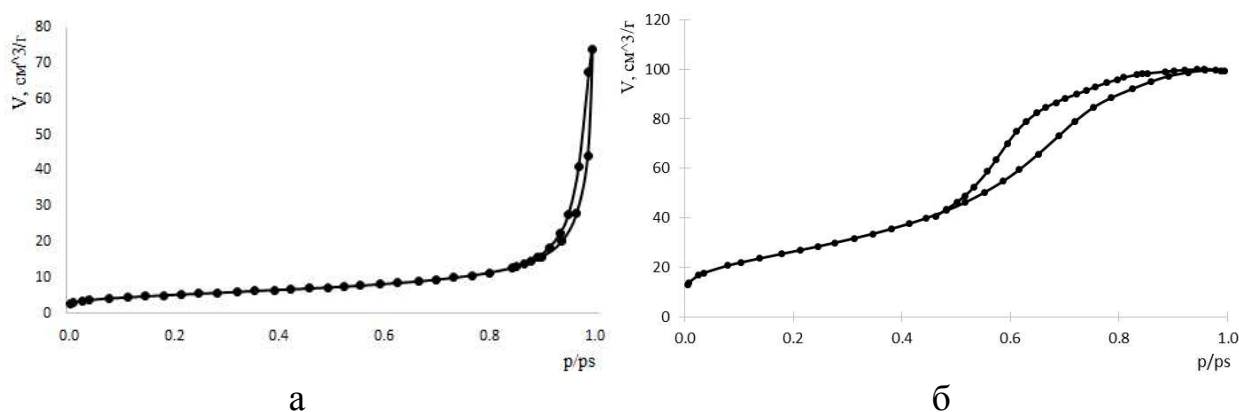


Рис. Изотермы адсорбции-десорбции азота при 77 К образца красного шлама (а) и переработанного красного шлама (б)

В таблице 2 приведены значения степени обесцвечивания раствора кармуазина при использовании катализатора повторно в двадцати циклах процесса окислительной деструкции. Степень обесцвечивания оставалась высокой во всех проведенных циклах и составила $95\pm 3\%$, что позволяет сделать вывод о том, что данный материал можно использовать повторно, и он остается активным.

Таблица 2

Результаты процесса окислительной деструкции кармуазина

№ цикла	1	2	3	4	7	10	15	17	20
Степень обесцвечивания раствора, %	100	98	97	98	98	98	97	96	97

Стабильность систем в отношении вымывания ионов железа и алюминия в раствор оставалась на высоком уровне после проведенных циклов.

Таким образом, активация соляной кислотой красного шлама с последующим переосаждением с целью получения катализатора типа Фентона является перспективным методом для получения функциональных материалов, способствующих деструкции органических загрязнителей в сточных водах.

Библиографический список

1. Asghar A., Raman A. A. A., Daud W. M. A. W. Advanced oxidation processes for in-situ production of hydrogen peroxide/hydroxyl radical for textile wastewater treatment: a review // Journal of Cleaner Production. 2015. Vol. 87. P. 826-838. doi: 10.1016/j.jclepro.2014.09.010
2. Babuponnusami A., Muthukumar K. A review on Fenton and improvements to the Fenton process for wastewater treatment // Journal of Environmental Chemical Engineering. 2014. Vol. 2. No. 1. P. 557-572. doi: 10.1016/j.jece.2013.10.011
3. Factors affecting bio-decolorization of azo dyes and COD removal in anoxic-aerobic REACT operated sequencing batch reactor / W. A. Al-Amrani et al. // Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers. 2014. Vol. 45. No. 2. P. 609-616. doi: 10.1016/j.jtice.2013.06.032

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ БЕРИЛЛИЯ В УГЛЕ И ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДАХ ДОНЕЦКОГО РЕГИОНА

А. В. Добрыдин, М. А. Шама
Донецкий государственный университет,
av_dobrydin@mail.ru, shama.mari@mail.ru

В статье представлена методика извлечения и определены концентрации подвижных форм бериллия в угле и золошлаковых отходах Донецкого региона. Полученные результаты свидетельствуют, что в регионе основная масса бериллия попадает в водный бассейн с шахтными водами богатыми хлоридами и поверхностными водами, содержащими гидрокарбонаты, которые проходят через горизонты золошлаковых отвалов.

Ключевые слова: подвижные формы, бериллий, золошлаковые отходы, уголь.

Уголь является горючей горной породой, в которой присутствует органическая и неорганическая часть. Исследования неорганического вещества угля (зола от сжигания) в первую очередь направлены на оценку распределения и формы нахождения токсичных и потенциально опасных элементов. Из форм содержания основных потенциально опасных химических элементов, в том числе бериллия, в углях следует выделить валовые формы, подвижные формы и водорастворимые формы [1].

Золошлаковые отходы содержат определенное количество водорастворимых форм, форм растворимых в кислотах и растворах солей, которыми богаты природные и шахтные воды Донбасса. Сравнивая данные о подвижных формах бериллия с нормативами на предельно допустимые концентрации подвижных форм бериллия в почве, можно сделать вывод о токсичности золошлаковых отходов и их потенциальной опасности для человека.

Предельно допустимая концентрация бериллия для углей составляет 50 мг/кг [2]. Более низкие содержания этого элемента относят к потенциально токсичным. Значительные количества бериллия вымываются из угля, угольной золы, угольной пыли природными растворами и загрязняют окружающую среду. Однако в большинстве случаев определяют валовое содержание бериллия в угле или золошлаковых отходах. На наш взгляд перспективно определение подвижных (растворимых) форм бериллия, так как именно они обладают наибольшей токсичностью, проникающей способностью и наносят вред окружающей среде.

Стоит отметить, что основным реакционноспособным веществом в угле являются гуминовые кислоты – ароматические оксикарбоновые кислоты высокой молекулярной массы и сложного состава. Ещё более реакционноспособны фульво-кислоты, создающие повышенную кислую среду и содержащие больше функциональных групп.

Большинство исследований свидетельствует, что преобладающей формой связи бериллия и других элементов – примесей в углях являются химические соединения их с органическим веществом [3], которые переходят в неорганические формы при сжигании угля.

Так как бериллий в природе переносится в виде комплексов с хлоридами, карбонатами и гидрокарбонатами [4], то вытяжку бериллия из угля и золошлаковых отходов Донецкого региона проводили 0,1 моль/л растворами соляной кислоты, карбоната и гидрокарбоната натрия, а также дистиллированной водой.

Исследования проводили по следующей методике. Навески угля и золошлаковых отходов массой 10 г, предварительно измельченные и пропущенные через сито с размером ячеек 1 мм, помещали в коническую колбу вместимостью 300 см³, приливали по 100 см³ 0,1 моль/л растворов соляной кислоты или растворов карбоната и гидрокарбоната натрия, встряхивали на шейкере лабораторном с количеством оборотов, равным 150, в течение часа.

Полученные суспензии фильтровали через бумажные складчатые фильтры (синяя лента). Солянокислую вытяжку из угля дополнительно обрабатывали при кипячении с 5 см³ 10%-го раствора (NH₄)₂S₂O₈ персульфата аммония для разрушения органических веществ, перешедших в раствор из угля. Щелочные вытяжки, полученные при использовании растворов карбоната и гидрокарбоната натрия, нейтрализовали азотной кислотой. В полученных растворах определяли содержание бериллия фотометрическим методом с бериллоном II после предварительного выделения и концентрирования бериллия в виде ацетилацетонатного комплекса. Полученные данные приведены в таблице.

Таблица

**Подвижные формы бериллия в угле и золошлаковых отходах
Донецкого региона**

Проба	Валовое содержание бериллия, мг/10г	Найдено бериллия, мг/10г			
		0,1 моль/л HCl	0,1 моль/л NaHCO ₃	0,1 моль/л Na ₂ CO ₃	дистиллированная вода
Уголь ГП «Макеевуголь»	0,6	0,01	0,05	0,08	не обнаружено
Золошлаковые отходы Зуевской ТЭС	2,3	0,15	0,07	0,06	0,02
Золошлаковые отходы Старобешевской ТЭС	1,4	0,11	0,05	0,06	0,01

Из полученных данных видно что наибольшее извлечение бериллия из золошлаковых отходов Зуевской и Старобешевской ТЭС происходит 0,1 моль/л HCl, а из угля наоборот 0,1 моль/л Na₂CO₃, что, по-видимому, связано с тем, что в золошлаковых отходах бериллий находится в неорганической форме (оксид, силикат), а в угле связан с фульвокислотами, которые довольно хорошо экстрагирует 0,1 моль/л раствор Na₂CO₃ (возможно, бериллий связанный с фульвокислотами, замещается на натрий). В золошлаковых отходах бериллий преобладает в неорганической форме и, по-видимому, выпадает в виде карбоната, оседая на фильтре. Дистиллированная вода не экстрагирует бериллий из угля,

что полностью говорит о нахождении бериллия в угле в виде органической формы. Наличие в вытяжках, полученных с помощью дистиллированной воды из золошлаковых отходов, бериллия свидетельствует о присутствии водорастворимых неорганических форм данного элемента.

Таким образом, в Донецком регионе основная масса бериллия попадает в водный бассейн с шахтными водами, богатыми хлоридами, и поверхностными водами с повышенным содержанием гидрокарбонатов, которые проходят через горизонты золошлаковых отвалов.

Библиографический список

1. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Токсичные элементы-примеси в ископаемых углях : монография. Екатеринбург : УрО РАН, 2002. 180 с.
2. Беспмятников Г. П., Кротов Ю. А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Л. : Химия, 1985. 528 с.
3. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Неорганическое вещество углей : монография. Екатеринбург : УрО РАН, 2002. 321 с.
4. Стунжас А. А., Говоров И. Н. Комплексные карбонатные, фторкарбонатные соединения бериллия и их роль при миграции бериллия в природных водах // Геохимия. 1981. № 4. С. 517–520.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СОДЕРЖАНИЯ СУММЫ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОТХОДАХ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ

А. В. Добрыдин, М. А. Шама

Донецкий государственный университет, av_dobrydin@mail.ru

В статье представлена методика спектрофотометрического определения суммы РЗЭ в отходах компьютерной техники с использованием фотометрических реагентов арсеназо I и арсеназо III, после предварительного извлечения триполифосфатом натрия. Изучено влияние мешающих элементов и предложены методы устранения мешающего влияния. Показано, что при аналитическом контроле содержания суммы РЗЭ в отходах компьютерной техники более приемлемым реагентом является арсеназо III.

Ключевые слова: сумма РЗЭ, отходы компьютерной техники, аналитический контроль, спектрофотометрия.

Редкоземельные элементы (РЗЭ), широко используются в производстве компьютерной техники и электроники. Модернизационные процессы компьютеров идут очень быстрыми темпами, и это приводит к накоплению большого количества отходов, которые могут быть подвержены вторичной переработке. Отходы компьютерной техники, на сегодня являются самым проблемным сегментом отходов, так как в основном из них извлекают цветные и драгоценные металлы.

Тенденция на миниатюризацию компьютерной техники приводит к введению новых сплавов, люминофоров и магнитных материалов со сниженным содержанием драгоценных металлов. В то же время постепенно увеличивается содержание РЗЭ в компьютерном оборудовании и, как следствие, происходит накопление отходов, содержащих РЗЭ в значительных количествах. Такие материалы могли бы найти повторное применение в разнообразных отраслях народного хозяйства и служить ценным сырьём при создании новейшей техники.

В Российской Федерации большинство таких отходов никто не перерабатывает, и они остаются на полигонах и свалках. Помимо проблемной экономической составляющей переработки такого вида отходов существует проблема аналитического контроля содержания суммы редкоземельных металлов на стадиях переработки и извлечения, вследствие сложности и многокомпонентности состава указанных отходов. Схему переработки отходов компьютерной техники можно представить следующим образом (рис.):



Рис. Схема переработки отходов компьютерной техники

Схема предполагает аналитический контроль на двух основных стадиях – на стадии разборки и сортировки (входной контроль сырья), и на стадии глубокой переработки отходов электроники (анализ полученного концентрата).

Целью данной работы является разработка новых и совершенствование уже существующих методик определения суммы РЗЭ в отходах электронной промышленности и исследование оптимальных условий извлечения и спектрофотометрического определения редкоземельных элементов в растворах люминофоров, полученных при переработке компьютерных мониторов. Из литературных данных известно, что в природных и промышленных объектах РЗЭ находятся в виде полифосфатных комплексов, в связи с тем, что полифосфаты являются наиболее распространёнными и устойчивыми лигандами [1, 2]. Проведено извлечение РЗЭ из отходов мониторов полифосфатными растворами, как сильными комплексообразователями на примере триполифосфата (ТПФ) натрия. Разработана на основе полифосфатных систем новая экспрессная методика определения РЗЭ в отходах электроники, без применения вредных реагентов, то есть отвечающая требованиям «зеленой химии».

Удобным методом определения малых количеств суммы РЗЭ является спектрофотометрический метод с использованием фотометрических реагентов арсеназо I и III, характеризуемый простотой проведения, доступностью оборудования и достаточной чувствительностью. Однако необходимо учитывать влияние мешающих элементов и прочность полифосфатных комплексов РЗЭ. Предварительными исследованиями установлено, что прямое фотометрическое определение суммы РЗЭ в полифосфатных растворах невозможно вследствие образования устойчивых комплексных соединений [1].

Логарифмы констант устойчивости некоторых РЗЭ представлены в таблице 1.

Таблица 1

Логарифмы констант устойчивости трифосфатных комплексов некоторых РЗЭ [1]

Редкоземельный элемент	$\lg\beta(\text{LnHP}_3\text{O}_{10})^-$	$\lg\beta(\text{Ln}(\text{HP}_3\text{O}_{10})_2^{5-})$	$\lg\beta(\text{Ln}(\text{P}_3\text{O}_{10})_2^{7-})$
Лантан	4,63	8,32	15,85
Самарий	4,89	8,66	16,99
Иттрий	4,98	8,88	17,22

В литературных источниках описаны разнообразные приёмы извлечения суммы РЗЭ из природных и промышленных объектов, которые содержат фосфаты, однако практически нет данных, где бы описывалось разрушение полифосфатных комплексов РЗЭ и переводение суммы РЗЭ в удобное для дальнейшего спектрофотометрического определения состояние [3, 4].

Исследована сравнительная эффективность традиционных (щавелевая кислота) и предлагаемых реагентов при осаждении РЗЭ из ТПФ-комплексов. Для этого оценивали содержание суммы РЗЭ в растворе после проведения всего цикла (комплексобразование – разрушение комплексов – осаждение – растворение осадка – фотометрическое определение $\sum\text{РЗЭ}$) методом «введено-найдено» (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительная оценка реагентов-осадителей, используемых для разрушения триполифосфатных комплексов РЗЭ

Реагент-осадитель	Найдено $\sum\text{РЗЭ}$ по отношению к введенному количеству, %
$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (насыщенный раствор)	10,0
Na_2CO_3 (10%)	90,0
Na_2CO_3 (10%) + NH_4OH (25%), смесь 1 : 1	92,5
Na_2CO_3 (10%) + NaOH (15%), смесь 1 : 1	99,7

Из данных (табл. 2) видно, что полное осаждение и разрушение триполифосфатных комплексных соединений РЗЭ происходит только в сильнощелочной среде (рН 13–14) в присутствии смеси карбоната натрия (10%) с гидроксидом натрия (15%) в соотношении 1:1 и кипячении растворов в течение 3 часов.

Разработана методика спектрофотометрического определения суммы РЗЭ после предварительного извлечения триполифосфатом натрия с использованием фотометрических реагентов арсеназо I и арсеназо III. В качестве объектов

анализа использованы модельные растворы люминофоров типа JANRS и реальные объекты – люминофоры отработавших свой ресурс компьютерных мониторов.

Содержание суммы РЗЭ в модельных растворах люминофоров типа JANRS находили по градуировочному графику, используя в качестве стандартного раствора искусственную смесь суммы РЗЭ. Результаты проверки правильности методом добавок приведены в таблице 3.

Таблица 3

Проверка правильности результатов методики (P = 0,95; n = 5)

Объект исследования	Введено \sum РЗЭ, мкг	Найдено \sum РЗЭ, мкг	
		$\bar{C} \pm \frac{t \cdot S}{\sqrt{n}}$, мкг	S_r
JANRS-100	49,5	49,0 \pm 0,6	0,04
JANRS-5000	47,0	46,5 \pm 0,8	0,04

Результаты проверки правильности результатов определения суммы РЗЭ в отходах компьютерных мониторов PHILIPS и TOSHIBA представлены в таблице 4.

Таблица 4

Определение суммы РЗЭ отходах электронно-лучевых трубок компьютерных мониторов PHILIPS и TOSHIBA (P = 0,95; n = 5)

Объект анализа	Фотометрический реагент	Найдено по разработанной методике суммы РЗЭ $\bar{C} \pm \frac{t \cdot S}{\sqrt{n}}$, %	S_r	Проверка правильности		
				введено суммы РЗЭ, %	найдено суммы РЗЭ, %	S_r
Люминофор монитора PHILIPS	Арсенazo I	1,43 \pm 0,03	0,05	2,75	4,18 \pm 0,02	0,04
Люминофор монитора TOSHIBA	Арсенazo III	2,15 \pm 0,03	0,05	4,25	6,40 \pm 0,02	0,04

Изучено влияние посторонних элементов, которые могут содержаться в люминофорах и отходах компьютерной техники, а именно: меди, кобальта, никеля, кальция, магния, стронция, хрома, молибдена и ванадия. Известно, что некоторые элементы (медь, кобальт, кальций, магний) образуют с аммиаком комплексные соединения общей формулы $Me(NH_3)_n^{2+}$, где n = 1–4. Поэтому для отделения от этих элементов можно предложить обработку осадка карбонатов РЗЭ горячим раствором концентрированного раствора аммиака. Мешающее влияние железа устраняли с помощью сульфосалициловой кислоты. Интересное и очень сложное поведение в полифосфатной системе проявляет ванадий. Согласно литературным данным, ванадий в растворах образует различные по структуре гетерополисоединения типа $E_4(VO_2)_2V_{10}O_{28}$ и $E_2(VO_2)_2V_{10}O_{27}$. В полифосфатных системах ванадий может образовывать малоизученные гексава-

надат-ионы состава $V_6O_{17}^{4-}$ [1]. V(IV) мешает определению суммы РЗЭ. Нами предложены следующие методы устранения такого влияния: прибавление персульфата аммония, или концентрированной азотной кислоты с последующим кипячением в течение одного часа с целью перевода V(IV) в V(V), однако в наших условиях такая попытка не привела к лучшим результатам. Кроме этого, при таком жёстком окислении необходимо учитывать побочный процесс перехода Ce(III) в Ce(IV), это может привести к занижению результатов определения суммы РЗЭ.

Также известны методы устранения влияния ванадия с помощью гидроксилламина солянокислого. Нами были предприняты попытки применения гидроксилламина, однако он влияет на величину «холостого» опыта, вследствие возможного взаимодействия с арсеназо I. В дальнейшем использовали 10%-ый раствор винной кислоты для устранения мешающего влияния ванадия и арсеназо III в качестве фотометрического реагента. Имеются данные, что винная кислота используется для устранения мешающего влияния больших концентраций хрома [5]. Применение винной кислоты и фотометрического реагента арсеназо III позволило устранить мешающее влияние ванадия и хрома, содержащихся в больших количествах отходов компьютерной техники, что позволяет провести аналитический контроль содержания суммы РЗЭ в отходах данного типа.

Полученные данные свидетельствуют, что для проведения аналитического контроля отходов компьютерной техники спектрофотометрическим методом после выделения РЗЭ триполифосфатом натрия наиболее пригоден фотометрический реагент арсеназо III в присутствии маскирующих реагентов. Данный реагент позволяет работать в кислой среде и является более селективным, чем арсеназо I.

Библиографический список

1. Продан Е. А., Продан Л. И., Ермоленко Н. Ф. Триполифосфаты и их применение. Минск : Наука и техника, 1969. С. 528–533.
2. Жданов Ю. Ф. Химия и технология полифосфатов. М. : Химия, 1979. С. 202–221.
3. Богатырева А. А., Голота А. Ф. Исследование и разработка люминофоров красного и жёлтого цветов свечения с длительным послесвечением // Оптика и спектроскопия конденсированных сред : тез. докладов 11-того Всероссийского семинара-совещания. Краснодар : Изд-во «Кубанский государственный аграрный университет», 2005. С. 21–25.
4. Патент № 214801 Российская Федерация, МПК C01F 17/00 (2006.01), C22B 3/06 (2006.01). Способ переработки фосфатного редкоземельного концентрата, выделенного из апатита : № 98121493/12 : заявл. 23.11.98 : опубл. 27.04.00 / В. Н. Лебедев, С. Д. Сергеева, В. А. Маслобоев, Э. П. Локшин; заявитель ИХТРЭМС КНЦ РАН. 4 с.
5. Рябчиков Д. И., Рябухин В. А. Аналитическая химия редкоземельных элементов и иттрия. М. : Наука, 1966. С. 328–378.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ СОРТИРОВКИ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

С. Л. Евдокимова, А. А. Бабина, М. М. Подлевских
Вятский государственный университет,
stud180622@vyatsu.ru, stud161193@vyatsu.ru, stud1161248@vyatsu.ru

В статье рассмотрены основные виды деятельности по обращению с отходами. Представлены характеристики твердых коммунальных отходов. Предложена технологическая схема процессов сортировки твердых коммунальных отходов.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы, сортировка, переработка, обращение с отходами, полигоны.

Основным способом утилизации промышленных и коммунальных отходов на территории России остаются полигоны. Складирование отходов на полигонах сопряжено с серьезными экологическими проблемами, к числу которых следует отнести эмиссию парниковых газов, загрязнение воздуха, почвы и водных источников токсичными соединениями, отчуждение огромных территорий под размещение отходов и др. [1]. Ситуация усугубляется существующими недостатками действующей системы обращения с отходами и низкой экологической культурой, приводящими к увеличению числа несанкционированных свалок. Анализ мировой практики в сфере обращения с отходами показывает, что наиболее эффективным и действенным направлением защиты окружающей среды от загрязнения может стать использование отходов в качестве вторичных материальных ресурсов.

Целью данной работы является разработка технологической схемы сортировки отходов и изучение некоторых характеристик отходов, которые необходимо учитывать при разработке линии сортировки.

Сортировка отходов и последующая их переработка позволяют решить проблему мусорных полигонов, сократить количество захороняемых отходов, извлечь вторичные материальные ресурсы и вернуть их в хозяйственный оборот, тем самым снизив антропогенную нагрузку на окружающую среду.

Основными видами деятельности по обращению с отходами являются: сбор, накопление, транспортирование, обработка, утилизация, обезвреживание, размещение. Обращение с отходами должно быть безопасно для здоровья населения и среды обитания. Условия и способы деятельности по обращению с отходами должны осуществляться в соответствии с санитарными правилами и иными нормативно-правовыми актами Российской Федерации [2, 3].

Твердые коммунальные отходы (ТКО) представляют собой неоднородную массу из остатков пищи, бумаги, пластика, стекла и других компонентов и относятся к 4–5 классам опасности. Соотношение разных видов отходов изменяется в зависимости от географического расположения, сезонности, уровня

развития промышленности региона. Отходы, образующиеся в жилом фонде и на предприятиях, существенно различаются по морфологическому составу.

Данные о характеристиках ТКО необходимы при обращении с отходами, при выборе метода сбора и метода переработки и утилизации.

Важными характеристиками ТКО являются плотность (насыпная масса), влажность и теплотворная способность. Плотность отходов зависит от компонентного состава и влажности ТКО, а также времени пребывания в таре. Отдельные компоненты отходов имеют разную плотность, и изменение их содержания сильно влияет на среднюю плотность отходов в целом. От плотности отходов зависят размеры и вид мусороуборочных машин. При длительном хранении отходы могут слеживаться, то есть уплотняться без внешнего воздействия.

Влажность отходов зависит от состава и количества содержащихся в них основных компонентов, сезонности и климатических особенностях места образования. Данная характеристика имеет большое значение для регулирования вопросов о времени накопления и графика вывоза отходов.

Твердые коммунальные отходы обладают абразивностью за счет присутствия в общей массе отходов таких материалов как стекло, фарфоровая посуда и других твердых фракций. Абразивность может негативно влиять на состояние оборудования при сортировке отходов [4].

Некоторые отходы обладают опасными свойствами (токсичность, пожароопасность). Токсичные отходы вызывают хронические заболевания при попадании внутрь организма через органы дыхания, слизистые оболочки, желудочно-кишечный тракт.

В России на данный момент только формируется культура сортировки и переработки мусора.

Полигоны для захоронения отходов в России являются основным способом утилизации ТКО, так это дешевый и простой способ утилизации.

При строительстве полигона должны учитываться санитарно-гигиенические требования. Полигон должен быть оборудован дренажной системой, изолирующим слоем и находиться на расстоянии более 500 метров от жилой застройки.

Складирование отходов осуществляют послойно. Каждый слой уплотняется через 0,5 метров. Отходы укладывают методом «сталкивания», то есть сверху вниз, мусоровоз разгружается на верхней поверхности отходов, высота откоса при этом должна составлять не более 2,5 метра. Укладка методом «надвига» осуществляется снизу-вверх. Отходы выгружают на слое отходов, со времени укладки которых прошло более трех месяцев [5].

Исходя из анализа литературных данных по основным методам сортировки отходов и оборудования, используемого в этих методах, нами была разработана линия сортировки отходов.

Технологическая схема процессов сортировки твердых коммунальных отходов представлена на рисунке.

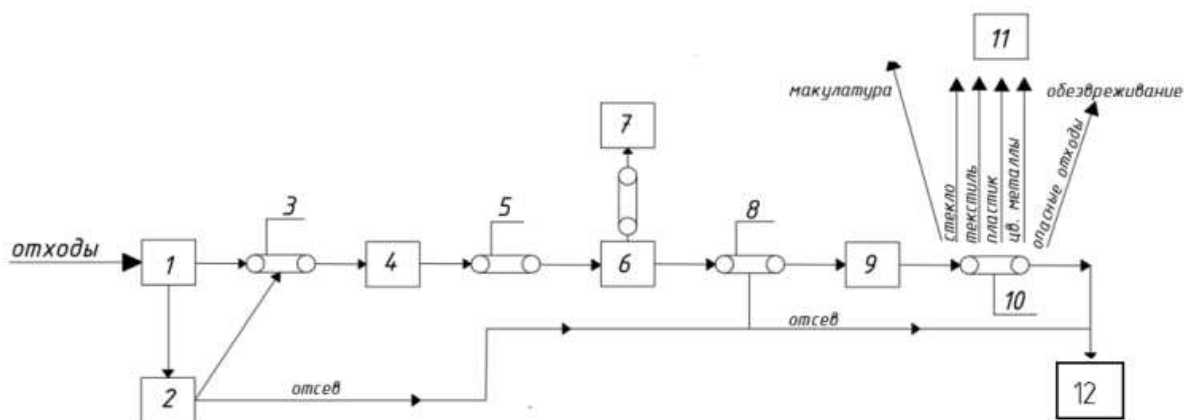


Рис. Технологическая схема:

- 1 – бункер-накопитель, 2 – площадка по обработке КГО, 3 – цепной конвейер, 4 – разрыватель пакетов, 5 – цепной конвейер, 6 – магнитный сепаратор, 7 – контейнер, 8 – ленточный конвейер, 9 – роторный сепаратор, 10 – сортировочный конвейер, 11 – пресс, 12 – бункер-накопитель

Мусоровоз с отходами проходит радиометрический контроль и взвешивание. Крупногабаритные отходы (КГО) отделяются на площадку 2 по обработке КГО. Мусоровозочная машина доставляет отходы из мест их накопления и выгружает в бункер-накопитель 1. Крупные отходы отделяют от общей массы, разбирают и дробят с целью уменьшения объемов и выделения вторичного сырья. Часть отходов после дробления отправляется на линию сортировки. Отходы, неподлежащие сортировке, отправляются на переработку.

Из бункера-накопителя по цепному конвейеру 3 отходы проходят через разрыватель пакетов 4. Затем по цепному конвейеру 5 отходы направляются к магнитному сепаратору 6. Ферромагнитные материалы притягиваются к магниту и опадают при выведении магнита из зоны действия магнитного поля и по реверсивному конвейеру направляются в контейнер 7. Остальная масса ТКО продолжает движение по ленточному конвейеру 8 до роторного сепаратора 9. Роторный сепаратор отсеивает отходы размером менее 80 мм. Отходы после сепаратора проходят линию ручной сортировки по сортировочному конвейеру 10. На линии ручной сортировки выделяют пластик, стекло, текстиль, макулатуру, картон, цветные металлы. Вторичное сырье прессуют 11. Отсевы после сепаратора и линии ручной сортировки отправляются в бункер-накопитель 12 для дальнейшей переработки в топливо.

Вторичное сырье после сортировки складировается в контейнерах, прессуется и отправляется на дальнейшую реализацию.

В результате прохождения всех этапов сортировки выделяют такие вторичные материальные ресурсы, как бумага, стекло, текстиль, пластик, лом отходов цветных и черных металлов.

Сортировка отходов позволяет сократить объем отходов, отправляемых на полигон, снизить количество потребляемых ресурсов, минимизировать негативное влияние на окружающую среду путем отбора опасных компонентов.

Библиографический список

1. Кантор Г. Я., Сырчина Н. В., Ашихмина Т. Я. Моделирование углеродного баланса полигонов твердых коммунальных отходов // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 1. С. 198–204.
2. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ (ред. от 02.07.2021) «Об отходах производства и потребления» // Собрание законодательства РФ. 1998. № 26. Ст. 3009.
3. Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ (ред. 02.07.2021) «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» // Собрание законодательства РФ. 1999. № 14. Ст. 1650.
4. Каталог технических и технологических решений для проектирования мусороперерабатывающих предприятий / В. Н. Коротаев, Г. В. Ильиных, С. В. Польшгалов, Д. Л. Борисов, Я. В. Базылева. Пермь : ПНИПУ, 2017. 149 с.
5. СП 320.1325800.2017 Свод правил. Полигоны для твердых коммунальных отходов. Проектирование, эксплуатация и рекультивация: утв. М-вом строительства РФ 17.11.2017: введ. в действие с 18.05.2018. М. : Росстандарт, 2018. 12 с.

СЕКЦИЯ 5 ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ

ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ НОВОЙ ОТРАСЛИ «ОБРАЩЕНИЕ С ОТХОДАМИ»

Т. Я. Ашихмина^{1,2}, В. Н. Пугач¹, А. С. Тимонов^{1,2}

¹ *Вятский государственный университет, ecolab2@gmail.com*

² *Институт биологии Коми научного центра
Уральского отделения Российской академии наук*

К настоящему времени существует проблема обеспечения кадрами создаваемой новой отрасли «Обращение с отходами». В материалах статьи отмечается роль Консорциума «Передовые ЭкоТехнологии», созданного при РХТУ имени Д. И. Менделеева в сотрудничестве с региональными вузами в реализации данной проблемы. Начинается эта работа с профориентации учащихся на данную отрасль. Созданы «менделеевские классы» в населенных пунктах, где планируется создание Экотехнопарков по обезвреживанию, утилизации и переработке отходов I и II классов опасности. Отмечается, что данный проект активно развивается, уже создано в нашей стране 18 «менделеевских классов». Профориентационная работа с учащимися проводится не только в школе, но и в вузах, а также при проведении «менделеевских экспедиций». Партнерство вузов с предприятиями позволяет обеспечивать профессиональную подготовку кадров для новой отрасли.

Ключевые слова: отрасль «Обращение с отходами», подготовка кадров на базе вузов, менделеевские классы, менделеевские экспедиции, партнерство.

В настоящее время все отрасли промышленности, строительства, сельского хозяйства, социальной сферы испытывают недостаток в кадровом обеспечении. Особенно это чувствительно для новых создаваемых отраслей, к которым относится отрасль «Обращение с отходами». За последнее десятилетие Правительством нашей страны уделяется особое внимание решению проблем связанных с обезвреживанием, утилизацией и переработкой отходов бытового и промышленного сектора. В рамках национального проекта «Экология» с этой целью приняты федеральные проекты «Комплексная система обращения с твердыми коммунальными отходами», «Инфраструктура для обращения с отходами I и II классов опасности». На всех территориях российской федерации данные проекты получили своё развитие. Активно внедряется в практику каждого муниципального образования проект «Комплексная система обращения с твердыми коммунальными отходами», наработан определенный опыт создания инфраструктуры, сортировки, обезвреживания и переработки бытовых отходов.

С 2019 г. началась реализация федерального проекта «Инфраструктура для обращения с отходами I и II классов опасности», в рамках которого запланировано создание 7 объектов для переработки промышленных отходов I и II классов опасности. В развитии данного проекта создаются Экотехнопарки «Михайловский» (Саратовская область), «Щучье» (Курганская область), «Камбарка» (Удмуртская Республика), «Мирный» (Кировская область), «Центр» (Нижегородская область), «Восток» (Иркутская область), «Западная Сибирь» (Томская область). В соответствии с этим на создаваемые новые объекты требуется примерно по 450 человек работающего персонала – это инженерный состав химиков-технологов, электриков, наладчиков, механиков, машинистов компрессорных установок, холодильных установок, насосов, операторов, аккумуляторщиков, электрогазосварщиков, электромонтеров, специалистов химических лабораторий, работников ЭВМ, экономистов, экологов, юристов, работников службы охраны, пожарной безопасности и т. д.

В связи с этим, на региональные вузы, техникумы и училища возлагается ответственность подготовки соответствующих кадров для новой отрасли «Обращение с отходами». Не должны оставаться в стороне от решения данной проблемы и наши школы. Не случайно по линии Федерального экологического оператора при Госкорпорации Росатом с этой целью организуется проект «Менделеевские классы» на базе учащихся 9-х классов. Проект реализуется по линии Консорциума, созданного на базе РХТУ имени Д. И. Менделеева с участием вузов и школ (Саратовской, Кировской, Курганской, Нижегородской, Иркутской, Томской областей и Республики Удмуртия), где создаются с 2020 г. новые Экотехнопарки [1]. Более углубленно учащиеся получают знания по химии, физике, математике. Лекции и практические занятия с учащимися проводят преподаватели вузов: РХТУ имени Д. И. Менделеева, СГТУ имени Гагарина Ю.А., Вятского государственного университета, Удмуртского государственного университета, Нижегородского государственного университета, Иркутского государственного национального университета. Для учащихся «менделеевских классов» ежегодно по линии Федерального экологического оператора при поддержке Госкорпорации Росатом проводятся «менделеевские экспедиции» [2–3]. В 2021 г. была организована экспедиция на Байкал, в 2022 г. на Финский залив, а в 2023 г. на Южный Урал. Для участников экспедиций – это настоящие уроки познания не только природы посещаемого края, но и знакомство с объектами техногенного воздействия на окружающую среду, причем, серьезных промышленных объектов, оставшихся в наследие от предприятий, которые прекратили свою деятельность (к примеру, Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат, полигон «Красный бор», городская свалка отходов в г. Челябинске и др.). Каждый из участников экспедиции начинает осознавать важную истину – так нельзя поступать с природой – где ты живешь, с водными объектами – из которых ты воду пьешь.

С учащимися 10-х «менделеевских классов» планируется продолжить проектную деятельность, вовлечение их в проведение экологических акций, к участию в различных общественных мероприятиях. Для учащихся 11-х «менделеевских классов» планируется в 2024 г. разработать и внедрить программу

углубленных знаний по химии, ориентированную на подготовку к единому государственному экзамену по данному предмету.

В 2024 г. состоится в школах первый выпуск учащихся менделеевских классов, безусловно, хочется верить и надеяться, что хотя бы половина из этих выпускников свяжут свою дальнейшую судьбу на предприятиях данной отрасли. Кстати, следует отметить, что создаваемые новые объекты в данной отрасли существенно отличаются от своих предшественников. Это современные высокотехнологичные предприятия, большинство линий и процессов автоматизировано, внедряется робототехника. Для контроля и мониторинга создаются как стационарные, так и передвижные автоматические посты и станции контроля и мониторинга.

Кафедры региональных вузов разрабатывают специализированные программы профессиональной подготовки магистрантов, уже занимаются подготовкой кадров специалистов, инженеров, техников, экологов, которые после окончания вуза могут работать на предприятиях данной отрасли. Обеспечивается партнерство вуза с предприятиями при организации производственных практик. К примеру, Вятский государственный университет обеспечивает профессиональную подготовку кадров по 106 направлениям бакалавриата, 10 – специалитета, 69 – магистратуры и 52 направлений аспирантуры. Всего по 237 направлениям подготовки. Кроме того, обеспечивается профессиональная переподготовка кадров по 45 программам, которые могут быть востребованы в создаваемом Экотехнопарке по обезвреживанию, утилизации и переработке промышленных отходов I и II классов опасности в Оричевском районе в пгт Мирном [4].

Ежегодно с 2019 г. в Вятском государственном университете проводится Всероссийский научно-практический форум «Утилизация отходов производства и потребления: инновационные подходы и технологии», в рамках которого проводятся Всероссийская научно-практическая конференция «Технологии переработки отходов с получением новой продукции» и молодежный конкурс «Обращение с отходами: инновационные подходы и решения», в которых участвуют студенты, магистранты и аспиранты университетов.

Тематика обращения с отходами реализуется при выполнении студентами курсовых работ, дипломных проектов и выпускных квалификационных работ. В университете для учащихся школ, в том числе «менделеевских классов» проводятся встречи с учеными, открытые лекции, экскурсии в лаборатории, химические диктанты, форсайты, мастер классы, тренинги, интерактивные интеллектуальные занятия, хакатоны, обеспечивается помощь в реализации их проектной деятельности и ориентации учащихся на поступление в вузы, соответствующие данной отрасли [4].

Такой подход в подготовке кадров для новой отрасли «Обращение с отходами», начиная со школы, в том числе с создания «менделеевских классов», распространяется и в других регионах («менделеевские классы» созданы уже в 18 регионах), а также получил поддержку и распространение на международном уровне (на базе ряда школ Узбекистана и Казахстана).

Создание Консорциума «Передовые ЭкоТехнологии» на базе химико-технологического университета имени Д. И. Менделеева, безусловно, укрепляет взаимодействие вузов, участников Консорциума, как по развитию научного сотрудничества, так и в решении проблемы подготовки кадров, а также в профориентационной работе с учащимися «менделеевских классов».

Работа выполнена в рамках государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН по теме «Структура и состояние компонентов техногенных экосистем подзоны южной тайги», номер государственной регистрации в ЕГИСУ № 122040100032-5.

Библиографический список

1. Подготовка кадров для решения проблемы обезвреживания техногенных отходов I и II классов опасности / А. Г. Мажуга, В. А. Колесников, Д. О. Лемешев, Т. В. Конькова, М. В. Корольков, А. В. Колесников // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 4. С. 231–236.
2. Занько С. В. Первая «Менделеевская экологическая экспедиция» на Байкал // Теоретическая и прикладная экология» 2021. № 4. С. 237–238.
3. Ворончихина Д. С. Вторая «Менделеевская экспедиция» на «Финский залив» // Теоретическая и прикладная экология» 2022. № 4. С. 240–241.
4. Ашихмина Т. Я., Никулин С. В. Современные методы и подходы подготовки кадров в вузах для новой отрасли «Обращение с отходами» // Технологии переработки отходов с получением новой продукции : материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров, 2022. С. 8–13.

НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ УТИЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОННЫХ ОТХОДОВ

Т. Р. Щитковская, А. Р. Вафина

Казанский институт (филиал)

*ФГБОУ ВО «Всероссийский государственный университет юстиции
(РПА Минюста России)», gtr110285@rambler.ru*

В данной статье рассматриваются вопросы о необходимости регулирования нормативными источниками эффективной утилизации электронного оборудования. Актуальность утилизации данных отходов вызвана существованием в их составе вредных веществ и элементов, которые могут вызвать негативные последствия для окружающей среды и для здоровья людей.

Ключевые слова: экологическая безопасность, электронные отходы, утилизация электронных отходов.

В последние годы во всем мире остро стоит вопрос об экологической безопасности. Под экологией мы в общем смысле понимаем науку о нашем общем доме – планете Земля, что говорит о существовании отношений между человеком и природой. В свою очередь, под экологической безопасностью следует понимать состояние, при котором в окружающей нас среде формируется экологический баланс. Данное понятие можно также рассмотреть как процесс обес-

печения качества жизни, деятельности и защищенности конкретного индивида на определенной территории.

Экологическая безопасность – это защита жизненно важных интересов, как человека, так и окружающей среды. Несоблюдение порядка экологической безопасности может привести к серьезным техногенным катастрофам, которые, в первую очередь, могут уничтожить наш окружающий мир и травмировать живые существа, в том числе и нас – людей. Если рассматривать состояние нынешнего времени, то разрушение экологической системы в большей степени происходит со стороны крупных предприятий, заводов и фабрик, как конкретного государства, так и всего мира в целом. На данные организации возложены юридические обязательства по соблюдению правил экологической безопасности. Они же, в свою очередь, должны быть заинтересованы в том, чтобы не столкнуться с ответственностью и моральными обязательствами. Юридическая ответственность также может наступить вследствие неисполнения правовых предписаний по поводу соблюдения экологической безопасности по отношению и к конкретным гражданам.

Во всем мире большую экологическую опасность представляют отходы от использования электронных приборов. Это свидетельствует о протекании быстрого развития технологических инноваций. В широком смысле, электронные отходы рассматриваются как ряд электронных и электрических устройств, таких как телевизоры, холодильники, стиральные машины, микроволновые печи, компьютеры. В большинстве случаев такие продукты можно повторно использовать, отремонтировать или применять их части для разработки других электронных приборов.

Увеличение темпа развития новых моделей электронного оборудования, к числу которых относятся вышеперечисленные приборы, приводит к ликвидации старых версий. Возникновение такой тенденции, как модернизация электронных изделий, ведет к росту количества электронных отходов.

Как и утверждалось выше, электронные отходы являются серьезной проблемой во всем мире, особенно в развивающихся странах, где они также используются как продукт для извлечения необходимых материалов. Зачастую у людей, которые занимаются данной деятельностью, возникают большие проблемы со здоровьем. Ведь в состав электронных приборов входит целый ряд тяжелых металлов и опасных веществ, которые, в первую очередь, воздействуют на организм человека [1]. Если говорить о других последствиях, то данные вещества, попадая в почву и водные ресурсы, а затем в растения, организмы животных и человека, приводят к разрушению всей нашей экосистемы.

К сожалению, в нашей стране владельцы электронных приборов обходят стороной правильную переработку старого оборудования, не отдавая себе отчет о пагубном их воздействии [2]. На сегодняшний день остро стоит вопрос о необходимости обязательных мер по защите здоровья миллионов людей от рисков, связанных с неорганизованной переработкой выброшенных электроприборов и электроники. В противном случае электронные отходы могут привести к развитию онкологических, сердечнососудистых и других хронических заболеваний.

По статистическим данным Глобального партнерства об электронных отходах (ГПСЭ), за пять лет до 2019 г. в мире произведено около 53,6 млн т электронного мусора, а его общий объем вырос на 21%. Рост данной тенденции зависит от дальнейшего распространения и быстрого устаревания компьютеров, мобильных телефонов и другой электроники. Лишь только 17,4% электронной техники, вышедшей из использования в 2019 г., было официально утилизировано или дошло до перерабатывающих предприятий, а остальные отходы были незаконным образом выброшены на свалки, в тех странах, где низкий уровень доходов [3].

По статистическим данным за 2022 г., объем образования электронных отходов в России достиг 1,7 млн т и лишь 6 % из них утилизировались. Данный объем образования электронных отходов составляет примерно 12,5 кг на человека, проживающего на территории нашей страны [4]. Для того чтобы уменьшить количество электронных отходов, необходимо использовать технику повторно, например, сдать в специальные пункты приема старое электронное оборудование.

На сегодняшний день для пресечения бессистемного выброса электроники на законодательном уровне принят ряд норм, регулирующих порядок утилизации электронных отходов. Требования об обращении с электронными и электрическими отходами вступили в силу с 1 сентября 2023 г. Приказ подписал глава Минприроды РФ Александр Козлов. Согласно нормативному документу, доля утилизируемых отходов электроники, которые будут использоваться при производстве новой продукции, должна будет составлять 85%. Также устанавливаются соответствующие требования к объектам утилизации и компаниям-утилизаторам [5].

В приказе говорится, что утилизация ОЭЭО должна производиться с применением следующих технологических процессов:

- выявление исправного оборудования, элементов оборудования, пригодных для восстановления и повторного использования;
- сортировка по видам отходов;
- разбор и сортировка по компонентам;
- извлечение из оборудования элементов, содержащих опасные вещества;
- утилизация утеплителя холодильного оборудования или его дегазация при содержании озоноразрушающих веществ;
- получение вторичного неметаллического сырья, вторсырья, содержащего металлы, и разделение его по видам материалов и т. д.

Также в РФ утилизация электронных отходов регулируется приказом Минприроды России от 11.06.2021 N 399 (ред. от 04.04.2023) «Об утверждении требований при обращении с группами однородных отходов I–V классов опасности» (Зарегистрировано в Минюсте России 30.11.2021 N 66097) [6].

Согласно данному нормативно-правовому акту граждане РФ могут выбрать из нескольких вариантов, кому передать свою старую электронную технику: юридическим лицам или индивидуальным предпринимателям, которые занимаются обслуживанием и ремонтом такого оборудования; компаниям, осуществляющим прием отходов от граждан для передачи на обработку или

переработку; компании, осуществляющие на законных основаниях деятельность по обезвреживанию и хранению таких отходов и сбор отходов от граждан на условиях публичного договора.

Также приказом запрещается обезвреживать и утилизировать отходы электронного и электрического оборудования путем их сжигания, за исключением случаев применения пирометаллургического или гидromеталлургического методов, позволяющих извлекать полезные компоненты из печатных плат (с последующей обязательной нейтрализацией всех отходящих газов и элементов).

Таким образом, утилизация электронных отходов должна осуществляться с применением необходимых технологических процессов и регулироваться нормативно-правовой базой.

Библиографический список

1. Агаев Б. С., Абдуллаева М. Я. Вредное воздействие электронных отходов на здоровье человека // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022. Т. 84. № 2 (92). С. 234-242.
2. Казатенков Я. С. Понятие «электронные отходы» и правовые основы обращения с электронными отходами в Российской Федерации // Право и государство: теория и практика. 2023. № 5 (221). С. 162–165.
3. Тайны науки и жизни. Огромные электронные отходы нашего мира в цифрах. [Электронный ресурс]. – URL: <https://bag-info.ru/ogromnye-jelektronnye-othody-nashego-mira-v-cifrah/> (дата обращения: 25.10.2023).
4. В России увеличился процент переработки электронных отходов. [Электронный ресурс]. – URL: <https://ecosphere.press/2023/09/26/v-rossii-velichilsya-procent-pererabotki-elektronnyh-othodov/> (дата обращения: 25.10.2023).
5. Новые требования к утилизации отходов электроники установили в России. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.vedomosti.ru/press_releases/2023/06/02/novie-trebovaniya-k-utilizatsii-othodov-elektroniki-ustanovili-v-rossii (дата обращения: 25.10.2023).
6. Приказ Минприроды России от 11.06.2021 N 399 (ред. от 04.04.2023) «Об утверждении требований при обращении с группами однородных отходов I–V классов опасности» (Зарегистрировано в Минюсте России 30.11.2021 N 66097).

СИСТЕМНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРАКТИКИ КАК ЧАСТЬ КАМПУСНОЙ ПОЛИТИКИ

Т. А. Мусихина, Е. А. Логинова, А. А. Рылова

Вятский государственный университет, usr04011@vyatsu.ru

Для устойчивого развития кампуса как организованного пространства, при его проектировании должны быть превентивно решены вопросы, связанные с организацией мероприятий по охране окружающей среды. Например, создание системы раздельного сбора твердых коммунальных отходов, организация сбора и отведения ливневых и талых вод, обеспечение жителей достаточным количеством зеленых зон общего пользования и так далее. При этом важно учитывать как развитие самого кампуса, так и перспективы природоохранной политики региона его размещения.

Ключевые слова: кампус, охрана окружающей среды, отходы, ливневые воды.

Общепринятое понятие кампуса – это обособленная территория, на которой расположен комплекс сооружений, который состоит из коммуникаций, зданий, дорожного покрытия, имущества и людей [1]. Цель кампусной и инфраструктурной политики – создание максимально комфортных условий для всех перечисленных субъектов пространства. Территория кампуса и элементы кампуса взаимосвязаны, но при этом они должны гармонично вписываться во внешнюю среду. По месту размещения чаще всего кампус является частью городского микрорайона либо отдельной территорией в загородной природной зоне.

Для устойчивого развития такой обособленной территории важно учитывать «зеленый» критерий путем внедрения системы экологических практик, отвечающих как современным экологическим требованиям к субъектам, влияющим на окружающую среду, так и перспективным направлениям государственной и региональной экологической политики. Поэтому, создавая кампус, необходимо на всех стадиях проектирования, начиная с декларации о намерениях и разработки паспорта проекта, предусматривать экологическую составляющую.

На первых стадиях проектирования важно точно сформулировать вопросы относительно экологических показателей предусматриваемых видов деятельности всех объектов в пространстве кампуса, а также и демографические показатели. При этом необходимо учесть условия для создания благоприятной окружающей среды (ОС) для обитателей кампуса, а также виды негативного воздействия на ОС от их жизнедеятельности и деятельности объектов кампуса. То есть, при проектировании важно заранее учесть и минимизировать негативное влияние на ОС жилья и хозяйственной деятельности создаваемых объектов инфраструктуры для периодов их строительства и эксплуатации.

Важную роль для принятия проектных решений на первых стадиях проектирования играют результаты проводимых инженерно-экологических изысканий для строительства [2]. По результатам таких изысканий наряду с принятием архитектурно-планировочных и строительных решений необходимо рассматривать вопросы:

- организации сбора, отведения и очистки ливневых и талых вод, а также возможность их повторного использования;

- в случае размещения кампуса с изъятием озелененных территорий необходимо учитывать утилизацию растительных остатков и мощность плодородного слоя почвы в местах застройки для его складирования и повторного использования по назначению;

- при расположении объектов в кампусе важную роль также играет учет розы ветров для экспозиции жилых объектов, исключая вариант их размещения с наветренной стороны от существующих источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

При разработке раздела по оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС) важно учитывать факты минимизации процессов по ухудшению экологической обстановки.

гических показателей микрорайона в целом, превентивно планируя соответствующие проектные решения на проектируемом объекте [3]. Например, на урбанизированных территориях важно соблюдать соотношение зеленых зон, зеленых зон общего пользования, площадей зданий и поверхностей с твердым покрытием. Поэтому на территории кампуса необходимо запланировать и отразить в материалах ОВОС мероприятия типа: создание «зеленых парковок», задернованных пешеходных дорожек, зеленых газонов для отдыха и т. д. При этом важно учитывать как развитие самого кампуса, так и перспективы природоохранной политики региона его размещения.

На этапе рабочего проектирования в проекте должны быть дополнительно предусмотрены помещения для отдельного сбора производственных и твердых коммунальных отходов (ТКО), места для их временного накопления, а также площадки для предоставления возможности их периодического вывоза на специализированном автотранспорте с учетом существующих правил.

При этом следует учитывать, что объемы и качественный состав отходов постоянно изменяются, поэтому требуется проведение исследовательских работ по прогнозированию этих показателей. Знания о перспективном объеме образующихся ТКО и их морфологическом составе помогают планировать более эффективную стратегию сортировки, переработки и утилизации ТКО, что делает систему обращения с отходами более эффективной. Так, например большую долю в составе ТКО составляет упаковка [4], поэтому следует учитывать тренды по ее совершенствованию относительно возможности утилизации, поскольку в настоящее время происходит ужесточение экологических требований к производителям упаковки вплоть до обязательной ее утилизации.

Особого внимания требуют вопросы организации сбора и мест накопления образующихся на территории кампуса опасных отходов I и II классов опасности – ртутьсодержащих осветительных приборов и химических источников тока. В настоящее время этим вопросом обязаны заниматься органы местного самоуправления, поэтому требуется заблаговременное согласование с ними системы сбора, накопления и вывоза таких отходов. При этом следует учесть, что эти процессы относятся к лицензируемым видам деятельности.

Таким образом, исходя из вышеизложенного, можно заключить, что устойчивое развитие кампуса и достижение основной цели кампусной политики в виде создания максимально комфортных условий для всех субъектов пространства при проектировании требует особого комплексного подхода к проектированию с системным использованием существующих экологических практик, а также элементов прогнозирования.

Библиографический список

1. Что такое кампус университета? [Электронный ресурс]. – URL: <https://zaochnik.ru/blog/chto-takoe-kampus-universiteta-luchshie-kampusy-v-rossii/?ysclid=loe68pp9tm-249652894/> (дата обращения: 25.10.2023).
2. СП 502.1325800.2021 Свод правил «Инженерно-экологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ» [Электронный ресурс]. – URL: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/131522/> (дата обращения: 25.10.2023).

3. Приказ министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 1 декабря 2020 года N 999 «Об утверждении требований к материалам оценки воздействия на окружающую среду» [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573339130?ysclid=lo5s1w67nc291791865> (дата обращения: 25.10.2023).

4. Задера С. Производителей упаковки обяжут утилизировать всю продукцию с 2027 года [Электронный ресурс]. – URL: <https://rg.ru/2023/04/19/razvernut-rabotu.html?ysclid=lj5r8l2npx814554051> (дата обращения: 26.10.2023).

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ТВЕРДЫМИ КОММУНАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ НА ТЕРРИТОРИИ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ В РАМКАХ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ

***З. А. Симонова, Е. И. Тихомирова, О. В. Атаманова,
К. С. Нурмамятова***

*Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю. А.,*

*simonovaza@yandex.ru, tichomirova_ei@mail.ru, o_v_atamanova@mail.ru,
neumoinakristina17@gmail.com*

В статье представлены расчеты количественной оценки выхода биогаза и его компонентов с наиболее крупных полигонов твердых коммунальных отходов (ТКО), расположенных вблизи с г. Саратовом. Определены прогнозные оценки эмиссии биогаза и метана от полигонов. Проанализирован вклад выбросов региональной системы обращения с отходами в изменение климата.

Ключевые слова: климатическая политика, парниковый газ, твердые коммунальные отходы, свалочный газ.

За последнее время законодательство в области обращения с отходами претерпело серьезные и кардинальные изменения, которые затронули практически все аспекты данной сферы. Начиная с января 2015 г., приоритетной задачей государства стало обеспечение экологически безопасного обращения с отходами, что предполагает разработку и внедрение схем экологически и экономически эффективной утилизации отходов населенных пунктов с применением новейших научно-технических достижений, а именно, с внедрением наилучших доступных технологий на объекты по обработке ТКО [1].

В настоящее время, в связи с развитием климатической политики [1], особое внимание стали уделять выделению в окружающую среду парниковых газов (далее – ПГ), образующихся при переработке или биохимической трансформации отходов. В частности, организованные и неорганизованные полигоны захоронения отходов являются источниками выбросов метана (далее – CH_4) и диоксида углерода (далее – CO_2) биогенного происхождения; установки компостирования отходов – источники выбросов загрязняющих веществ NO_2 , NO , SO_2 , H_2S , CO_2 , NH_3 , CH_4 .

Для оценки воздействия на климатическую систему Земли парниковых газов используют специальные пересчетные коэффициенты, приравнивающие вызываемые ими эффекты к влиянию CO₂. Суммарный выброс всех парниковых газов, выраженный в эквиваленте CO₂, носит название эквивалентного выброса (IPCC, 2013) и для CH₄ значение составляет 25, для N₂O – 298 единиц эквивалента CO₂ [3].

В этой связи биогаз, образующийся при биохимических процессах распада складированных отходов, представляет особую опасность для загрязнения окружающей среды, поскольку его основными компонентами являются метан и углекислый газ – мощные парниковые газы.

В таблице 1 представлены результаты удельного и количественного выхода биогаза с тел трех, наиболее крупных полигонов, расположенных вблизи с г. Саратовом, полученные по рассчитанному количеству органической составляющей в отходах и количеству органической составляющей, активно генерирующей биогаз.

Таблица 1

Количественные характеристики выхода биогаза с полигонов ТКО

Характеристика	Количественные данные		
	полигон № 1	полигон № 2	полигон № 3
Количество ежегодно завозимых отходов, т	12900	11500	85600
Количество размещенных отходов, т	240053	1159600	1055725
Количество отходов, активно вырабатывающих биогаз, т	214253	1136600	884525
Период полного сбраживания органики ТКО, лет	20,35		
Удельный выход биогаза, кг/кг завозимых отходов	0,255		
Удельный выход биогаза, кг со всех завозимых отходов	3294	2932,5	21828
Количественный выход биогаза, кг/т захороненных отходов в год	12,55		
Количественный выход биогаза, кг сгенерирующих отходов в год	2688875	14264330	11100789

По данным значениям и с учетом среднестатистических весовых процентных содержаний компонентов в биогазе [4] нами были определены их максимально-разовые и валовые выбросы, которые свидетельствуют о значительном выходе компонентов биогаза в окружающую среду (табл. 2).

Важной особенностью этого процесса является то, что образование биогаза происходит в течение длительного времени – для РФ этот срок составляет 30–40 лет. Для того, чтобы можно было спрогнозировать оценку длительного воздействия полигонов нами было проведено математическое моделирование, позволяющее определить в перспективе удельное количество биогаза и метана на тонну отходов. Кроме того, данные расчеты позволят определиться со способом обеспечения экологической безопасности полигона и спрогнозировать мощность возможных систем по сбору и использованию биогаза.

Максимально-разовые (M_i , г/с) и валовые (G_i , т/год) выбросы биогаза и его компонентов от полигонов

Компонент	Полигон № 1		Полигон № 2		Полигон № 3	
	M_i , г/с	G_i , т/год	M_i , г/с	G_i , т/год	M_i , г/с	G_i , т/год
Биогаз	154,83	3020,44	821,38	16023,26	639,21	12469,62
Метан	81,93	1598,27	434,63	8478,71	338,24	6598,30
Толуол	1,12	21,84	5,94	115,85	4,621	90,16
Аммиак	0,83	16,1	4,38	85,40	3,41	66,46
Ксилол	0,69	13,38	3,64	70,98	2,83	55,24
Углерода оксид	0,39	7,61	2,07	40,38	1,61	31,42
Азота диоксид	0,17	3,35	0,91	17,79	0,71	13,84
Формальдегид	0,15	2,9	0,79	15,38	0,61	11,97
Этилбензол	0,15	2,87	0,78	15,22	0,61	11,85
Ангидрид сернистый	0,11	2,11	0,57	11,27	0,45	8,73
Сероводород	0,04	0,79	0,21	4,17	0,17	3,24

На рисунке представлены прогнозные оценки эмиссии биогаза и метана от полигонов.

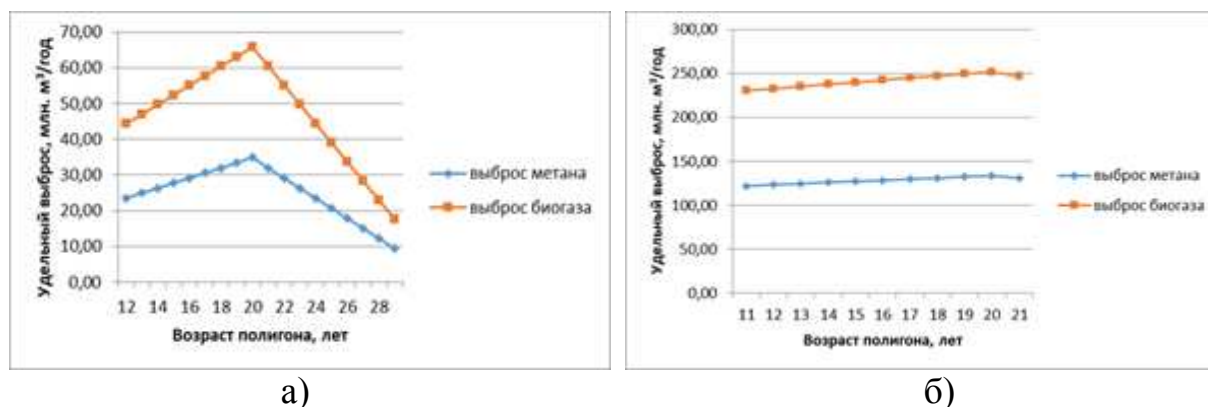


Рис. Удельные выбросы биогаза и метана в атмосферу при деструкции отходов на полигоне № 1 (а) и полигоне № 2 (б)

В зависимости от мощности выделения биогаза в год полигоны имеют различный потенциал опасности по уровню воздействия на окружающую среду. Исходя из этих фактов, полигон № 1 является полигоном со средним потенциалом опасности, полигоны № 2 и полигон № 3 являются полигонами с высоким потенциалом.

Таким образом, полигоны захоронения ТКО являются масштабным источником выбросов метана, причем на них размещаются как ТКО, так и малоопасные промышленные отходы, в том числе органические.

Количество возможных выбросов ПГ зависит от массы органического вещества в отходах, а интенсивность эмиссии определяется конструкцией полигонов, климатическими особенностями территории их расположения и способами обращения с отходами. Соответственно, сократить выбросы парниковых газов от объектов обращения с ТКО можно, например, путем снижения

массы образующихся органических отходов, снижения массы захораниваемых биоразлагаемых компонентов отходов, удаления или утилизации ТКО при помощи альтернативных технологий с низкими удельными выбросами ПГ, сбора и сжигания или энергетического использования биогаза на полигонах, использования на полигонах специальных технологий, снижающих образование и выделение метана.

Все это свидетельствует о необходимости перехода на региональном уровне от стратегий экологически безопасного захоронения отходов к современным методам управления ими.

Свалочный газ, образующийся при разложении захороненных отходов, может быть собран и сожжен, в том числе для производства электроэнергии и тепла. При полном сгорании свалочного газа, образуются дополнительный углекислый газ и вода. При его неполном сгорании возможно образование незначительного количества CH_4 и N_2O , а также некоторых других газов. Биогенные выбросы CO_2 от сжигания органического вещества природного происхождения (к которому относят и биогаз) не включают в общую массу выбросов от отходов. Таким образом, сжигание биогаза на полигонах фактически способствует сокращению антропогенных выбросов ПГ. Используя образовавшуюся тепловую энергию (или топливо), можно снижать выбросы ПГ благодаря экономии ископаемых топливно-энергетических ресурсов [5].

Следует отметить, что в Саратовской области, как и во многих других областях, реализуются мероприятия, способствующие снижению выбросов ПГ, но в рамках программ по повышению эффективности обращения с ТКО и включают, прежде всего, сокращение количества захораниваемых отходов, в том числе их органических компонентов. В настоящее время в области разрабатывается региональная климатическая политика, хотя она и не носит обязательного характера. Основными ее моментами являются дальнейшее совершенствование системы обращения с отходами (переход к отдельному сбору основных компонентов ТКО, просветительская работа с населением в этом плане, более активное участие производителей (программа РОП), внедрение современных технологий переработки и утилизации ТКО и др.); климатически нейтральное обращение с отходами, которое обеспечивает минимизацию выбросов парниковых газов, и может быть основано на повторном применении или использовании отходов для разных целей; использование отходов в качестве вторичного сырья для производства строительных изделий; энергетическая утилизация; ликвидация и рекультивация полигонов ТКО длительного использования и несанкционированных свалок.

Библиографический список

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25 января 2018 г. № 84-р «Об утверждении Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года» ((с изменениями на 13 октября 2022 года) [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/556353696?ysclid=locwluju9k321918514> (дата обращения: 15.10.2023).

2. Указ Президента РФ от 26 октября.2023 № 812 «Об утверждении Климатической доктрины Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_460556/ (дата обращения: 27.10.2023).

3 Приказ министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 29 июня 2017 г. № 330 «Об утверждении методических указаний по количественному определению объема косвенных энергетических выбросов парниковых газов» [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456079014?ysclid=locx1f0rhi772219863> (дата обращения: 15.10.2023).

4. Методика расчета количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от полигонов твердых бытовых и промышленных отходов / Н. Ф. Абрамов Э. С. Санников, К. Б. Русаков, М. Б. Миляев, Р. Г. Халевин, А. В. Лифанов, Н. С. Буренин, А. С. Турбин. М., 2004. 21 с.

5. Говор И. Л., Гитарский М. Л. Аналитический обзор потенциального вклада отрасли обращения с отходами в климатическую политику России. М., 2020. 75 с.

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ В СФЕРЕ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ

Я. П. Машеро, А. А. Морозов

Северо-Западный филиал

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет правосудия»,

yanamashero0908@yandex.ru, 9126543@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы, связанные с влиянием отходов производств на состояние окружающей природной среды. Эффективное осуществление производственного контроля поможет сформировать новую культуру обращения с отходами и создать безопасные условия жизнедеятельности общества.

Ключевые слова: экология, отходы производства, хозяйственная деятельность общества, причиненный ущерб.

Право граждан на благоприятное состояние окружающей среды сегодня является незыблемой социальной ценностью, устойчивость которого гарантируется Конституцией РФ. Благоприятная для общества окружающая среда включает такие параметры, как поддержание экологической безопасности, сохранение и воспроизводство природных ресурсов при природопользовании, сохранение эстетической и иной нематериальной ценности природы, которые в целом можно охватить критерием соответствия принимаемых мер по охране окружающей среды и природопользованию, фактического поведения субъектов хозяйственной деятельности всем требованиям экологического законодательства [1].

В соответствии с этой точкой зрения нарушение экологических требований законодательства всегда должно быть признано нарушением права граждан на благоприятную окружающую среду, а граждане должны обладать всем арсеналом правовых возможностей защиты своего права [2]. Окружающая нас природная среда постоянно нуждается в поддержке со стороны общества. Система-

тическое потребление ресурсов окружающей среды приводит к их истощению, восполнение которых осуществляется медленно и затруднительно. В связи с этим на мировом уровне выносятся на обсуждение предложения по внедрению экологических технологий с целью восполнения и защиты природной среды от неблагоприятных воздействий отходов производств.

В частности, на благосостояние природной среды негативно влияет интенсивное экономическое развитие хозяйственной деятельности общества.

Вредные выбросы в атмосферу ведут к повышению концентрации в ней токсических веществ и изменению качественного состава воздуха. Кроме того, огромный вред экологии наносят отходы производства и потребления. Твердые промышленные отходы от предприятий загрязняют окружающую среду и приводят к истощению источников природного сырья в регионах нашей страны. Кроме того, отходы производств могут являться источником поступления вредных веществ в окружающую природную среду, создавая угрозу здоровью и жизни населения. Одной из функций государственного управления в области охраны окружающей среды является наделение полномочиями хозяйствующих субъектов самостоятельно осуществлять производственный экологический контроль в рамках своей деятельности. Однако, на сегодняшний день малое количество предприятий осуществляют производственный контроль за соблюдением требований к производимым отходам их деятельности и дальнейшей их утилизации [3].

Сделать производство безотходным невозможно, однако на сегодняшний день совершенствование экологического механизма по переработке отходов производств является первоочередной задачей в рамках обеспечения защиты окружающей среды и населения.

Производственный контроль в области охраны окружающей среды (производственный экологический контроль) является важной составляющей природоохранной деятельности.

Так, М. М. Бринчук и О. И. Саморукова определяют производственный экологический контроль как контроль за соблюдением норм экологического законодательства в корпорации (предприятии), а основной задачей ставят проверку исполнения требований экологического законодательства, а также внутренних и локальных актов [4].

На основе анализа статистических данных по обработке отходов производства и потребления, мы наблюдаем рост объемов утилизации отходов на 16,4% выше по сравнению с предыдущим 2021 г., показатель которого составлял 40,6% [5]. Подобный результат является следствием ввода в использование новейших технологий по утилизации и уничтожению остатков отходов на предприятиях. Таким образом, мы можем ответить эффективное осуществление экологического комплекса мер наблюдения за состоянием окружающей среды.

Однако несмотря на то, что показатели предприятий по использованию и квалифицированной утилизации отходов растут, отрицательное влияние такой деятельности на экологическую обстановку остается на высоком уровне, что создает угрозу чистоте и сохранности окружающей природной среды, а по сути ставит под сомнение возможность реализации гражданами конституционного

права на благоприятную окружающую среду. Главные загрязнители окружающей среды – предприятия, по-прежнему производят опасные и токсичные химические вещества, которые являются главным источником загрязнения всей природы в целом [6]. Исходя из обзора экологических споров за 2022–2023 гг., связанных с отходами предприятий, окружающей среде наносится серьезный вред. Ущерб, причиненный экологии от несоблюдения требований по очистке производственных стоков и хранению отходов, выражен в колоссальных суммах.

Отметим, что при анализе статистической отчетности предприятий, мы сталкиваемся с некорректными показателями уровня осуществления деятельности по обращению отходов, что является существенным недостатком. Необходимо отметить, что основной объем информации должным образом не обрабатывается, что говорит о сомнительной достоверности представленных данных [7].

Кроме того, при отсутствии качественной организации наблюдения за дальнейшей обработкой токсичных веществ, уровень опасности загрязнения окружающей среды значительно увеличивается [8]. На предприятиях зачастую места складирования таких отходов не соответствует экологическим требованиям, что ведёт к нарушению норм действующего законодательства. При использовании методов переработки и уничтожения отходов на производстве, возникает ряд сложностей. При сжигании отходов образуются вещества, которые намного опаснее для окружающей среды, чем сами отходы. Также для того, чтобы провести захоронение отходов от производства, требуются значительные затраты для осуществления данной процедуры. Вместе с тем, полигоны захоронения твёрдых производственных отходов негативно влияют на жизнь и здоровье общества. Представляется возможным разработать и внедрить такие технологии переработки и уничтожения отходов, способствующие снижению вредного воздействия на окружающую среду. Отметим, что с 2030 года вносится запрет на захоронение вторичных ресурсов производства с целью сокращения захоронения отходов как метода утилизации и вовлечения вторичных отходов в хозяйственный оборот организаций.

Совершенствование механизма обращения с отходами поможет сформировать новую культуру обращения с отходами и создавать безопасные условия жизнедеятельности общества. Необходимо помнить, что обязательным условием для устойчивого общественного развития является безопасность окружающей среды и жизнедеятельности общества. А реализация конституционного права на благоприятную окружающую среду как конституционного принципа обеспечивается участием граждан и общественных объединений в формировании государственной экологической политики. Именно поэтому, для более эффективного обеспечения прав граждан на благоприятную окружающую среду, возмещения вреда за негативное воздействие на окружающую среду отходами производств, от пагубного на неё воздействия вредных веществ, необходимо усилить производственный контроль со стороны юридических лиц за деятельностью в области отходов производств, направленный на ограничение негативного воздействия и вреда, причиненного окружающей среде.

Библиографический список

1. Краснова И. О. Право на благоприятную окружающую среду как конституционное и экологическое право // Актуальные проблемы российского права. 2019. № 8 (105). С. 165–175.
2. Данилова Н. В. Право на благоприятную окружающую среду: социальная ценность, содержание и способы защиты // Экологическое право. 2018. № 3 (4). С. 175–180.
3. Боголюбов С. А. Экологическое право : учебник для вузов / С. А. Боголюбов и др.; под ред. С. А. Боголюбова. 8-е изд., перераб. и доп. М. : Изд-во Юрайт, 2023. 318 с.
4. Бринчук М. М., Саморукова О. И. Производственный экологический контроль как мера охраны природы // Экологическое право. 2007. № 3. 12 с.
5. Росприроднадзор / Информация об образовании, обработке, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления [Электронный ресурс]. – URL: <https://https.rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/production-consumption-waste/> (дата обращения: 10.10.2023).
6. Исакова А. В. Правовое обеспечение производственного экологического контроля от инвестиционного проекта до эксплуатации // Актуальные проблемы российского права. 2020. Т. 15. № 7 (116). С. 207–217.
7. Васильев И. В. Охрана окружающей среды в России. 2022 : стат. сб. / Росстат. М., 2022. 115 с.
8. Тюльпанов Ф. М. Правовые вопросы экологической безопасности при переработке, утилизации и захоронении отходов производства и потребления // Правопорядок: история, теория, практика. 2018. № 1 (8). С. 85–90.

ПЕРЕХОД К ЭЛЕКТРОМОБИЛЯМ – ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ УТИЛИЗАЦИИ

И. Г. Русскова

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
russkova_ig@spbstu.ru*

В статье рассмотрены экологические аспекты широкого внедрения электромобилей в РФ. Дана оценка перспектив промышленной утилизации отработанных литий-ионных аккумуляторов. Отмечены основные проблемы процесса утилизации организационного и технического характера.

Ключевые слова: электромобили, литий-ионные аккумуляторы, утилизация, экологическая безопасность.

Стремительное развитие рынка электромобилей в Российской Федерации порождает новые экологические проблемы, которые кажутся не менее актуальными, чем снижение углеродного следа, именно его и призваны решить электрокары, вытесняя автомобили с двигателями внутреннего сгорания.

На первый взгляд электромобили лишены выхлопных газов, отвечающих более чем за 50% от общего антропогенного загрязнения атмосферы парниковыми газами, которые уже повысили среднюю температуру на планете на 0,8 градуса за текущее столетие, запустив целый каскад угрожающих явлений [1, 2]. Это не только глобальное изменение климата, сопровождающееся засухой, смерчами, ливнями, но и таяние арктических ледников, закисление океа-

нов, снижение биоразнообразия и их поглотительной способности, в том числе углекислого газа – главного компонента в составе парниковых газов. В этом смысле приоритет электродвигателей неоспорим. С другой стороны, добыча и производство лития для литий-ионных аккумуляторных батарей, строительство огромного числа подзарядных станций, необходимость дополнительной выработки электроэнергии, повышенный уровень электромагнитного излучения в салоне и в подкапотном пространстве при разных режимах работы автомобиля [3], и, наконец, сложность и отсутствие практики утилизации отработанных аккумуляторов делают экологическую безопасность электромобилей не столь очевидной, по крайней мере, на современном этапе.

Два года назад в РФ была утверждена концепция по развитию электро-транспорта, целью которой является довести к 2030 году выпуск каждого десятого автомобиля с электродвигателем под капотом [4]. Уже начался выпуск российских электромобилей, в том числе гибридных, а через восемь лет в стране будут выпускаться порядка 220 тыс. электрокаров в год, при этом общее число транспортных средств на электротяге превысит 1,4 млн. Если учесть, что в Россию поступают и зарубежные электрокары, например, только за 2021 г. было куплено более 5 тыс. подержанных электромобилей, что, по оценкам агентства «АВТОСТАТ» [5], на 92,3% больше, чем в 2020 году, то в ближайшей перспективе ситуация с отработанными аккумуляторами от всех авто существенно обострится. Хотя производители аккумуляторов закладывают срок их эксплуатации в 10–15 лет, во многом их долговечность зависит от мощности батареи, количества циклов зарядки (в среднем до 1500) и условий эксплуатации, главным из которых, является температурный режим. С учетом всего вышесказанного становится понятным, что первые «отработанные» литий-ионные аккумуляторы в огромных количествах начнут появляться уже в ближайшие годы и что с ними делать, пока не очень понятно. По проведенным нами ранее расчетам с целым рядом допущений, только за период эксплуатации с 2019 по 2023 гг. и только от подержанных автомобилей мы будем иметь более 16000 шт. аккумуляторных батарей, с учетом веса каждого аккумулятора в 500 кг – это почти 8 тыс. т [6]. В перспективе, в соответствии с Концепцией по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 год, утвержденной Распоряжением Правительства РФ от 23 августа 2021 г. № 2290-р, планируется ввести в эксплуатацию 1,5 млн новых электромобилей.

Сам процесс утилизации – это дорогостоящий и технически сложный процесс, учитывая многокомпонентный состав и различные конструктивные особенности аккумуляторов разных моделей автомобилей, а также его пожароопасность. На сегодня многие ведущие автоконцерны мира уже внедрили технологии сортировки, извлечения и повторного использования ценных компонентов – алюминия, меди, лития, никеля и др. В РФ в 2025 году «Росатом» планирует к запуску первый в России производственно-технический комплекс по переработке литий-ионных аккумуляторов под Дзержинском Нижегородской области [7]. Сейчас в Нижегородской области нет даже полигона, принимающего отходы заводов, и предприятия вынуждены их вывозить в другие регио-

ны. В стране вообще нет единой программы утилизации этих батарей. Более того, федеральный классификационный каталог отходов (ФККО) не содержит такого отхода, как отработанные литий-ионные аккумуляторные батареи автотранспорта. В соответствии с последней редакцией ФККО от 29 марта 2021 г. № 149 на 2021 г. читаем: «Батареи и аккумуляторы, утратившие потребительские свойства, кроме аккумуляторов для транспортных средств, вошедших в Блок 9», а блок 9 посвящен группе однородных отходов «Отходы аккумуляторов и аккумуляторных батарей транспортных средств», и к ним относятся виды отходов, включенные в следующие группы видов отходов ФККО: «Отходы аккумуляторов свинцово-кислотных», «Отходы аккумуляторов никель-кадмиевых», «Отходы аккумуляторов никель-железных» [8]. Литий-ионные аккумуляторы не имеют своего кода.

Как вообще организовать сбор и утилизацию подобных аккумуляторов от населения с учетом их веса и высокого класса опасности? Даже самый современный завод, на который мы возлагаем большие надежды, не сможет справиться со все возрастающими объемами, и уже к 2033 г. потребуется минимум 15 новых заводов аналогичных Дзержинскому, производительностью 50 тыс. т в год, способных обезвредить 750 тыс. тонн аккумуляторных батарей.

Утилизация – не единственный способ эффективного использования отработанных аккумуляторов. Продлить жизнь аккумуляторных батарей можно, как накопителей в домашнем хозяйстве для аккумуляции энергии от ветрогенераторов. Например, есть мировой опыт такого использования, но для наших климатических условий вряд ли может быть повсеместно рекомендован.

Одним словом, наряду с развитием автотранспорта на электрических тяговых батареях следует продумать программу их последующей утилизации, с внесением необходимых изменений в нормативную базу, наращивать строительство заводов по их утилизации, иметь четкое представление о том, что с ними делать уже в ближайшей перспективе. В противном случае мы обречены только усугубить экологические проблемы от внедрения транспортных средств с «низким углеродным следом».

Библиографический список

1. Вклад углекислого газа и воды в парниковый эффект / Н. В. Сырчина, Г. Я. Кантор, В. Н. Пугач, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 4. С. 218–223.
2. Кантор Г. Я., Сырчина Н. В. Альтернативная оценка вклада метана в парниковый эффект // Теоретическая и прикладная экология. 2023. № 3. С. 197–207.
3. Малышев В. П., Русскова И. Г., Недвецкая С. В. Вопросы электромагнитной безопасности при эксплуатации электромобилей // Безопасность жизнедеятельности. 2022. № 12 (264). С. 23–27.
4. Распоряжение Правительства РФ от 23 августа 2021 г. № 2290-р «О Концепции по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года». Гарант.ru. Информационно-правовой портал [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/402553686> (дата обращения: 18.10.2023).

5. На рынке электромобилей сменился лидер / АВТОСТАТ. Аналитическое агентство [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.autostat.ru/articles/48189> (дата обращения: 18.10.2023).

6. Данилов Е. А., Русскова И. Г. Дзержинский завод – прогнозы и перспективы по переработке новых объёмов литий-ионных аккумуляторных батарей // Неделя науки ИСИ : сб. материалов Всерос. конф. 3–9 апреля 2023 г. В 3 ч. Ч. 1. СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. С. 248–250.

7. Росатом построит первый в России завод по переработке аккумуляторов за 5 млрд рублей. LIFEJOURNAL [Электронный ресурс]. – URL: <https://zavodfoto-livejournal.com/6806269.html> (дата обращения: 18.10.2023).

8. Приказ Минприроды России от 11.06.2021 года № 399 «Об утверждении требований при обращении с группами однородных отходов I–V классов опасности». Электронный фонд правовых и нормативнотехнических документов [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/608263859>. (дата обращения: 18.10.2023).

ОТХОДЫ ШКОЛЬНОГО ПИТАНИЯ

С. А. Кропачева¹, Н. В. Сырчина²

¹ *МБОУ СОШ № 14 г. Кирова, kropacheva.maria@gmail.com,*

² *Вятский государственный университет, nvms1956@mail.ru*

В статье представлены результаты оценки степени соответствия типичного меню городской школьной столовой вкусовым предпочтениям младших школьников, а также рекомендации по оптимизации питания с целью снижения количества образующихся отходов. Исследования проводили в октябре 2023 г. в одной из средних общеобразовательных школ г. Кирова.

Ключевые слова: отходы потребления, школьное питание, меню школьной столовой, утилизация отходов.

Полноценное питание входит в число важнейших факторов, оказывающих непосредственное влияние на развитие и здоровье детей. Рациональное, физиологически сбалансированное питание способствует профилактике заболеваний, поддержанию работоспособности, устойчивости к нагрузкам, хорошей успеваемости [1, 2]. Согласно Федеральному Закону № 273-ФЗ в редакции от 1 марта 2020 г. (ч. 2.1 ст. 37), с 1 сентября 2020 г. все ученики начальных классов государственных и муниципальных школ должны быть обеспечены бесплатным горячим питанием не менее одного раза в день. Расходы федерального бюджета на такое питание в 2023 г. составят более 67 млрд рублей [3].

Организация питания в школьных столовых должна соответствовать требованиям и нормативам СанПиН 2.3/2.4.3590-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организации общественного питания населения», важнейшим из которых является обеспечение безопасности и безвредности. Изготовление продукции в столовых должно производиться в соответствии с ассортиментом, утвержденным руководителем организации или уполномоченным им лицом, по соответствующим технологическим документам. Поскольку единого стандарта на питание в школьных столовых пока нет, что и когда будут есть

учащиеся младших классов решают органы образования с учетом мнения специалистов в области здорового питания [4]. К сожалению, вкусовые предпочтения современных детей редко совпадают с принципами здорового питания, в результате приготовленная в школьных столовых еда может оказаться в контейнерах для пищевых отходов (ПО). Согласно результатам опроса 10 тыс. человек, проведенного Общественной палатой России в январе 2022 г., 83% детей и родителей недовольны качеством школьного питания [5]. В отходы поступает до 30–80% предназначенной для детей еды [6]. Проблема образования и утилизации пищевых отходов в настоящее время приняла глобальные масштабы. Исследование, опубликованное ЮНЕП, показало, что в 2019 г. на нашей планете было произведено около 931 миллиона тонн пищевых отходов [7], при этом число голодающих в мире в 2022 г. составило 828 млн человек [8]. Анализ складывающейся ситуации показывает, что проблема рационального расходования пищевых ресурсов и минимизации количества образующихся ПО приобретает все большую остроту и актуальность.

Целью настоящей работы является оценка степени соответствия типичного меню городской школьной столовой вкусовым предпочтениям младших школьников и выявление основных направлений оптимизации бесплатного питания обучающихся.

Исследования проводили на примере школьной столовой одной из средних общеобразовательных школ г. Кирова. Для сбора информации о вкусовых предпочтениях школьников использовали метод анкетирования. Участие в анкетировании приняли ученики 2–4 классов (по одному классу из каждой параллели). Анкеты содержали закрытые и открытые вопросы. Закрытые вопросы были направлены на выявление блюд из школьного меню, которые нравятся или не нравятся учащимся, открытые – на получении информации о том, какие блюда учащиеся хотели бы видеть в меню. Сведения о школьном меню (состав и масса блюд, содержание в блюде белков, жиров и углеводов, калорийность) получены из информации, размещенной на сайте школы в разделе «Организация питания».

В таблице 1 приведены данные о блюдах, которые учащимся нравятся и которые они полностью съедают.

Согласно результатам опроса, любимыми блюдами у младших школьников являются запеканка творожная со сгущенкой, рожки с сыром и картофельное пюре. Блюда из мяса, приготовленные в школьной столовой, оказались в самом конце списка. Вместе с тем, мясо является важнейшим источником полноценного белка, витаминов группы В, микроэлементов (Fe, Ca, Mg, Cu, Zn и др.). На блюда из мяса тратится основная часть выделяемого на питание детей бюджета. Ни одного положительного выбора не получили такие блюда, как суп с пшеном, рассольник, печень, рыбные котлеты.

Таблица 1

Блюда, которые нравятся младшим школьникам

Наименование блюда	Доля выборов от числа опрошенных, %			
	2 класс	3 класс	4 класс	среднее значение
Запеканка творожная со сгущенкой	76	74	85	78,3±5,9
Рожки с сыром	68	63	80	70,3±8,7
Пюре картофельное	56	79	60	65,0±12,3
Гречневая каша	40	47	45	44±3,6
Картофель отварной	32	63	35	43,3±17,1
Гуляш из куриного филе	40	47	25	37,3±11,3
Борщ	20	53	30	34,3±16,9
Тефтели из говядины	36	21	10	22,3±13,1
Колбаски из говядины	20	37	5	20,7±16,0

В таблице 2 приведены данные о блюдах, которые детям не нравятся и которые они не съедают.

Таблица 2

Блюда, которые младшие школьники отказываются есть

Наименование блюда	Доля выборов от числа опрошенных, %			
	2 класс	3 класс	4 класс	среднее значение
Суп с бобовыми	72	58	85	71,7±13,5
Суп с пшеном	80	42	75	65,7±20,6
Рассольник	64	47	80	63,7±16,5
Зразы школьные	56	58	70	61,3±7,6
Говядина отварная	44	58	70	57,3±13,0
Щи из капусты	68	47	50	55,0±11,4
Тефтели из говядины	48	47	65	53,3±10,1
Филе новинка из говядины	48	42	65	51,7±11,9
Биточки из птицы	36	47	70	51,0±17,3
Колбаски из говядины	44	26	60	43,3±17,0
Гуляш из куриного филе	40	26	50	38,7±12,0
Борщ	44	26	40	36,7±9,5
Рис	36	47	25	36,0±11,0
Печень	16	32	40	29,3±12,2
Рыбная котлета	—*	26	20	23,0±4,2

Примечание: * – блюдо отсутствует в меню.

Большинству детей не нравятся приготовленные в школьной столовой супы и блюда из говядины. Практически половина мясных изделий отправляется в отходы.

Сопоставление перечня блюд из школьного меню с данными, приведенными в таблицах 1 и 2, показали, что доля блюд, которые нравятся хотя бы половине детей не превышает 11% от предлагаемого столовыми перечня, а доля отвергаемых блюд (половиной детей) достигает 33%.

Несмотря на то, что ПО, включая отходы школьного питания, относятся к V классу опасности (практически неопасные), их образование сопряжено со следующими экологическими проблемами:

- разложение ПО приводит к выделению парниковых газов, оказывающих неблагоприятное воздействие на климат Земли [9–11];
- являются источником неприятного запаха [12];
- привлекают насекомых, грызунов, птиц, лис и других животных, которые могут являться переносчиками серьезных заболеваний;
- на транспортирование и утилизацию ПО затрачиваются существенные материальные и финансовые ресурсы;
- для производства нерационально расходуемого пищевого сырья необходимы дополнительные посевные площади, удобрения, средства защиты растений, ветеринарные препараты и т. д., что приводит к увеличению нагрузки на окружающую среду.

В таблице 3 приведены данные о том, какие блюда хотели бы включить в школьное меню учащиеся младших классов.

Таблица 3

**Блюда, которые хотели бы включить в школьное меню
учащиеся младших классов**

Характер блюд	Перечень блюд*
Фастфуд	Пицца (12,5); картофель фри (11); наггетсы (9); бургер (6)
Домашняя кухня	Пельмени (19); жареная картошка (17); салаты (8)
Сладкие десерты	Мороженое (5)
Фрукты и овощи	Помидоры, огурцы, арбуз, яблоки и др. (5)

Примечание: * в скобках приведены доли выборов (%) от числа опрошенных.

Анализ выборов блюд показал, что дети 2-го класса хотят видеть в меню блюда домашней кухни, а дети 4-го класса чаще выбирают фастфуд.

На основе полученных в ходе опроса данных можно сделать следующие выводы:

- для улучшения качества бесплатного школьного питания и снижения количества образующихся ПО необходимо учитывать вкусовые предпочтения детей. Блюда, от которых большинство детей отказывается (говяжья печень, супы), следует исключить из меню, так как заставить детей съесть то, что им не нравится, практически невозможно;
- супы в некоторые дни недели целесообразно заменить на салаты, поскольку в меню практически отсутствуют сезонные овощи, хотя их стоимость нельзя назвать высокой (например, капуста и морковь доступны круглый год);
- вкусы детей весьма различны, поэтому необходимо предоставить учащимся возможность выбора блюд;
- вкус блюд из говядины и птицы должен быть кардинально улучшен, поскольку дома дети охотно едят аналогичные блюда, а в столовой – отказываются от них;
- гарниры из риса лучше исключить, заменив на гарниры из гречневой крупы, макарон или картофеля, либо попробовать заменить сорт и способ приготовления риса.

Библиографический список

1. Сетко Н. П., Булычева Е. В., Сетко И. А. Особенности питания городских и сельских школьников начальных классов // Оренбургский медицинский вестник. 2020. № 3 (31). С. 56–61.
2. Методика оценки качества питания населения (на примере регионов Приволжского федерального округа) / Н. В. Сырчина, Б. А. Петров, Н. И. Одинцов, О. И. Шилов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2006. № 2–3(291–292). С. 101.
3. Башлыкова Н. Пошли в ГОСТ: в РФ хотят ввести единый стандарт на горячее питание в школах. [Электронный ресурс]. – URL: <https://iz.ru/1562785/natalia-bashlykova/poshli-v-gost-v-rf-khotiat-vvesti-edinyi-standart-na-goriachee-pitanie-v-shkolakh> (дата обращения: 23.10.2023).
4. Моделирование системы оценки «индекса несъедаемости» в школьной столовой на примере рыбных блюд / А. Т. Васюкова, К. В. Кривошонок, М. Д. Веденяпина, В. В. Кузнецов // Рыбное хозяйство. 2022. № 2. С. 88–100.
5. Общественная палата РФ: школьники недовольны питанием в столовых. [Электронный ресурс]. – URL: <https://ura.news/news/1052529328> (дата обращения: 23.10.2023).
6. Масанский С. Л. Принципы практико-ориентированной методологии нормирования питания в учреждениях образования // Вестник Могилевского государственного университета продовольствия. 2020. № 2 (29). С. 3–14.
7. Giordano C., Franco S. Household food waste from an international perspective // Sustainability. 2021. Vol. 13. No. 9. P. 5122.
8. Число голодающих в мире в 2022 году составило 828 млн человек. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.interfax.ru/world/902955> (дата обращения 23.10.2023).
9. Вклад углекислого газа и воды в парниковый эффект / Н. В. Сырчина, Г. Я. Кантор, В. Н. Пугач, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 4. С. 218–223.
10. Кантор Г. Я., Сырчина Н. В. Альтернативная оценка вклада метана в парниковый эффект // Теоретическая и прикладная экология. 2023. № 3. С. 197–207.
11. Кантор Г. Я., Сырчина Н. В., Ашихмина Т. Я. Моделирование углеродного баланса полигонов твёрдых коммунальных отходов // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 1. С. 198–204.
12. Сырчина Н. В., Пилип Л. В., Ашихмина Т. Я. Контроль запахового загрязнения атмосферного воздуха (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 2. С. 26–34.

Научное издание

ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ
С ПОЛУЧЕНИЕМ НОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Материалы

V Всероссийской научно-практической конференции

14–15 ноября 2023 г.

Компьютерная верстка: Е. М. Кардакова

Дизайн обложки: А. А. Харунжева

Вятский государственный университет,

610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

Подписано к печати 06.12.2023. Формат 60 x 84/16.

Бумага офсетная. Гарнитура Times.

Усл. печ. л. 11,96. Тираж 35 экз. Заказ № 81.

Отпечатано с готового оригинал-макета

в типографии ООО «Издательство «Радуга-ПРЕСС».

610029, г. Киров, п. Ганино, ул. Северная, 49А. Тел. +7 912 828 45-11

E-mail: raduga-press@list.ru