

XI МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ

XI Международная научно-практическая конференция

Инновационные перспективы Донбасса

XI Международная научно-практическая конференция
Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса



XVI Международная научно-техническая конференция
Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование



XXV Международная научно-техническая конференция
Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых



II Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых и студентов
Металлургия XXI столетия глазами молодых

Том 4. Перспективные направления развития экологии и химической технологии

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДОННТУ)**

СОВЕТ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ ДОННТУ

**РОССИЙСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА**

**ФГБОУ ВО «ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

НИЦ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПАРТНЕРСТВА ГОСУДАРСТВА И БИЗНЕСА

ИННОВАЦИОННЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ДОНБАССА

**Сборник научных трудов 11-й Международной
научно- практической конференции
Том 4. Перспективные направления развития экологии
и химической технологии**

**г. Донецк
27-29 мая 2025 года**



Донецк – 2025

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

ББК 65.30

УДК 330.341 (477.61/62)

- И 66 Инновационные перспективы Донбасса, г. Донецк, 27-29 мая 2025 г. –
Донецк: ДонНТУ, 2025.
Т. 4: Перспективные направления развития экологии и
химической технологии. – 2025. – 55 с.

Сборник научных трудов 11-й Международной научно-практической конференции «Инновационные перспективы Донбасса», состоявшейся 27-29 мая 2025 г. в Донецке на базе ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет». В сборнике представлены статьи ученых и специалистов по вопросам приоритетных направлений научно-технического обеспечения инновационного развития Донбасса и формирования механизмов повышения социально-экономической эффективности развития региона.

Материалы предназначены для специалистов народного хозяйства, ученых, преподавателей, аспирантов и студентов высших учебных заведений.

Редакционная коллегия

Ректор ДонНТУ А.Я. Аноприенко, ректор ДонГТУ Д.А. Вишневский, и.о. ректора РХТУ им.Д.И. Менделеева, Румянцев Е.В., директор АНО «НИЦ стратегического партнерства государства и бизнеса» О.Ф. Шахов, проректор ДонНТУ С.В. Борщевский, канд. техн. наук А.Н. Корчевский, канд. техн. наук О.Л. Кизияров, докт. техн. наук Э.Г. Куренный, канд. техн. наук Д.И. Морозов, д-р техн. наук С. П. Еронько, канд.техн.наук А.М. Зинченко, канд. техн. наук С.В. Горбатко, канд. фарм. наук В.С. Федорова, канд. техн. наук А.А. Кравченко, д-р экон. наук Н.В. Гришко, канд. техн. наук И.В. Филатова, канд.техн.наук Д.В. Пронский, канд. техн. наук Р.В. Мальчева, докт. экон. наук Е.Е. Бизянов, председатель Совета молодых ученых ДонНТУ М.П. Руденко.

Под общей редакцией Горбатко Сергея Витальевича

Контактный адрес редакции

УНИ ДонНТУ, ул. Артема, 58, Донецк, 283001

Тел.: +7 (856) 305-35-67. Эл. почта: ipd.donntu@yandex.ru

Интернет: <http://ipd.donntu.ru>

© ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»
Министерство образования и науки ДНР, 2025

<i>А. И. Биктимиров, К.Юнпень, А.-Э. Аджароглу</i> Стратегия освоения новых регионов России: от «свалочного» газа к редкоземельным металлам списанной электроники как драйверы устойчивого развития.....	6
<i>И.М.Гатаулина</i> К вопросу утилизации свалочного биометана..	9
<i>Г.И. Гусев, И.В. Заварихин, Г.А. Гридин, Д.А. Стулов, Е.М., Мостова А.А. Гуцин.</i> Использование высокочастотного трансформатора для генерации озона и очистки воды от красителя с размещением катализаторов в зоне горения плазмы.....	12
<i>Т.В. Извекова, Н.Е. Гордина, А.А. Гуцин</i> Пути решения экологических проблем новых территорий Российской Федерации.....	17
<i>А.А. Извекова, Е.Ю. Квиткова, Е.С. Анцева, А.А. Гуцин.</i> Удаление фармацевтических соединений из воды с использованием диэлектрического барьерного разряда.....	19
<i>Т.П. Кулишова.</i> Способы получения редкоземельных металлов и экологический аспект производства.....	23
<i>Н.С. Лозинский, Я.А. Мороз, М.Ю. Зеленский, Е.Н. Лозинский.</i> Исследование взаимодействия между активированным антрацитом и нитратом мочевины	28
<i>Г.А. Марченко.</i> К вопросу об экосистемном подходе при создании особо охраняемых природных территорий на Донетчине.....	33
<i>Г.А. Пузик.</i> Технология получения фульватов и гуматов аммония из торфа и землистого бурого угля, их характеристика и область применения.....	38
<i>Е.Н. Свечкаренко, И.И. Гомаль.</i> Объективная необходимость обеспечения экологической безопасности при перспективном развитии топливно-энергетического комплекса ДНР.....	43

**Перспективные направления развития экологии и
химической технологии**

<i>О.В. Ткаченко.</i> Перспективные направления повышения качества окружающей природной среды Донецкой Народной Республики.....	48
<i>И.Д. Якупова.</i> Экологические проблемы эмиссии биометана.....	53

**СТРАТЕГИЯ ОСВОЕНИЯ НОВЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ: ОТ
«СВАЛОЧНОГО» ГАЗА К РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМ МЕТАЛЛАМ
СПИСАННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ КАК ДРАЙВЕРЫ УСТОЙЧИВОГО
РАЗВИТИЯ**

А. И. Биктимиров, К.Юнпень, А.-Э. Аджароглу
ФГБОУ ВО «Уральский федеральный университет им. первого президента
России Б. Н. Ельцина», г.Екатеринбург, Свердловская область

***Аннотация.** В фокусе исследования два ключевых ресурсных потенциала: свалочный газ и редкоземельные металлы, извлекаемые из списанной электроники. Рациональное использование может стать драйвером роста в новых регионах. Найдена стратегия совмещения экологических и геополитических задач на территории стратегического развития.*

***Abstract.** The study focuses on two key resource potentials: landfill gas and rare earth metals extracted from discarded electronics. Rational use can become a driver of growth in new regions. A strategy for combining environmental and geopolitical objectives in the territory of strategic development has been found.*

***Ключевые слова:** свалочный газ, редкоземельные металлы, электронные отходы, циркулярная экономика, энергетическая независимость, регионы Донбасса*

***Keywords:** landfill gas, rare earth metals, electronic waste, circular economy, energy independence, Donbas regions*

Стоит отметить, что многие страны мира ищут источник света для помещений из свалочного газа и хотят получать РЗМ из написанной электроники. Начнем с обоснования, что отходы с нефтяных отвалов выгодно использовать на Донбассе из-за того, что высок риск классической метановой генерации в восстановленных населенных пунктах. После окончания прямого военного противостояния с киевским режимом придется решать проблемы с накоплением мусора. Будет много полиэтилена, пластика, полистирола и т. д., от свалок в освобожденных зонах толку не будет, их нужно использовать с умом. Будут построены дома, к которым нужно будет подводить электричество для освещения. Стоит поучиться у наших китайских товарищей организации работы с свалочным газом, ниже представлен существующий отчет по работе в Ханчжоу.

Свалочный газ, который производится путем биodeградации определенных отходов, является основной проблемой, из-за которой все свалки должны использоваться в течение нескольких лет и многих лет после закрытия. Срок службы свалочного газа может быть продлен путем

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

прогнозирования скорости биодegradации, как это часто бывает из-за ограниченного содержания влаги в среде свалки, необходимо разработать и внедрить долгосрочный план сбора и мониторинга газа. Поскольку свалочный газ может содержать ртуть и другие опасные загрязняющие вещества, существует значительный риск для людей, если газ вдыхается. Еще одной опасностью является потенциальная возможность взрыва, если этот тип газа накапливается без надлежащей вентиляции. Независимо от того, закрыты свалки или нет, излишки газа должны быть утилизированы, даже если только в виде средства внутри газовых баллонов. Хотя все свалки производят некоторое количество свалочного газа, важно определить ожидаемый состав отходов для свалки, чтобы определить, будет ли производиться достаточно метана, чтобы он был приемлемым для энергетических целей. Некоторые свалки не будут разлагать достаточно материала для производства экономичных количеств метана. Например, свалки, которые используются для утилизации любого вида золы, не будут кандидатами для свалочного газа. Однако свалки, которым требуются большие объемы сточных вод для обработки шлама, являются альтернативными кандидатами для использования свалочного газа, поскольку сточные воды содержат большое количество влаги и питательных веществ. Как всегда, независимо от того, используется ли свалочный газ в качестве источника энергии, газ должен контролироваться и обрабатываться в соответствии с требованиями законодательства, и с помощью универсального оборудования из Китая генераторы свалочного газа также могут работать на антрацитовом угле (генераторы модели Caterpillar) [1].

Что касается редкоземельных металлов, Китай, безусловно, является надежным игроком на рынке, у которого мы будем учиться. Традиционные процессы разделения очень химических и энергоемких веществ требуют некоторых этапов экстракции. Это делает экстракцию и очистку дорог вредными и крайне вредными для окружающей среды. В результате исследования все больше сосредотачиваются на их переработке и восстановлении. Электронные материалы необходимы, но все еще недостаточно используются. Например, отходы от люминесцентных ламп содержат в 15 раз больше редкоземельных металлов, чем природные руды, особенно европия. В настоящее время методы переработки европия больше не являются экономически выгодными, поскольку люминесцентные лампы постепенно производятся во время использования. Существует метод, который позволяет отделять и восстанавливать европий из простых смесей, содержащих другие редкоземельные металлы. Метод основан на тетратио-металлатах, небольших неорганических молекулах, созданных атомами серы вокруг вольфрама или молибдена. Они указывают на связь металлов с внешними ферментами и используются в качестве активных веществ против

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

рака и увеличивают количество полезных веществ в медицине. Он восстанавливает Европу из трехвалентного состояния в необычное двухвалентное состояние, то есть электрически отделенную от других трехвалентных редкоземельных металлов.

Эта стратегия позволяет проводить выборочный мониторинг с относительно высокой точностью разделения, а эффективность извлечения достигает 99% без предварительной обработки отходов. Стоит поучиться у вновь формируемых противников: исследователи из Национальной энергетической лаборатории США рассматривают возможность извлечения более обширного списка металлов, включая марганец, магний, диспрозий и неодим. Их метод основан на простом смешанном растворе на основе соленой воды, который обеспечивает непрерывный поток в камерах встречи, что создает неравновесные условия. Различные металлы ведут себя по-разному, когда их помещают в боковую камеру, поскольку две жидкости непрерывно текут вместе. Они обнаруживают твердые частицы с разной скоростью в течение определенного периода времени, что позволяет исследователям разделять и очищать их. Ученые использовали принцип неодима-диспрозия для производства постоянных магнитов, жестких дисков компьютеров и ветряных турбин, среди прочего, электричества. Потребовалось четыре часа, чтобы разделить два элемента и сформировать чистую органику в стандартной области, по сравнению с 30 часами при использовании традиционных методов разделения. Более старые методы включают экстракцию растворителем и селективное осаждение на основе энергоемких датчиков, а также требуют куда большего затраченного на них времени [2].

Вывод: на территории Донбасса огромное количество военной электроники, в которой много чипов и других компонентов. Бытовой и промышленный мусор на территории Донбасса – это то, что поможет экономике региона стать возможным лидером инновационной работы в этой сфере и примером для всей страны.

Перечень ссылок

1. Гурбанмырадов М. Б., Бабайаров Б. О., Оразмырадов О. А. Новые технологии для извлечения редких и редкоземельных металлов // Символ науки : международный научный журнал. — 2024. — № 5. — С. 45–52.
2. Рамазанов Р. С. Свалочный газ как альтернативный источник энергии // Известия Юго-Западного государственного университета. — 2021. — Т. 25, № 2. — С. 23–34. — DOI: <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2021-25-2-23-341>.

К ВОПРОСУ УТИЛИЗАЦИИ СВАЛОЧНОГО БИОМЕТАНА

И.М.Гатауллина

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия

Аннотация. Полигоны для складирования мусора в крупных городах могут представлять своеобразную экологическую бомбу замедленного действия. Дальнейший рост концентрации населения на единицу площади пропорционально увеличивает риск захламления, прилегающий территорий, поэтому утилизация мусора является актуальной.

Abstract. Landfills for garbage storage in large cities can be a kind of environmental time bomb. Further growth in the concentration of population per unit area proportionally increases the risk of littering the surrounding areas, so garbage disposal is relevant.

Ключевые слова: мусорный полигон, биогаз, утилизация, захламление, биометан

Keywords: landfill, biogas, utilization, littering, biomethane

Учитывая значительный рост благосостояния населения Российской Федерации, значительное улучшение качества жизни и внедрение новейших технологий производства особенно остро стоят вопросы складирования и утилизации отходов, формируя требования комплексного подхода к их решению. Устаревшие методы утилизации, такие как захоронение на полигоне, уже не способны адекватно справляться с объемами техногенного и бытового мусора [1]. Современные технологии, включая переработку, компостирование и инновационные системы раздельного сбора, дают возможность значительно снизить негативное воздействие на окружающую среду. Также необходимо отметить и необходимость высокой степени надежности энергетических трубопроводов, составляющих основную долю добывающего и утилизационного оборудования [2].

Однако на практике применение таких решений сопровождается целым комплексом сложностей. Необходимость в образовании и повышении экологической сознательности среди населения остаётся центральной. Важно, чтобы каждый горожанин осознал свою роль в этом процессе, так как успех системы утилизации напрямую зависит от участия каждого. Лишь совместными усилиями можно достичь сплочённости общества в решении проблемы отходов и обеспечить чистоту и безопасность городских пространств для будущих поколений. С этой целью имеется ряд

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

перспективных разработок в области перерабатывающих биометановых станций [3].

Утилизация свалочного газа представляет собой важный процесс, позволяющий не только снизить негативное воздействие на окружающую среду, но и извлечь из отходов полезные ресурсы. Свалочный биогаз, образующийся в результате гниения органических отходов, состоит в своей основе из биометана и углекислого газа. Эффективные методы его переработки включают фланцевую систему откачки газа и его использование в качестве источника энергии. Для этой цели используют трубопроводные коммуникации, выполненных из различных материалов. Учитывая экстремальные условия эксплуатации таких коммуникаций, их необходимо обеспечивать надежными, несложными и достаточно недорогими средствами оценки технического состояния, неприхотливыми к агрессивной среде мусорных полигонов [4].

Одним из таких способов переработки бытового и промышленного мусора является термическая утилизация свалочного газа на специализированных электростанциях. Этот процесс не только предотвращает выбросы парниковых газов в атмосферу, но и позволяет генерировать электрическую энергию. Установки для сжигания свалочного газа могут быть адаптированы к различным условиям и масштабам, что делает их универсальным решением для многих свалок.

Кроме того, возможна переработка свалочного газа в жидкое топливо или компоненты для химической промышленности. Инновационные технологии, такие как каталитическое преобразование, открывают новые горизонты для эффективного использования этого ресурса. Итак, утилизация свалочного газа не только решает экологические проблемы, но и способствует перспективному внедрению устойчивых источников энергии.

Очистка свалочного газа является важной актуальной задачей в сфере экологии и распоряжения отходами. Свалочный газ, образующийся в результате разложения биоорганических веществ на свалках, состоит из биометана, диоксида углерода и других неприятных летучих соединений. Его выброс в атмосферу не только способствует парниковому эффекту, но и может негативно влиять на здоровье человека и экосистему [5].

Порядок очистки происходит в несколько этапов. Первый из них — сбор газа с поверхности свалки, который осуществляется с помощью систем заборов, состоящих из труб и скважин. Далее газ подается на фильтрацию. Существует несколько способов, таких как биологическая фильтрация, биохимическая очистка и термокаталитическое окисление. Каждая из этих методик обладает как преимуществами, так и недостатками, что требует индивидуального подхода к выбору технологии в зависимости от конкретных условий.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Итогом очистки является снижение концентрации вредных веществ до безопасного уровня, что не только защищает окружающую среду, но и позволяет использовать очищенный газ как источник возобновляемой энергии. В заключение, эффективная очистка свалочного газа становится серьезным действием на пути к дальнейшему развитию биотехнологий при охране окружающей среды.

Перечень ссылок

1. Мустафина, Г. Р. Особенности применения биогазовой установки на птицефабрике / Г. Р. Мустафина, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2020. – № 2. – С. 38-40. – EDN FROXKA.
2. Gaponenko, S. O. Improving the efficiency of energy complexes and heat supply systems using mathematical modeling methods at the operational stage / S. O. Gaponenko, A. E. Kondratiev, R. Z. Shakurova // E3S Web of Conferences : 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems, SES 2019, Kazan, 18–20 сентября 2019 года. Vol. 124. – Kazan: EDP Sciences, 2019. – P. 05029. – DOI 10.1051/e3sconf/201912405029. – EDN WGSUEF.
3. Политрубая УСТАНОВКАДЛЯ анаэробного сбраживания органических отходов с получением биогаза / Г. И. Павлов, А. Е. Кондратьев, С. Р. Калачева, С. О. Гапоненко // Экологические системы и приборы. – 2011. – № 4. – С. 26-28. – EDN SHCXWH.
4. Acoustic-resonance method for control of the location of hidden hollow objects / S. A. Nazarychev, S. O. Gaponenko, A. E. Kondratiev, R. Z. Shakurova // Journal of Physics: Conference Series : Scientific Technical Conference on Low Temperature Plasma During the Deposition of Functional Coatings, Kazan, 05–08 ноября 2018 года. Vol. 1328. – Kazan: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012054. – DOI 10.1088/1742-6596/1328/1/012054. – EDN MWGTLL.
5. Ахметгалиев, И. Ф. Особенности сепарационной очистки попутного газа / И. Ф. Ахметгалиев, А. Е. Кондратьев // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики : II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ, СУМГАИТ, 12–13 ноября 2020 года. – СУМГАИТ: Сумгаитский государственный университет, 2020. – С. 228-230. – EDN UCGNAZ.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ТРАНСФОРМАТОРА ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ОЗОНА И ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ КРАСИТЕЛЯ С РАЗМЕЩЕНИЕМ КАТАЛИЗАТОРОВ В ЗОНЕ ГОРЕНИЯ ПЛАЗМЫ

Г.И. Гусев, И.В. Заварихин, Г.А. Гридин,
Д.А. Стулов, Е.М., Мостова А.А. Гуцин

Ивановский государственный химико-технологический университет, г.
Иваново

***Аннотация.** Работа посвящена исследованию очистки водных растворов, содержащих родамин В, с использованием реактора барьерного разряда с высокочастотным источником (24000 Гц). Наилучшие результаты по деструкции наблюдаются при использовании в качестве катализатора циркония, нанесенного на вермикулит. Использование платины, наоборот, снижает эффективность обесцвечивания растворов.*

Annotation. The work is devoted to the study of purification of aqueous solutions containing rhodamine B using a barrier discharge reactor with a high-frequency source (24000 Hz). The best degradation results are observed when zirconium deposited on vermiculite is used as a catalyst. The use of platinum, on the contrary, reduces the effectiveness of bleaching solutions.

***Ключевые слова:** плазма, диэлектрический барьерный разряд, водоочистка, катализаторы*

Keywords: plasma, dielectric barrier discharge, water treatment, catalysts

Одной из основных угроз окружающей среде, а особенно водным ресурсам, являются токсичные и персистентные органические соединения. Модернизация существующих и разработка новых методов их удаления из объектов окружающей среды является актуальной задачей [1].

Как правило, способы очистки объектов окружающей среды от органических соединений, включая хлорсодержащие, могут быть разделены на неразрушающие и деструктивные [2].

Неразрушающие методы в основном используют физико-химические свойства органических соединений, таких как высокая летучесть и гидрофобность, а также высокая устойчивость к процессам окисления, что позволяет использовать сорбционные процессы в системах очистки [2, 3].

За последние годы отечественными и зарубежными исследователями уделяется внимание технологиям очистки воды от органических соединений, основанных на продвинутых окислительных процессах (окисление с применением реактива Фентона [4] и окисление в сверхкритической воде [5]), а также методы высоких энергий (например,

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

плазменные процессы, радиолиз [6]).

Диэлектрический барьерный разряд (ДБР), как один из передовых процессов окисления, в последнее время привлекает особое внимание в области очистки и контроля загрязнения окружающей среды [7].

Особенностью плазменной системы является то, что в силу большого различия масс электронов и ионов, энергию от внешнего поля приобретают практически только электроны. Поэтому первичными процессами активации являются процессы, связанные с электронным ударом. Образующиеся возбужденные частицы и продукты их диссоциации начинают реагировать между собой, формируя состав активных частиц [8].

Целью исследования являлось выявление закономерностей деструкции красителя родамина Б в плазме диэлектрического барьерного разряда с высокочастотным источником (24000 Гц).

В качестве модельного загрязняющего вещества использовался водный растворы содержащий краситель Родамин Б (RhB, $C_{28}H_{31}ClN_2O_3$, $M = 479,02$ г/моль).

Схема экспериментальной установки представлена в [9], основным элементом которой являлся реактор диэлектрического барьерного разряда. Контроль значений первичного напряжения осуществлялся вольтметром марки Д 5015. Входную мощность определяли путем интегрирования произведения обеих форм сигнала за период.

Объемная мощность, вкладываемая в разряд (P , Вт/см³), составляла 2.2 Вт/см³ (частота приложенного напряжения 24000 Гц).

Объем разрядной зоны реактора ДБР с коаксиальным расположением электродов составлял 25 см³. В качестве плазмообразующего газа во всех экспериментах использовался технический кислород, расход которого во всех опытах составлял 500 мл/мин (8,33 мл/с).

Время контакта с разрядной зоной реактора τ изменялось в диапазоне приблизительно 0,39 – 5,91 с. Величины τ рассчитывались также, как в [9].

Концентрацию родамина-Б в растворе определяли спектрофотометрическим методом по спектрам поглощения в диапазоне длин волн 200-800 нм, имеющим основную полосу поглощения с максимумами 554 нм, что соответствует переходам $n \rightarrow \pi^*$ групп $C = N$ и $C = O$ [10]. УФ-спектры до и после обработки регистрировали с использованием спектрофотометра Hitachi U-2001.

Основные параметры которого представлены в таблице 1.

Кинетика разложения и эффективность деструкции представлена на рисунке 1, а полученные из зависимостей – константы скорости деструкции – в таблице 2.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Таблица 1 - Параметры обработки родамина Б с использованием
высокочастотного источника

Параметр	Значение	Ед. измерения
Частота	24000	Гц
Объемная мощность, вкладываемая в разряд	2,2	Вт/см ³
Расход плазмообразующего газа (O ₂)	0,5	л/мин
Масса катализатора	1000	мг
Время контакта	0,39-5,9	с

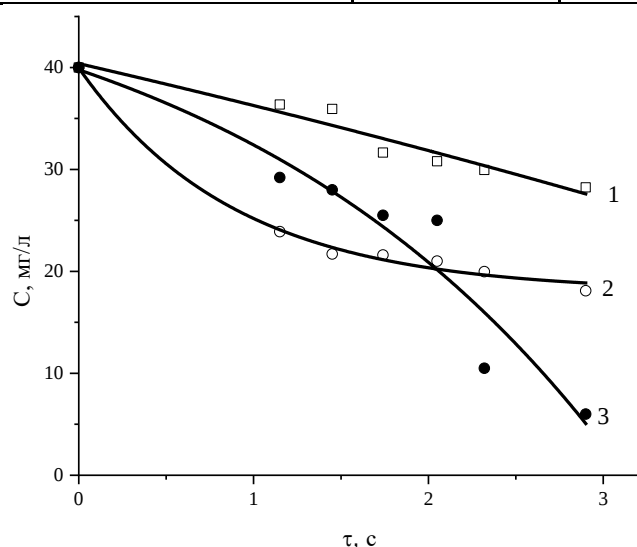


Рисунок 1. Снижение концентрации родамина от времени
контакта с зоной разряда с источником 24000 Гц (3 - Катализатор Zr (5 %)
нанесенный на вермикулит, 2 – без катализатора, 1 - Катализатор Pt/Al₂O₃)

Предполагая, что родамин-Б в рассматриваемых процессах подвергается деструкции, то изменение концентрации красителя в растворе будет описываться уравнением:

$$C = C_n \cdot \exp(-K \cdot \tau) \quad (1)$$

где: K – эффективный коэффициент скорости (c^{-1}), C – концентрация красителя после обработки в ДБР, C_n – начальная концентрация в растворе, τ – время контакта (с).

Оценка энергетической эффективности процесса деструкции родамина-Б ($Y_{50\%}$, г/кВт·ч,) проводилась по уравнению [9]:

$$Y_{50\%} = \frac{C_n \cdot V \cdot \alpha}{P \cdot t \cdot 100}, \quad (2)$$

где C_n – начальная концентрация красителя в растворе, г/л; V – объем обрабатываемого раствора, л; P – мощность, затрачиваемая на процесс деструкции, кВт; t – время обработки, ч.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Таблица 2 - Константы скорости деструкции процессов разложения родамина Б

Метод очистки	$K, \text{с}^{-1}$	$Y_{50\%}, \text{г/кВт}\cdot\text{ч}$
ДБР без катализатора	$0,4 \pm 0,06$	0,23
ДБР с катализатором $\text{Pt/Al}_2\text{O}_3$	$0,24 \pm 0,06$	0,16
ДБР с катализатором Zr (5 %) нанесенный на вермикулит	$0,7 \pm 0,02$	0,55

Из данных, представленных в таблице 2, можно сделать вывод, что энергетическая эффективность увеличивается с увеличением степени деструкции родамина-Б, что связано с уменьшением концентрации исходного красителя, а также приводит к снижению вероятности взаимодействия активных частиц, образующихся в растворе, с молекулами родамина-Б и промежуточными продуктами его разложения. Наибольшая константа скорости и энергетическая эффективность характерна для ДБР с катализатором Zr (5 %) нанесенный на вермикулит.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 25-23-20200).

Перечень ссылок

1. Magureanu, M. A review on non-thermal plasma treatment of water contaminated with antibiotics / M. Magureanu, F. Bilea, C. Bradu, D. Hong // Journal of Hazardous Materials. – 2021. – P. 125481.
2. Trojanowicz, M. Removal of persistent organic pollutants (POPs) from waters and wastewaters by the use of ionizing radiation / M. Trojanowicz // Science of The Total Environment. – 2020. – Vol. 718. – P. 134425.
3. Kabra, K. Treatment of hazardous organic and inorganic compounds through aqueous-phase photocatalysis : a review / K. Kabra, R. Chaudhary, R. L. Sawhney // Industrial & engineering chemistry research. – 2004. – Vol. 43. – № 24. – P. 7683-7696.
4. Glaze, W. H. Advanced oxidation processes. Description of a kinetic model for the oxidation of hazardous materials in aqueous media with ozone and hydrogen peroxide in a semibatch reactor / W. H. Glaze, J. W. Kang // Industrial & Engineering Chemistry Research. – 1989. – Vol. 28. – № 11. – P. 1573-1580.
5. McMullen, J. P. Integrated microreactors for reaction automation: new approaches to reaction development / J. P. McMullen, K. F. Jensen // Annual review of analytical chemistry. – 2010. – Vol. 3. – P. 19-42.
6. Kiwi, J. Effect of Fenton and photo-Fenton reactions on the degradation and biodegradability of 2 and 4-nitrophenols in water treatment / J. Kiwi, C. Pulgarin, P. Peringer // Applied Catalysis B: Environmental. – 1994. – Vol. 3. – № 4. – P. 335-350.
7. Huang, C. Advanced chemical oxidation: its present role and potential future in hazardous waste treatment / C. Huang, C. Dong, Z. Tang // Waste management. – 1993. – Vol. 13. – № 5-7. – P. 361-377.
8. Yoon, J. Investigation of the reaction pathway of OH radicals produced by Fenton oxidation in the conditions of wastewater treatment / J. Yoon, Y. Lee, S. Kim // Water Science and Technology. – 2001. – Vol. 44. – № 5. – P. 15- 15.

**Перспективные направления развития экологии и
химической технологии**

9. Gusev G. I., Gushchin A. A., Grinevich V. I., Izvekova T. V., Sharonov A. V., Rybkin V. V. Treatment of Wastewater Containing 2,4-dichlorophenol in Dielectric Barrier Discharge Plasma // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Khimiya i Khimicheskaya Tekhnologiya*. – 2020. – Т. 63, № 7. – С. 88-94.
10. Son H.-J., Wang X., Prasittichai C., Jeong N. C., Aaltonen T., Gordon R. G., Hupp J. T. Glass-encapsulated light harvesters: More efficient dye-sensitized solar cells by deposition of self-aligned, conformal, and self-limited silica layers // *Journal of the American Chemical Society*. – 2012. – Т. 134, № 23. – С. 9537-9540.

ПУТИ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ НОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Т.В. Извекова, Н.Е. Гордина, А.А. Гуцин
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический
университет»

Аннотация. В ходе военных конфликтов (включая территории проведения активных боевых действий при проведении специальной военной операции) существенному воздействию подвергаются все компоненты окружающей среды (ОС), которые впоследствии необходимо восстанавливать. Для этого необходимо разработать меры по реабилитации территорий.

Annotation. During military conflicts (including areas where active combat operations are taking place during a special military operation), all components of the environment are significantly affected and subsequently need to be restored. To do this, it is necessary to develop measures to rehabilitate the territories.

Ключевые слова: антропогенное воздействие, влияние военных конфликтов на окружающую среду, экологический экспертный и технологический центры.

Keywords: anthropogenic impact, impact of military conflicts on the environment, environmental expert and technology centers.

Антропогенное воздействие на естественные и антропогенно-измененные экосистемы является основной причиной нарушения равновесия в биосфере, что, как следствие, приводит к снижению биологического разнообразия. Одной из основных причин этого является поступление в объекты ОС токсичных химических загрязнителей. Данный факт особенно актуален для территорий, подвергшихся существенному воздействию в ходе военных конфликтов (территории проведения активных боевых действий при проведении специальной военной операции). Как показали многочисленные примеры, экологические проблемы, под воздействием военных угроз претерпевает значительные изменения, адаптируясь под безусловный приоритет обеспечения самого факта устранения военной угрозы и/или нахождения в режиме чрезвычайного положения или военного положения [1].

Помимо непосредственного воздействия в зоне боевых действий, в результате которого, наносится существенный (зачастую критический) урон устойчивости экосистем. К основным последствиям воинских конфликтов можно отнести: нарушение почвенного покрова, проливы нефтепродуктов и

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

других химических соединений, возможное использование обедненного урана, загрязнение водных объектов и нарушение их гидрологического режима, накопление токсичных отходов, воздействие на флору и фауну.

Первоначальный этап действий по ликвидации последствий военных конфликтов является проведение комплексного экологического мониторинга. Контроль (экологический мониторинг) содержания токсичных соединений позволит определить зоны с повышенной экологической нагрузкой, установить запас экологической устойчивости территорий, оценить экологический риск и риск неблагоприятных последствий для здоровья населения, а также разработать мероприятия по экологической реабилитации территории. Для решения сформировавшейся в новых регионах России проблему экологического состояния территории необходим подход, основным инструментом которого является комплексный мониторинг ОС.

Данный подход позволяет определить приоритетные загрязняющие вещества, основные источники их поступления и пути миграции и трансформации в компонентах ОС, выявить зоны с напряженной экологической ситуацией, что необходимо для более рационального и эффективного распределения административных и финансовых ресурсов для локализации и предотвращения негативного воздействия. Безусловно острой проблемой является наличие высококвалифицированных кадров, способных решать поставленные задачи. Выходом из сложившейся ситуации может являться возможность привлечения экспертов и специалистов из ВУЗов России. Для координации деятельности групп экспертов наиболее оптимальным в данном случае может являться:

1) создание совместных экологических экспертных центров для оказания консультационных услуг, осуществления экологического мониторинга, проведения экологических экспертиз, разработки экологической и иной документации, оказание образовательных услуг;

2) создание совместных технологических центров для разработки, проектирования и изготовления технических средств защиты ОС (например, в случае выработки технических решений по реабилитации территорий возможно создания оборудования под конкретные цели и задачи (в зависимости от объекта реабилитации (почвы, грунты, поверхностные и подземные воды), а также от уровня их загрязнения).

Перечень ссылок

Шпаковский Ю. Г., Жаворонкова Н. Г. Экологическая безопасность устойчивого развития: стратегия и механизмы реализации //Актуальные проблемы российского права. – 2024. – Т. 19. – №. 7 (164). – С. 174-187.

УДАЛЕНИЕ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ ВОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО БАРЬЕРНОГО РАЗРЯДА

А.А. Извекова, Е.Ю. Квиткова, Е.С. Анцева, А.А. Гушин
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический
университет»

Аннотация. *Представлены результаты исследований процессов, протекающих при разложении фармацевтических препаратов (ФП) в диэлектрическом барьерном разряде (ДБР). Показано, что эффективность деструкции различных лекарственных соединений в ДБР может достигать 98 %. Оценены кинетические параметры протекающих окислительных процессов. Показана возможность использования ДБР в системах очистки сточных вод.*

Annotation. *The results of studies of the processes occurring during the decomposition of pharmaceutical preparations in a dielectric barrier discharge (DBR) are presented. It has been shown that the efficiency of the destruction of various medicinal compounds in DBD can reach 98%. The kinetic parameters of the ongoing oxidative processes are estimated. The possibility of using DBD in wastewater treatment systems is shown.*

Ключевые слова: *очистка воды, низкотемпературная плазма, фармацевтические препараты, диэлектрический барьерный разряд.*

Keywords: *water treatment, low-temperature plasma, pharmaceuticals, dielectric barrier discharge.*

Мировой рост потребления лекарственных средств привел к проблеме интенсивного загрязнения гидросферы, связанной с образованием высокотоксичных стоков. Поступление ФП в природные водные объекты связано с бытовыми сточными водами, стоками медицинских учреждений, сельскохозяйственных и промышленных производств [1].

Существующие традиционные методы очистки воды, используемые для очистки подобных стоков (прежде всего биологические методы), оказываются неэффективными из-за высокой устойчивости ФП к окислительным процессам [2]. Авторами работ показано, что даже в воде из источников питьевого водоснабжения, прошедшую систему водоподготовки, в следовых количествах присутствуют лекарственные средства, что свидетельствует о недостаточной эффективности существующих систем [3, 4]. Таким образом, задача разработки новых высокоэффективных технологических решений, позволяющих удалять подобное высокотоксичные поллютанты из воды, является актуальной.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Перспективным направлением в технологии водоочистки является использование низкотемпературной плазмы, в том числе с использованием ДБР. ДБР инициирует протекание окислительных процессов, которые позволяют разрушать сложные органические соединения с малыми затратами времени и энергии. Уже имеется опыт успешного применения ДБР для удаления из воды антибиотиков, гормональных препаратов и других классов ФП [4, 5].

Настоящая работа посвящена исследованию процессов разложения различных ФП, присутствующих в водных растворах под действием ДБР в среде кислорода. Основной акцент сделан на изучении кинетических параметров окислительной деструкции ФП и расчёте показателей энергоэффективности плазмохимического метода очистки воды.

В качестве объектов исследования были выбраны ибупрофен, парацетамол, левомицетин, диклофенак и нитрофура́л – фармацевтические соединения, широко распространенные в фармакологической практике и относящиеся к различным классам фармпрепаратов. Структурные формулы исследуемых соединений приведены на рис. 1.

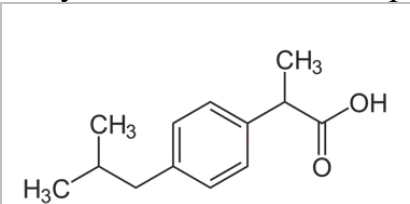
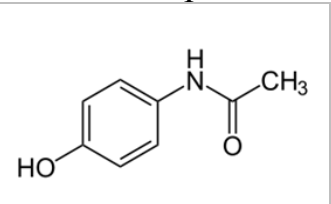
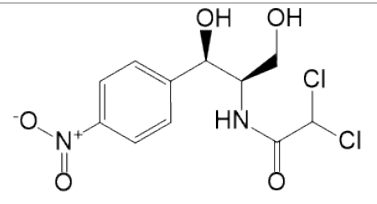
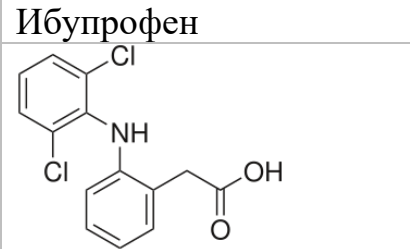
		
Ибупрофен	Парацетамол	Левомецетин
		
Диклофенак	Нитрофура́л	

Рисунок 1. Структурные формулы ФП.

Обработке в ДБР подвергались модельные растворы с диапазоном начальных концентраций ФП (C_n) 0,05-0,2 ммоль/л.

Результаты обработки в ДБР модельных растворов исследуемых соединений показали, что эффективность деструкции растет с увеличением времени контакта раствора с зоной разряда и изменяется от 72,2 до 98,9 % при максимальном времени контакта (рис. 2).

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

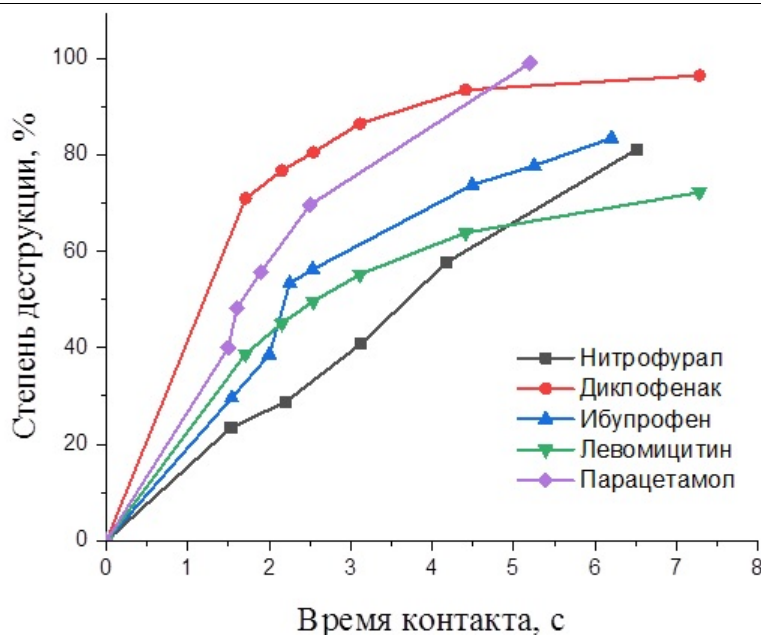


Рисунок 2. Эффективность деструкции фармацевтических средств ($C_n = 0,2$ ммоль/л) в зависимости от времени контакта раствора с зоной разряда

Кинетические кривые деструкции исследуемых соединений в ДБР были обработаны в соответствии с соотношением (1), которое справедливо для реактора идеального вытеснения:

$$C = C_0 \times \exp(-K \times \tau) \quad (1)$$

где C_0 - концентрация фенола на входе в реактор, ммоль/л, C - концентрация фенола на выходе из реактора, мг/л, K - эффективная константа скорости разложения, c^{-1} , τ - время контакта раствора с зоной плазмы, с.

Полученные данные удовлетворительно описываются уравнением псевдопервого порядка ($R^2 = 0,98$). Скорость и энергетические затраты разложения фенола были оценены для времени контакта раствора с зоной плазмы $\tau = K^{-1}$. Результаты расчетов представлены в табл. 1. Анализ полученных данных показывает, что эффективность деструкции ФП существенно зависит от их начальной концентрации в водном растворе. Анализ кинетических параметров (табл. 1) показал, что устойчивость исследуемых соединений снижается в ряду: левомецитин – ибупрофен = нитрофурап – диклофенак – парацетамол.

Экспериментально было показано, что деструкция всех исследуемых соединений идет с разрушением бензольного кольца молекулы ФП с образованием карбоновых (как промежуточных продуктов деструкции), а также оксидов углерода и воды.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Таблица 1 - Скорости, эффективные константы скорости и энергетическая эффективность при разложении фармацевтических соединений ($C_n = 0,1$ ммоль/л)

ФП	Константа скорости, s^{-1}	Скорость, $ммоль \cdot л^{-1} \cdot с^{-1}$	Энергетическая эффективность, молекул/100 эВ
Ибупрофен	$0,24 \pm 0,02$	0,00882	$4,1 \cdot 10^{-3}$
Парацетамол	$0,65 \pm 0,10$	0,02387	$19,4 \cdot 10^{-3}$
Нитрофурал	$0,24 \pm 0,06$	0,00882	$5,0 \cdot 10^{-3}$
Левомецитин	$0,22 \pm 0,03$	0,00810	$5,1 \cdot 10^{-3}$
Диклофенак	$0,32 \pm 0,02$	0,01177	$4,0 \cdot 10^{-3}$

Выводы. Исследованы процессы деструкции ряда ФП (ибупрофен, парацетамол, нитрофурал, левомецитин, диклофенак), растворенных в воде, под действием ДБР. Определены кинетические параметры процессов и показано, что в ряду исследованных соединений наиболее устойчивым к окислительным процессам является левомецитин. Показано, что эффективность удаления ФП из водных растворов составляет не менее 70 %. Установлено, что эффективность деструкции ФП зависит от их начальной концентрации и времени контакта раствора с зоной разряда.

Работа выполнялась в рамках государственного задания на выполнение НИР: тема № FZZW-2023-0010.

Перечень ссылок

1. Liu J., Zhang X., Shen Z. Pharmaceutical residues in surface water bodies: Sources, distribution, and potential risks to human health // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2020. – Vol. 194. – Art. no. 110385.
2. Zhou Y., Jiang J., Ma Y. Behavior and biotransformation of anti-inflammatory drugs in activated sludge: Experimental investigation and computational prediction // *Chemosphere*. – 2019. – Vol. 224. – P. 166–174.
3. Miede C., Lacaze L., Budzinski H. Fate of pharmaceuticals in conventional wastewater treatment plants: Comparison between primary sedimentation and biological filtration // *Water Research*. – 2015. – Vol. 72. – P. 164–173.
4. Извекова А. А. и др. Кинетика разложения ибупрофена в водном растворе под действием диэлектрического барьерного разряда в кислороде // *Химия высоких энергий*. – 2024. – Т. 58. – №. 2. – С. 153-158.
5. Гушин А. А. и др. Газовые разряды как инструмент очистки газовых и растворных сред и синтеза неорганических материалов // *Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология*. – 2023. – Т. 66. – №. 7. – С. 120-131.

УДК 669(075.32)

СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ПРОИЗВОДСТВА

Т.П. Кулишова

ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,
г. Донецк, ДНР

***Аннотация.** Рассмотрены основные способы получения редкоземельных металлов, физико-химические и химические способы их разделения и экологические аспекты производства.*

***Annotation.** The main methods of obtaining rare earth metals, physico-chemical and chemical methods of their separation, and environmental aspects of production are considered.*

***Ключевые слова:** редкоземельные металлы, металлотермия, экстракция.*

***Keywords:** rare earth metals, metallותרmy, extraction.*

Редкоземельные металлы (РЗМ) — это группа из 17 химических элементов, включающая скандий, иттрий и 15 лантаноидов. Название группы элементов связано не с дефицитом, а с тем, что они редко встречаются в чистом виде и в высокой концентрации в земной коре, что делает их добычу технологически сложной и дорогостоящей.

С точки зрения развития прорывных технологий, сегодня в мире нет более широко обсуждаемой темы, чем производство и потребление редкоземельных элементов. Ценовой бум на РЗЭ, организованный Китаем в 2010 году, затронул практически все сферы производства, где они находят применение. Ведущие страны мира обеспокоены состоянием своих отраслей экономики — от производства товаров народного потребления до выпуска высокотехнологичных изделий в энергетике, оптике, системах связи, медицине, военной технике и др.

Применение редкоземельных элементов в основных сферах производства выглядит следующим образом:

- в энергетике - добавки в урановое топливо, ветровая энергетика, катализаторы крекинга нефти — это лантан(La), церий(Ce), неодим(Nd), диспрозий(Dy), эрбий(Er);

- в космической промышленности — конструкционные материалы — иттрий(Y), церий(Ce), празеодим(Pr), лантан(La), неодим(Nd);

- лазеры и оптоэлектроника — церий(Ce), гадолиний(Gd), эрбий(Er), неодим(Nd), диспрозий(Dy), гольмий(Ho), тулий(Tm), лютеций(Lu), иттрий(Y);

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

- автопром – автокатализаторы, аккумуляторы, двигатели гибридных автомобилей

-лантан(La), церий(Ce), неодим(Nd), диспрозий(Dy), эрбий(Er);

- электроника – микрочипы, дисплеи – лантан(La), церий(Ce), празеодим(Pr), неодим(Nd), самарий(Sm), европий(Eu), гадолиний(Gd), тербий(Tb), гольмий(Ho), иттрий(Y) – находят применение практически вся линейка РЗЭ;

- оборонные отрасли промышленности – радары, системы наведения, навигационные системы, реактивные двигатели, облицовка кумулятивных зарядов, электроприводы управления оперением ракет – практически все РЗЭ и их соединения.

Прежде всего, следует отметить тот факт, что редкие земли по темпам потребления опережают другие металлы. Связано это с двумя главными причинами:

- во-первых, регулярно появляются новые сферы применения РЗМ. Например, существенно возросло использование РЗМ для производства оптоволокон и устройств памяти, а также изготовления аккумуляторов и топливных элементов. Компоненты на основе РЗМ могут стать ключевыми инструментами экологизации промышленности и потребительских товаров. Одно из самых перспективных направлений использования РЗМ - в расширяющемся производстве электроавтомобилей. Еще одна инновационная тема — использование редких земель в производстве солнечных батарей;

- во-вторых, содержащие РЗМ продукты, производятся во всё больших количествах.

Характерной чертой нынешнего положения производства и потребления РЗМ состоит в расширении круга компаний, которые занимаются производством РЗМ. После того как с 2002 года была приостановлена добыча РЗМ в Калифорния и других месторождениях в США, монополистом в отрасли добычи РЗМ стала КНР. Это повлекло за собой 20-кратный рост цен на элементы. При этом еще буквально 2 – 3 года назад производственная цепочка «добыча + обогащение РЗМ → первичная переработка с получением смеси РЗМ → сепарация с получением индивидуальных элементов + производство синтезированных соединений» — была монополизирована и около 95% производства в первых двух – трех звеньях (добыча – обогащение – во многом получение индивидуальных РЗЭ – а с 2000-х годов начала поставляться продукция с использованием РЗМ) сосредоточено в одном государстве — Китае. Там действуют более 200 редкоземельных предприятий. В том числе более 30 рудников, более 10 обогатительных фабрик [1].

Сегодня ситуация несколько изменилась. Начиная с 2011 года, когда КНР ввела квоты на РЗМ, что вызвало резкий скачок цен, США, Япония,

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Южная Корея, страны ЕС – все встали перед необходимостью создания стратегических запасов РЗМ и развития собственного производства.

В свое время, в 2002 году, США прекратили производство на этом месторождении из-за экологических проблем, а также из-за того, что китайские РЗЭ были дешевле.

Важнейшей характерной чертой современного этапа производства и потребления РЗЭ является смещение центра тяжести в сторону среднетяжелой группы РЗЭ с появлением избытка легкой группы. Сегодня в РЗЭ бизнесе выиграют те, кто, имея гарантированное снабжение сырьём тяжёлых, сумеет создать эффективную (экстракционную) схему их разделения. Анализируя источники РЗЭ и экологическую ситуацию в Китае, можно сделать вывод о том, что в Китае нет сегодня новых перспективных с экономической и экологической точки зрения источников тяжёлых РЗ (Тб, Ду, Y) даже для обеспечения собственных краткосрочных (и мировых текущих) потребностей. И это не потому, что их ионно-адсорбционные глины уже вышли из игры, а потому, что нынешние ужесточения в природоохранном и законодательном регулировании с закрытием нелегальной добычи примитивными способами и переключении с экспорта на внутреннее потребление сильно понизили уровень производства.

Если бы КНР не организовали систему рециклинга из отходов промышленности и вышедшей из употребления техники, они бы уже сейчас испытывали дефицит тяжёлых РЗ. Только легальный рецикл по диспрозию и тербию дает, соответственно, 500 и 200т/г. Это очень значительные цифры в масштабах мирового производства.

Характерной чертой современного развития редкоземельной промышленности является совершенствование технологий его производства. В этом процессе можно выделить два основных подхода.

Первый основан на улавливании РЗЭ из растворов не традиционными ионообменными смолами, а с помощью функциональных групп, привитых к трёхмерным полимерным сеткам в межчастичном пространстве.

Второй – физическое разделение концентратов. В феврале 2014 года было сообщение о том, что канадская горнодобывающая компания в партнерстве с немецкой FFE Service GmbH запатентовали и продолжают разрабатывать технологию физического разделения концентрата редкоземельных металлов, в качестве альтернативы китайскому методу экстракции растворителем.

Испытания подтвердили, что физическое разделение концентрата редкоземельных элементов (РЗЭ) на индивидуальные соединения позволяет резко сократить и оптимизировать затраты по сравнению с традиционными методами извлечения РЗЭ (дробное осаждение, ионный обмен, экстракция растворителем).

Также испытания подтвердили, что все три извлекаемых РЗЭ (европий,

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

иттербий и лантан) разделены с помощью электрофореза в свободном потоке (free flow electrophoresis, FFE) одновременно. В процессе очистки концентрата и физического разделения не применяются органические растворители, что ведет к сокращению эксплуатационных расходов и смягчает экологические риски.

Ниша применения РЗМ сложна, затратна, во многом связана с экологическими проблемами (известно, что РЗЭ всегда соседствует с ураном и торием, для них надо строить специальные хранилища).

Проблема отходов и загрязнений при добыче редкоземельных элементов остается актуальной во всем мире. При добыче и переработке образуются порядка 2 тысяч тонн отходов на каждую тонну добытых РЗМ, включая отходы обогащения руды («хвосты»), содержащие токсичные вещества и химические реагенты.

Одним из наиболее перспективных и широко используемых методов разделения РЗЭ является экстракция. Экстракция - это процесс селективного извлечения целевого компонента из водной фазы в органическую, за счет образования либо комплексного соединения, либо сольвата с органическим реагентом (экстрагентом). По сравнению с традиционными методами экстракция имеет ряд преимуществ:

- простота аппаратного оформления и возможность реализации непрерывного процесса;
- возможность создания замкнутого цикла за счет оборота экстрагента, что сокращает объем стоков;
- малая энергоемкость процесса.

В технологии РЗЭ применяют различные экстракционные системы и используют экстрагенты практически всех основных классов – нейтральные экстрагенты, катионообменные (органические кислоты) и анионообменные экстрагенты (органические основания) [1-2].

Среди нейтральных экстрагентов наиболее широко применяют нейтральные фосфорорганические соединения (НФОС). Для решения некоторых специфических задач, например, глубокой очистки иттрия, используют НСО (нефтяные сульфоксиды).

Полученные экстракты РЗЭ отправляются на реэкстракцию с получением чистых реэкстрактов. Далее эти растворы, содержащие только ионы РЗЭ, отправляются на экстракцию растворами олеиновой кислоты с целью получения индивидуальных экстрактов, из которых получают товарные оксиды РЗЭ. Рафинат, содержащий ионы алюминия и марганца, может быть направлен на утилизацию или переработан на соединения, которые могут быть направлены на соответствующие металлургические предприятия, что уменьшает количество отходов производства

Выводы: Проведенный анализ возможных способов извлечения РЗМ показал преимущества и недостатки различных способов получения этих видов металлов,

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

обсуждены экологические проблемы при каждом способе получения.

Перечень ссылок

1. Кулифеев, В. К. Металлургия редкоземельных и радиоактивных металлов: физико-химические основы и технология получения редких, редкоземельных и радиоактивных металлов : учебное пособие / В. К. Кулифеев, В. П. Тарасов, А. Н. Кропачев. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2013. — 75 с. — ISBN 978-5-87623-653-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/106944.html> (дата обращения: 07.05.2025). —Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Разработка универсальной технологии и оборудования для разделения редкоземельных концентратов в каскадах центробежных экстракторов. Освоение производства. / Ж.Н. Галиева, А.М. Абрамов, Ю.Б. Соболев [и др.]– Текст : непосредственный // Научно-технический журнал “ХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ СЕГОДНЯ,” – 2019. - № 3. - С. 54-60.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ АКТИВИРОВАННЫМ АНТРАЦИТОМ И НИТРАТОМ МОЧЕВИНЫ

Н.С. Лозинский, Я.А. Мороз, М.Ю. Зеленский, Е.Н. Лозинский
ФГБНУ «Институт физико-органической химии и углехимии
им. Л.М. Литвиненко», г. Донецк, ДНР

Аннотация. Методами термического анализа и ИК-Фурье-спектроскопии исследовано взаимодействие между активированным антрацитом и нитратом мочевины. Сделано предположение о химическом взаимодействии между этими веществами при их совместном нагревании.

Annotation. The interaction of activated anthracite and urea nitrate was studied using thermal analysis and FT-IR spectroscopy. It was suggested that these substances chemically interact when heated together.

Ключевые слова: антрацит, нитрат мочевины, термический анализ, ИК-Фурье-спектроскопия.

Keywords: anthracite, urea nitrate, thermal analysis, FT-IR spectroscopy

Для улучшения электрофизических, адгезионных и адсорбционных свойств, в функциональные углеродсодержащие материалы вводят атомы азота. В катализе такие материалы регулируют, с одной стороны, характеристики дисперсности и электронного состояния металлов нанесенных катализаторов, а также равномерно распределяют последние по своей поверхности, повышая активность и стабильность системы в целом, а, с другой стороны, проявляют индивидуальные свойства в реакциях, катализируемых основаниями [1]. В адсорбции они являются эффективными улавливателями CO_2 и разделителями смесей CO_2/CH_4 [2]. Последние разработки наиболее близки интересам авторов данной работы, поскольку посвящены использованию возможностей антрацита для получения функциональных материалов.

Поэтому цель работы – исследовать взаимодействие между активированным антрацитом и нитратом мочевины для подтверждения возможности введения азота в данный углеродсодержащий материал выбранным легирующим реагентом.

В работе использован антрацит фракции 0,63-1,0 мм ГП «Торезантрацит» шахты «Шахтерская-Глубокая» (г. Шахтерск, пласт h8, класс П, обозначен А) подвергнутый активации водяным паром при 900 °С в течение 3 часов на лабораторной установке [3]. Выбор конкретного образца обусловлен тем, что он продемонстрировал наиболее значимые адсорбционные характеристики, по сравнению, как с другими образцами,

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

так и полученными из **A** при других условиях и не уступал промышленным аналогам адсорбентов: БАУ-А, СКТ и АР-3 [3]. Нитрат мочевины (**НМ**) синтезирован по методике [4]. Образцы для исследования получены смешением **A** и **НМ** в отношении 1:1 по массе перетиранием в агатовой ступке в течение 10 мин с последующим прессованием под давлением 25 МПа без введения связующих в таблетки диаметром 7 мм, высотой 5 мм. Термообработку образцов, при температурах, указанных в табл. 1, осуществляли в лабораторной установке, но вместо водяного пара подавался газообразный азот [3]. Время выдержки при соответствующей максимальной температуре составляло 2 ч. В табл. 1 указаны массы образцов, как взятых для термообработки, так и полученные после ее.

Таблица 1 – Температура обработки, массы образцов до и после термического воздействия и цвет прокаленных образцов

Температура обработки, °C	Масса образца, г		Цвет образца после термообработки
	До термообработки	После термообработки	
350	0,6473	0,3300	Черный
500	0,7733	0,2510	Однородный светло-коричневый оттенок
600	0,5690	0,2305	Светло-коричневый
650	0,8963	0,3556	Статистические оранжевые вкрапления на светло-коричневой основе
700	0,7508	0,3324	Черный с легким светло-коричневым оттенком
750	0,6663	0,2910	Черный с легким светло-коричневым оттенком
800	0,6238	0,1750	Статистическая смесь черного и светло-коричневого

Параллельно термическое поведение образцов **A**, **НМ** и **A:НМ = 1:1** (масс.), в диапазоне температур от комнатной до 300°C со скоростью нагрева 5 °C/мин, исследовано дифференциально-термическим анализатором Термоскан-2 (ООО «Аналитприбор», Россия). ИК-спектры пропускания прокаленных образцов сняты на ИК-Фурье-спектрометре ФСМ 2201 (ООО «Инфраспек», Россия). Образцы готовили прессованием смеси бромида калия с соответствующим образцом в соотношении 100:1. Прессование осуществляли в слабом вакууме с усилием 777 МПа (пресс гидравлический ПГР-400). При регистрации ИК-спектра проводили обнуление прибора по бромиду калия (ос. ч.) с последующей регистрацией пропускания смеси бромида калия с исследуемым материалом. Спектр записывали 10 раз для усреднения полученных значений.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Визуально интенсивное выделение газообразных продуктов наблюдалось в диапазоне температур 250-303 °С. Как следует из данных приведенных в табл. 1 и на рис. 1 в области 600 °С образец **А–НМ** претерпевает качественные изменения, которые у образцов, прокаленных при более высоких температурах, нивелируются. Подтверждением такого характера изменения свойств являются ИК-спектры, показывающие как сильно он для образца, прокаленного при 600°С, отличается от спектров образцов, прокаленных при более низкой и более высокой температурах. При этом ИК-спектры последних двух образцов идентичны, что может свидетельствовать о тождественности их составов (рис. 2).

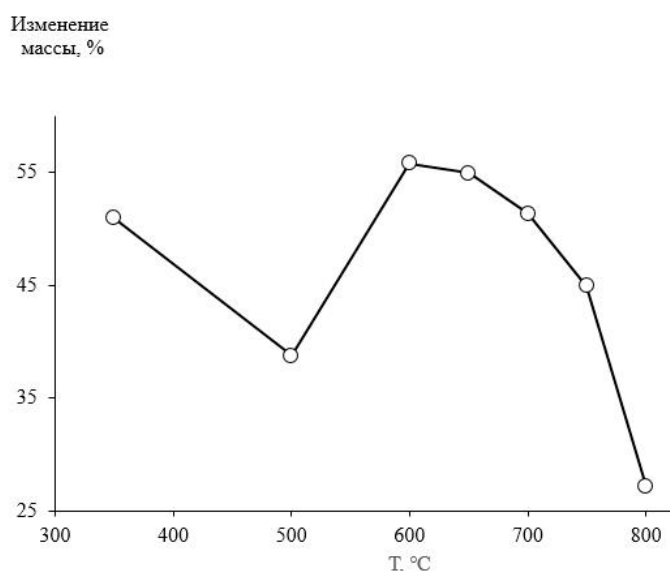


Рисунок – 1. Изменение массы образцов **А–НМ** от температуры термообработки

На кривых дифференциально термического анализа (ДТА) образца **А**, в выбранном диапазоне температур, присутствует слабый эндотермический эффект, по-видимому, регистрирующий удаление слабо связанной адсорбционной воды (рис. 3, табл. 2). На кривой ДТА образца **НМ** отмечено 3 эндо- и 2 экзотермических эффекта. Полученные данные хорошо согласуются с литературными, а кривая ДТА отражает массу взаимосвязанных превращений, которые претерпевает **НМ** и продукты ее разложения при термообработке [4]. Кривая 3 рис. 3 показывает смещение максимумов экзотермических эффектов, что, по-видимому, связано с протеканием химического взаимодействия между **А** и **НМ**. Таким образом взаимодействие между **А** и **НМ** начинается уже в низкотемпературной (до 300 °С) области.

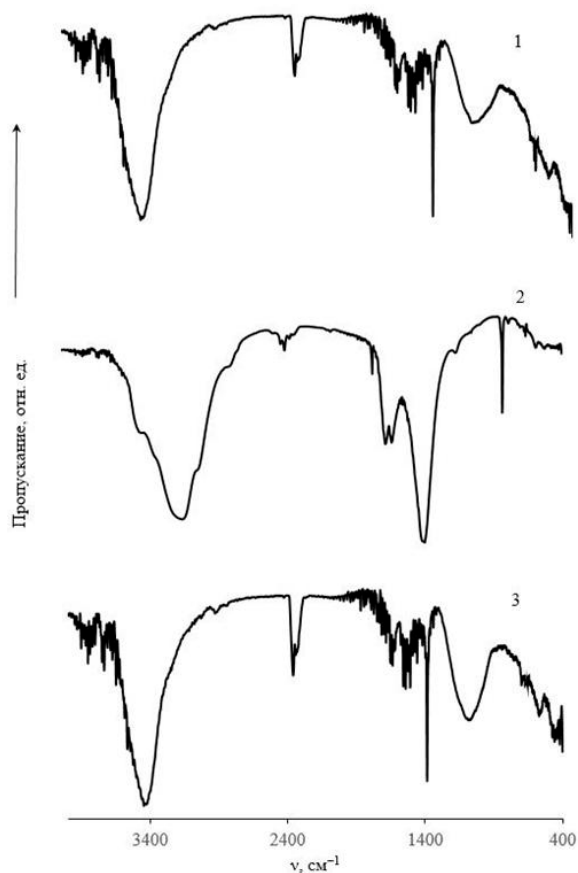


Рисунок – 2. ИК спектры образцов **А:НМ** = 1:1 (масс.), прокаленных при, °С: 350 (1), 600 (2) и 800 (3)

Таблица 2 – Температуры зарегистрированных термических эффектов образцов **А**, **НМ** и **А : НМ** = 1 : 1 (масс.)

Образец	Температура, °С	Эффект
Активированный уголь	84,8	Эндо
Нитрат мочевины	146,2	Эндо
	148,9	Экзо
	219,6	Эндо
	266,2	Эндо
	266,7	Экзо
Активированный уголь: нитрат мочевины = 1:1	65,5	Экзо
	130,4	Экзо
	205,9	Экзо

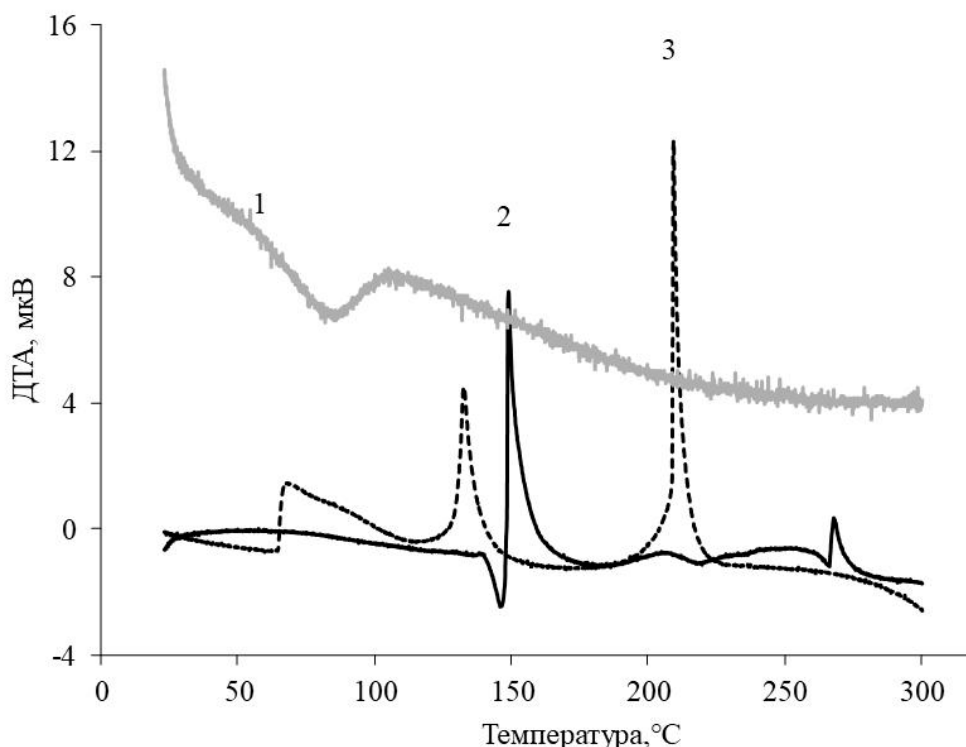


Рисунок – 3. Кривые дифференциального термического анализа А (1),
НМ (2) и образца А:НМ = 1:1 (масс.)

Выводы. Взаимодействие между активированным антрацитом и нитратом мочевины начинается в низкотемпературной (~ 200 °С) области. Качественное изменение состава образцы «антрацит–нитрат мочевины» претерпевают при температуре ~ 600 °С, что, вероятно, обусловлено химическим взаимодействием между А и НМ. Дальнейшее повышение температуры обработки приводит к нивелированию качественных изменений, перед этим произошедших в образцах.

Перечень ссылок

1. Нартова А.В., Ананьина А.А., Семиколенов С.В., Дмитрачков А.М., Квон Р.И., Бухтияров В.И. Модификация углеродного носителя катализаторов азотом путем обработки в NO// Кинетика и катализ. – 2023. – Т. 64, № 4. – С. 466–473. <https://doi.org/10.31857/S0453881123040093>, EDN: RRHOWM
2. Li Ya., Liu N., Zhang T., Wang B., Wang Ya., Wang L., Wei J. Highly microporous nitrogen-doped carbons from anthracite for effective CO₂ capture and CO₂/CH₄ separation// Energy. – 2020. – V. 211. – ID 118561. – 11 p. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118561>
3. Лозинский Н.С. Кравченко В.В., Лозинский Е.Н. Технологии получения легированных азотом углеродных наноматериалов и антрацита// Материалы 16-ой Международной конференции «Углерод: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, технология», г. Москва, 30 октября – 1 ноября 2024 г. – Москва: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2024. С. 174–175.
4. Balamugundan S., Vijayaraj C., Ravindran B., Mariappan M. Crystal growth and characterization of urea nitrate// Orient. J. Chem. – 2024. – V. 40, N. 1. – P. 90–94. <http://dx.doi.org/10.13005/ojc/400111>

К ВОПРОСУ ОБ ЭКОСИСТЕМНОМ ПОДХОДЕ ПРИ СОЗДАНИИ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ДОНЕТЧИНЕ

Г. А. Марченко

ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. В данной работе рассматривается экосистемный подход при создании заповедных территорий, подчеркивается важность интеграции экологического, научного и управленческого аспектов для создания эффективных и долгосрочных охраняемых территорий, отвечающих современным требованиям охраны природы.

Annotation. This paper considers the ecosystem approach in the creation of protected areas, emphasizes the importance of integrating ecological, scientific and managerial aspects for the creation of effective and long-term protected areas that meet modern requirements for nature protection.

Ключевые слова: экосистема, геоэкология, биоразнообразие, охраняемые территории, природные комплексы

Keywords: ecosystem, geoecology, biodiversity, protected areas, natural complex

Донецкий субрегион характеризуется разнообразными экосистемами, поддерживающими богатое биоразнообразие, однако многие виды находятся под угрозой из-за антропогенной деятельности.

Геоэкологическая характеристика Донецкой области охватывает разнообразные аспекты, включая географическое расположение, климат, природные ресурсы, экосистемы и экологические проблемы. Именно они определяют важность сохранения природных ресурсов и экосистем, а также необходимость решения экологических проблем для обеспечения развития региона. Сохранение природного наследия имеет критическое значение для здоровья населения и будущих поколений.

Экосистемный подход в заповедном деле акцентируется на взаимосвязях компонентов природных систем в поддержании биологического разнообразия и экосистемных услуг. Этот подход призван обеспечивать сохранность природных комплексов, обеспечивает разносторонний подход к охране природы, способствует пониманию взаимодействий в природе и стимулирует разработку эффективных стратегий для охраны экосистем и использования природных ресурсов.

При создании ООПТ в Донецком субрегионе основными критериями экосистемного подхода в заповедании приняты:

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

- сохранение целостности;
- зависимость компонентов;
- учет взаимосвязей;
- устойчивость и адаптация;
- управление ресурсами;
- интеграция знаний и опыта;
- участие местных сообществ;
- мониторинг и оценка.

Перманентный мониторинг состояния экологических систем и степень эффективности охраны дает возможность выявлять изменения, оценивать влияние факторов и корректировать систему управления.

Основные элементы ландшафтного разнообразия Донецкой области:

1. Степи
2. Лесные массивы
3. Водные экосистемы
4. Болота и заболоченные участки
5. Скальные и холмистые ландшафты

При создании ООПТ на Донетчине в период с 1995 по 2010 годы, специалистам удалось создать наиболее репрезентативную экологическую сеть, охватив все имеющиеся в субрегионе экосистемы.

Заповедник «Степь Донецкая»

Отделение "Хомутовская степь" является одной из важных охраняемых природных территорий, обладающей разнообразными экосистемами. Основные характеристики и экосистемы заповедника включают:

- Степные: «Хомутовская степь» известна своими обширными первозданными ландшафтами разнотравно-типчаково-ковыльных степей с характерной флорой и фауной.
- Водные: В заповеднике есть небольшие водоемы и речки, которые поддерживают биоразнообразие и служат местом обитания для водоплавающих птиц и других гидробионтов. Эти экосистемы часто являются важными участками для миграции птиц.

"Хомутовская степь" представляет собой важный уголок природы, где можно наблюдать богатое биоразнообразие и уникальные экосистемные взаимодействия, что делает его ценным для научных исследований и охраны природы.

Отделение "Каменные могилы" представляет собой уникальную природную и культурную территорию, известную своими разнообразными экосистемами и геологическими образованиями.

Основные экосистемы, которые можно встретить в заповеднике:

- Скальные и холмистые образования: одной из самых уникальных особенностей заповедника являются геологические структуры. Эти образования создают специфические микроклиматические условия и

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

поддерживают уникальные виды растений и животных, адаптированных к таким условиям.

- Степные: "Каменные могилы" представлены степью, поддерживающей экосистемные услуги: углеродные запасы и сохранение почвенного плодородия.

- Водные: В заповеднике также имеются небольшие водоемы и ручьи, поддерживающие разнообразные водные экосистемы, как места обитания амфибий, ихтиофауны и околоводных птиц.

Национальный парк "Меотида" - уникальная экосистема, в которой сочетаются различные природные ландшафты и биомы. Основные экологические системы национального парка "Меотида":

- Водные (аквальные): занимают 50% площади парка, включая часть акватории Таганрогского залива Азовского моря, эстуарии, устья рек; играют ключевую роль в поддержании биоразнообразия и защиты природных ресурсов.

- Болотные: плавневые морфоструктуры и морфоскульптуры; болотистые участки в окрестностях водоемов, служат важными местами обитания для многих видов и поддерживают разнообразие флоры и фауны, включая редкие виды.

- Степные: занимают степные участки преимущественно с типчаково-ковыльными ассоциациями растений. Эти экосистемы являются местообитанием различных млекопитающих, а также видов птиц, гнездящихся в соответствующих стациях.

- Скальные и холмистые: включают водоразделы, балки, овраги, холмы, оползневые, абразионные и скальные образования " [1].

Национальный природный парк "Святые Горы" является уникальной экосистемой, охватывающей разнообразные природные комплексы, что создающие уникальный микроклимат.

Ключевые экосистемы, "Святых Гор":

- Лесные: парк охватывает значительные площади с преобладанием лиственных и смешанных лесов; обеспечивают среду обитания фауны.

- Степные: на территории парка присутствуют участки петрофитной степи на меловых обнажениях.

- Водные: парк славится своими водоемами, включая реки, ручьи и пруды; поддерживает экосистемный баланс.

- Скальные и горные: «Святые Горы» известны своими живописными скальными образованиями и обрывами. Эти участки поддерживают уникальные экосистемы с характерной биотой, включая виды растений, которые адаптировались к условиям каменистых и скалистых мест обитания.

Региональный ландшафтный парк "Донецкий кряж" представляет собой систему, где разнообразные природные ландшафты сосуществуют и

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

образуют гармоничную среду обитания для множества видов флоры и фауны. Основные экологические системы РЛП "Донецкий кряж":

- Лесные: леса занимают значительную часть и состоят из лиственных и смешанных лесов байрачного типа; поддерживают экосистемный баланс и очищении воздуха.

- Степные: петрофитная степь "Донецкого кряжа" - это уникальный тип экосистемы, характеризующийся наличием специфических условий для роста растений, адаптированных к каменистым или скалистым почвам; включает редкие и эндемичные виды, которые не встречаются в других местах, что делает их важными для сохранения биоразнообразия; играет важную роль в поддержании экологического баланса, предотвращая эрозию почвы, обеспечивая водный баланс и цикл питательных веществ; петрофитная степь служит естественным фильтром, очищая воду и улучшая качество среды обитания.

- Водные: реки, ручьи и пруды, которые поддерживают разнообразие водной флоры и фауны. Высокая надводная растительность вдоль берегов служит укрытием для многих животных.

- Болотные: болота и заболоченные участки играют важную роль в экосистеме, обеспечивая среду обитания для редких видов; здесь можно встретить различные виды амфибий, насекомых и редких растений.

- Скальные и холмистые: холмы и скалы в "Донецком кряже" поддерживают уникальные виды биоразнообразия; эти экосистемы являются важными для сохранения редких и эндемичных видов растений и животных.

Региональный ландшафтный парк "Клебан-Бык" представляет собой природный комплекс, выполняющий важнейшие функции в поддержании биоразнообразия и защиты природных ресурсов. Основные экосистемы РЛП "Клебан-Бык":

- Водные: парк известен своими водоемами, в частности, Клебан-Быкским водохранилищем, которые являются местообитанием множества видов рыб, а также привлекают водоплавающих птиц.

- Болотные: в окрестностях водоемов расположены болотистые участки, поддерживающие экосистемный баланс.

Таким образом, сохранение экосистем имеет критическое значение для здоровья планеты и благополучия человечества. Вот несколько ключевых аспектов, подчеркивающих их важность:

- Биоразнообразие: сохранение экосистем обеспечивает поддержку биоразнообразия и способность адаптироваться к изменениям окружающей среды

- Экосистемные услуги: экосистемы предоставляют множество услуг, которые жизненно важны для человека, включая очистку воды, опыление, регуляцию климата.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

- Научные исследования и образование: экосистемы предоставляют уникальные возможности для научных исследований и образования, позволяя изучать взаимодействия между видами и их окружением. Это знание может быть использовано для разработки устойчивых практик управления природными ресурсами.

Перечень ссылок

1. Марченко Г. А. Ландшафтное разнообразие и ландшафообразующие элементы территории регионального ландшафтного парка «Меотида»//Монография «Ландшафты, растительный покров и животный мир регионального ландшафтного парка «Меотида» /Молодан Г. Н. и др.- г. Донецк: Ноулидж, 2010. С. 6 – 14.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФУЛЬВАТОВ И ГУМАТОВ АММОНИЯ ИЗ
ТОРФА И ЗЕМЛИСТОГО БУРОГО УГЛЯ, ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА И
ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Г.А. Пузик

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный медицинский университет
им. М. Горького» Минздрава РФ,
г. Донецк, ДНР

***Аннотация.** Разработаны способы извлечения фульватов аммония и гуматов аммония из торфов и землястых бурых углей, рассмотрены их физико-химические свойства и область применения. Изучены биоактивные свойства фульватов и гуматов аммония как стимуляторов-адаптогенов.*

***Annotation.** The ways of extracting ammonium fulvates and ammonium humates from peats and earthy lignite have been developed. The physico-chemical properties and application areas have been analyzed. The bioactive properties of ammonium fulvates and ammonium humates as stimulant-adaptogens have been studied.*

***Ключевые слова:** фульват аммония, гумат аммония, торф, бурый уголь.*

***Keywords:** ammonium fulvate, ammonium humate, peat, lignite.*

Введение. Природные гуминовые вещества (ГВ) имеют большое значение в связи с их использованием в сельском хозяйстве на различных культурах, начиная от зерновых, овощных, винограде и до лекарственных растений, бобовых. В лесном строительстве ГВ играют большую роль в плане экологии.

Гуминовые вещества имеют огромное значение в биосфере Земли. При этом, в ГВ близкие физико-химические свойства обеспечиваются в первую очередь общим для всех ГВ исходным материалом – растительными остатками, прошедшими биохимическую трансформацию. Различия ГВ обусловлены видовым составом растений и микроорганизмов, а также условиями гумификации и последующего метаморфизма [1, 4].

Гуминовые вещества любого происхождения представляют собой комплекс стимулирующих их компонентов. В ГВ идентифицировано порядка 240 тысяч соединений различной природы, которые представляют все классы органических соединений. Кроме того, в составе минеральной части ГВ обнаружено более 20 макро- и микроэлементов (например, в углях идентифицировано более 70 химических элементов таблицы Менделеева). Все вышеперечисленные органические вещества и неорганические

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

элементы, являющиеся жизненно важными для растений, в той или иной мере проявляют биологическую активность, что представляет собой стимулирующий комплекс гуминовых веществ [2, 3].

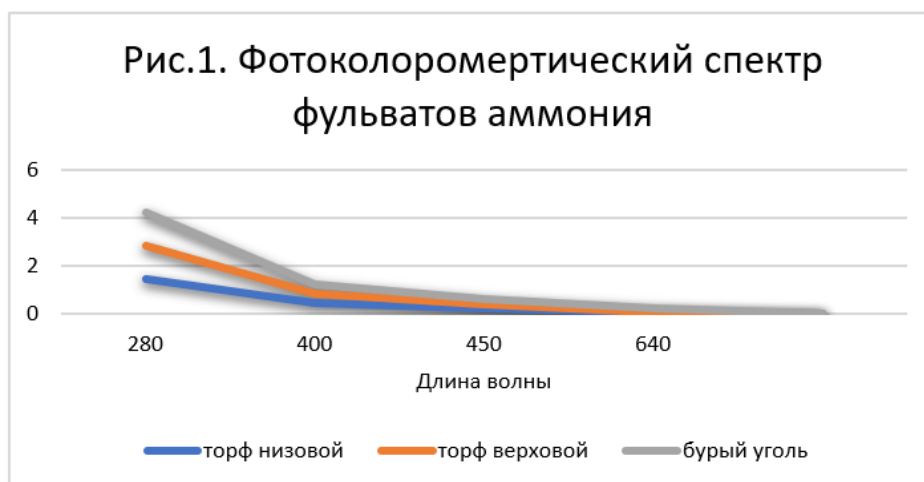
Цель и задачи исследования. Основной целью является разработка способов извлечения фульватов и гуматов аммония и определение их физико-химических характеристик и области применения.

Задачи исследования: разработать способы извлечение фульватов аммония и гуматов аммония из торфов и землистых бурых углей; выявить их физико-химические свойства и область применения; изучить биоактивные свойства фульватов и гуматов аммония в качестве стимуляторов-адаптогенов.

Результаты исследования. Для получения гуматов аммония и фульватов аммония были применены определенные технологии. Так, буроугольные гуматы аммония были получены методом механо-активационной экстракции аммиачной водой из землистого бурого угля с помощью оборудования с интенсификацией физико-химических процессов. Таким образом была создана безотходная вибротехнология для извлечения биоактивных гуминовых стимуляторов-адаптогенов растений.

Из гуматов торфов и бурых углей были выделены фульвокислоты. Гуматы обрабатывали серной кислотой до $\text{pH} = 2$. После выделения гуминовых кислот проводили центрифугирование с целью отделения гуминовых кислот от растворимых в серной кислоте фульвокислот. Растворы кислот пропускали через колонку с анионообменной смолой АН-17 в ОН-форме, на которой происходила их адсорбция. Затем колонку промывали дистиллированной водой от сульфат-ионов. Чистые фульвокислоты вымывали из колонки аммиачной водой. Гравиметрическим методом определяли концентрацию фульватов аммония. Готовили растворы фульватов аммония с концентрацией 1 г/л и на ФЭКе снимали спектр (в диапазоне λ 315 нм до 670 нм, длина кюветы – 5 см).

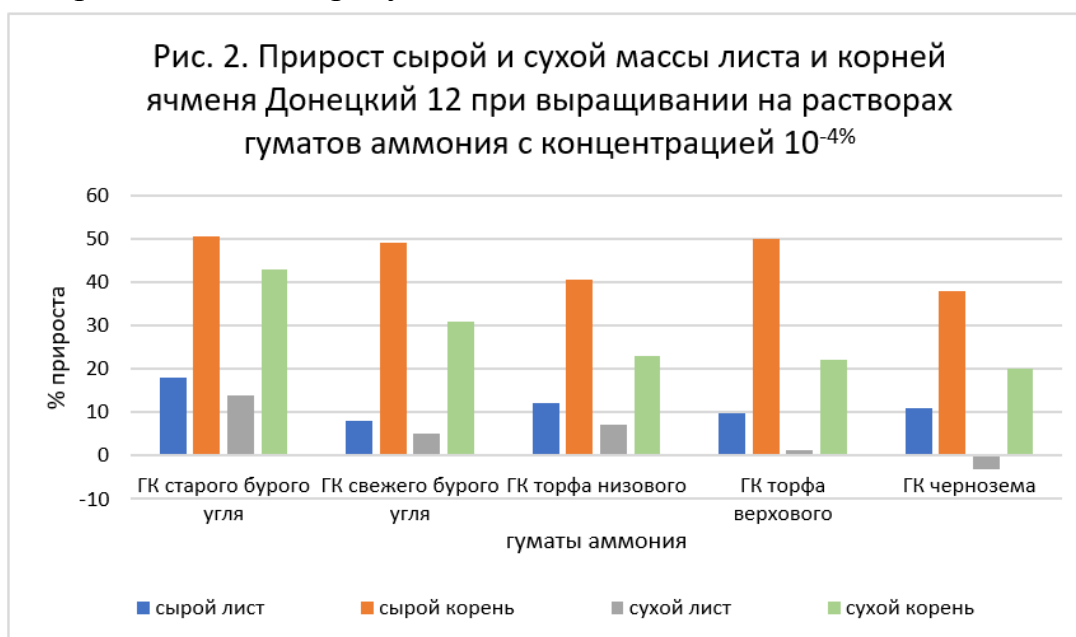
На рисунке 1 представлены спектры фульватов аммония торфов и бурого угля. Как видно из рисунка 1 спектры фульватов аммония торфов и бурого угля во многом идентичны.



При этом фульваты низинного торфа ближе к фульватам низинного торфа ближе к фульватам бурого угля, что особенно видно в области максимальной чувствительности (315 – 364 нм). Это вполне закономерно, так как в ряду метаморфизма торфов низинный торф более старый.

Тем не менее, явно видно, что в фульватах аммония низинного торфа присутствуют какие-то компоненты, повышающие его оптическую плотность в области высокой чувствительности (340 нм).

Наряду с этим было проведено сравнение биологической активности гуматов аммония, выделенных из различного сырья. На зерновых культурах – пшеницы и ячменя – определяли влияние гуматов на изменение сырой и сухой биомассы при выращивании на водных растворах. Результаты по биоактивности 10^{-4} – 10^{-5} %-ных растворов гуматов аммония на пшенице и ячмене представлены на рисунках 2 – 4.

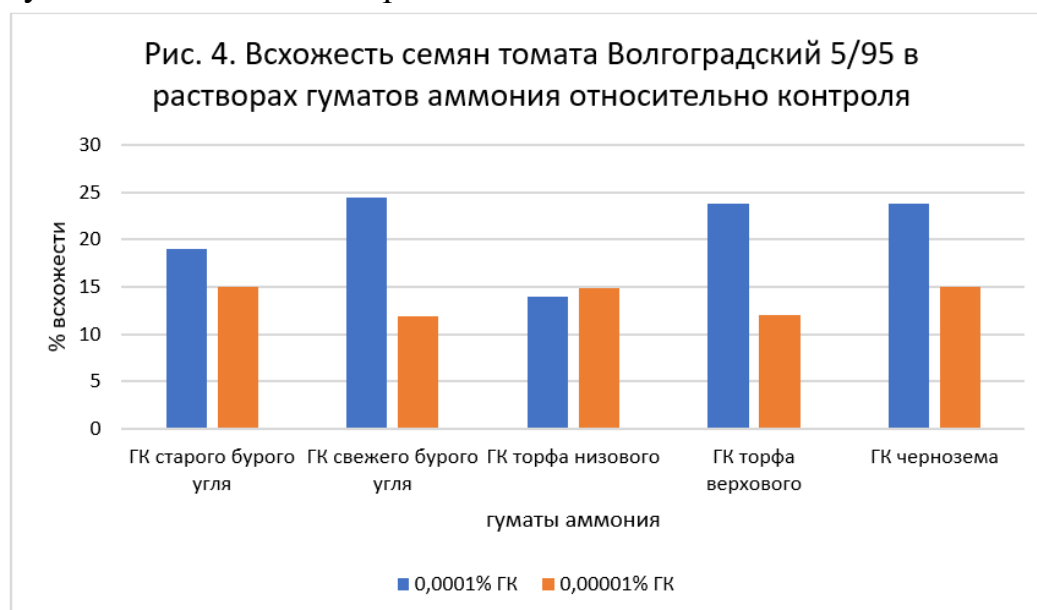


Перспективные направления развития экологии и химической технологии



Из рисунков 2 и 3 видно, что все гуматы заметно сильнее влияют на рост и развитие корневой системы, но наибольшее влияние на корневую систему оказывают более зрелые гуматы (бурого угля и торфа). Следует отметить то, что на ячмене практически все гуматы проявляют положительную биоактивность при исследованных равных концентрациях. Это свидетельствует о большей чувствительности к гуматам ячменя Донецкий 12 по сравнению с пшеницей Селянка.

Из рисунка 4 видно, что все гуматы при обеих концентрациях повышают общую всхожесть семян томатов. Однако наблюдается преимущество $10^{-4}\%$ концентрации.



Выводы. На основании проведённых исследований можно сделать следующие выводы: спектральные характеристики гуматов аммония близки между собой, а различия в оптической плотности разбавленных растворов коррелируют с различиями концентратов; все гуматы аммония, выделенные в одинаковых условиях из различного

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

сырья, при концентрациях 10^{-4} и 10^{-5} % проявляют биологическую активность; гуматы аммония имеют свой диапазон стимулирующих концентраций, но при этом существует область концентраций, в которой их биоактивности близки. Все эти факты свидетельствуют в пользу единой природы гуминовых веществ из различного сырья, а также в пользу гипотезы о примерно равной биоактивности гуматов из различных источников в широком диапазоне концентраций. В связи с тем, что с ростом ГК наблюдается рост биоактивности, и тем, что нами прослежена биоактивность бурогоугольных гуматов вплоть до концентрации 10^{-12} %, можно предположить, что область биоактивных концентраций ГК расширяется с их зрелостью.

Определена экономическая целесообразность применения гуматов аммония за счет экономии средств на пестициды и удобрения, а именно: уменьшение дозы протравителей на 8 – 10 %; уменьшение дозы гербицидов на 12 – 45 % (в зависимости от засоренности полей); уменьшение дозы карбамида (мочевины) на 35 – 55 %; уменьшение дозы минеральных удобрений на 35 % на поливных землях и при внекорневой обработке; за счет снижения гектарных норм высева ячменя и пшеницы на 15 – 35 %; за счет повышения урожайности на 10 – 35 % (в зависимости от культуры, сорта, гибрида и качества).

Перечень ссылок

1. Гуминовые вещества в биосфере: Труды 4-й Всероссийской конференции, Москва, 19 – 21 декабря 2007 г. – СПб: Издательство СПбГУ, 2007. – 668 с.
2. Пузик Г.А. Свойства и функции компонентов стимулирующего комплекса гуминовых веществ. // Донбасс будущего глазами молодых ученых: сб. материалов науч.-техн. конф. для студ., асп. и мол. уч. / Ред. кол.: Руденко М. П. (пред.); Захарова В. В., Валицкая С. В. [и др.]; отв. ред. М. П. Руденко. – Донецк: ДонНТУ, 2024. С. 254 – 258.
3. Пузик Г.А., Зубкова Ю.Н. Комплексные гуматмикроэлементные препараты и их применение. //Химические проблемы современности 2024: сборник материалов VIII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Донецк, 14–16 мая 2024 года / С.Г.Бахтин: отв.ред.; ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет». – Донецк: ДонГУ, 2024. – 411 с. – EDN GXKZTC. – URL: elibrary.ru/gxkztc (дата обращения: 14.08.2024). – Режим доступа: НЭБ eLibrary.ru, авторизованный. – Текст: электронный.
<https://elibrary.ru/item.asp?id=68571118&pff=1>
4. Цавкелова Е.А. Микроорганизмы – продуценты стимуляторов роста растений и их практическое применение / Цавкелова Е.А., Климова С.Ю., Чердынцева Т.А., Нетрусов Л.И. // Прикладная биохимия и микробиология, издательство ФГБУ "Издательство "Наука" (Москва). – 2006. Том 42, № 2, с. 133-143 DOI: 10.1134/S0003683806020013

**ОБЪЕКТИВНАЯ НЕОБХОДИМОСТЬ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПЕРСПЕКТИВНОМ
РАЗВИТИИ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДНР**

Е.Н. Свечкаренко¹, И.И. Гомаль²

1 – ГБУ «Донгипрошахт»

2 – ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. Произведен анализ негативного экологического воздействия золоотвалов на окружающую среду. Предложена технологическая схема извлечения полезных компонентов из техногенных отходов предприятий топливно-энергетического комплекса, повышающая экологическую безопасность.

Annotation. An analysis of the negative ecological impact of ash dumps on the environment has been carried out. A technological scheme for extracting useful components from technogenic waste of fuel and energy complex enterprises has been proposed, increasing environmental safety.

Ключевые слова: экология, золоотвалы, зола уноса, микросфера, магнетит.

Keywords: ecology, ash dumps, fly ash, microsphere, magnetite.

В промышленном секторе Донецкой Народной Республике (ДНР) преобладают энергоемкие производства. Для дальнейшего развития региона потребуется дополнительно большое количество электроэнергии. В настоящее время на территории ДНР функционируют «Старобешевская» и «Зуевская» теплоэлектростанции (ТЭС), планируется восстановление еще пяти, находящихся на временно оккупированной территории или в вынужденном простое в результате боевых действий.

Согласно закона [1], ТЭС относятся к 1 категории (объекты самых опасных видов хозяйственной деятельности), оказывающие наиболее существенное негативное влияние на окружающую среду и к ним предъявляются самые строгие требования по экологической безопасности.

ТЭС оказывают негативное влияние на все компоненты экосистемы – почву, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, растительный и животный мир.

На ТЭС накоплено 146 млн. т золошлаковых отходов, которые занимают 1,5 тыс. га территории и ежегодно их объем увеличивается на 4 млн. т [2]. Изъятие земельных площадей под строительство новых золоотвалов

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

сопряжено с существенными трудностями и ухудшит экологическую безопасность. Например, для дальнейшего обеспечения жизнедеятельности Старобешевской ТЭС необходимо наращивание высоты единственного действующего золоотвала №3 до отметки 114 м.

Для дальнейшего развития топливно-энергетического комплекса, при восстановлении и реконструкции ТЭС необходимо уже на стадии разработки проектных решений закладывать технологические решения по предотвращению образования новых золоотвалов, а также ликвидацию ранее накопленного экологического ущерба (нефункционирующие старые золошлакоотвалы).

Согласно стратегии [3] для обеспечения экологического равновесия особое внимание должно уделяться разработке технологии извлечения полезных компонентов из техногенных отходов предприятий топливно-энергетического комплекса, позволяющей получить минеральное сырье взамен природного и значительно увеличить срок эксплуатации золоотвалов, снизив при этом их негативное влияние на экосистему.

В настоящее время не более 5 % от общего количества золошлаковых отходов, образующихся на теплоэлектростанциях, находят промышленное применение. Но как показывает мировой и отечественный опыт [4], золошлаковые отходы являются ценным минеральным сырьем для замены природного минерального сырья в строительной промышленности, при производстве цемента и бетонов, производстве изоляционных материалов, в дорожном строительстве.

Наиболее ценным компонентом золошлаковых отходов является зола уноса, представляющая промышленный интерес для выделения микросферы, магнетита и зольных примесей.

Выделение микросферы на действующих тепловых электростанциях, в основном, производится с водной поверхности золошлаковых отвалов малоэффективным немеханизированным способом и носит сезонный характер.

ГБУ «ДОНГИПРОШАХТ» разработал технологическую схему выделения микросферы и сопутствующих компонентов из золы уноса ТЭС, обеспечивающую круглогодичное комплексное использование минерального сырья и создание единого замкнутого комплекса «Шахта – ТЭС» от добычи угля до производства электроэнергии. Она обеспечивает получение ценных компонентов, внедрение ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий, снижающих отрицательное воздействие ТЭС на окружающую среду.

С учетом дефицита воды в Донбассе технология разработана с минимальным ее использованием. Она предполагает безостановочную работу электростанций, позволяет внедрить ее в производство без изменения существующей схемы улавливания золы уноса, схем

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

гидротранспорта золошлаковых отходов и обеспечит:

- комплексное использование угольного топлива;
- производство промышленно значимых продуктов, содержащихся в золе уноса;
- существенное снижение потребления воды для гидротранспортирования и складирования золы и шлака в золоотвале;
- увеличение срока службы действующих золоотвалов и сокращение отвода земель для новых золоотвалов;
- снижение негативного воздействия ТЭС на окружающую среду и уменьшение штрафных санкций за выбросы вредных компонентов.

Значительную роль в формировании минералогического состава золы играет состав используемого топлива. Содержание химических соединений в золе уноса действующих ТЭС ДНР при использовании углей Донбасса представлено в таблице.

Таблица - Содержание химических соединений в золе уноса ТЭС ДНР, (%)

Химические соединения	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	K ₂ O	MgO	SO ₃	Na ₂ O	П.п.п.*	TiO ₂	P ₂ O ₅
Зуевская ТЭС	55,06	21,15	12,56	3,07	2,28	1,99	1,82	1,2	1,00	1,00	0,94	0,41
Старобешевская ТЭС	51,42	19,6	12,97	-	2,67	3,00	1,92	0,35	1,18	23,6	0,7	0,45

П.п.п.* – потери при прокаливании

Марочный состав используемого угля на ТЭС оказывает влияние на выход микросферы в золе уноса. Установлено, что при сжигании высокометаморфизированных марок углей (Т, А) отмечается больший выход микросферы в сравнении с углями газовой группы.

Наиболее благоприятное для образования микросферы соотношение оксида кремния и алюминия должно находиться в пределах 2,0 – 2,5 [5].

Анализ качественной характеристики золы уноса Зуевской и «Старобешевской» ТЭС показал, что соотношение оксидов SiO₂ и Al₂O₃ составляет 2,6, это является главным и достаточным фактором, обеспечивающим образование микросферы и целесообразность ее извлечения; содержание магнетита в золе уноса, обеспечивает целесообразность его извлечения.

Выделение алюмосиликатных полых микросфер из зольных отходов основано на их низкой плотности по сравнению с другими компонентами

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Выводы. Развитие топливно-энергетического комплекса ДНР невозможно без обеспечения экологической безопасности. При восстановлении и реконструкции ТЭС необходимо уже на стадии разработки проектов закладывать технологические решения по предотвращению образования новых золоотвалов, а также ликвидацию старых. Технологическая схема разработана с учетом свойств используемых углей, применяемых технологии и механизации на ТЭС ДНР и предусматривает применение отечественного оборудования. Расчеты показали целесообразность и экономическую эффективность применения предложенной технологической схемы.

Перечень ссылок

1. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 25.12.2023) "Об охране окружающей среды" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2024).
2. Масленко, Ю. В. Эколого-экономический анализ использования твердых отходов теплоэнергетики / Ю. В. Масленко, Е. Ю. Горбачева // Материалы VI Международной научно-практической конференции «Современные проблемы управления производством» – Донецк: ДонНТУ, 2011. С. 453-459.
3. Распоряжение Правительства РФ от 25.01.2018 № 84-р (ред. от 13.10.2022) «Об утверждении «Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года».
4. Вовлечение техногенных отходов в переработку – парадигма ресурсного обеспечения устойчивого развития / П. А. Каунг, А. А. Семикин, А. М. Хайрутдинов, А. А. Дехтяренко // Устойчивое развитие горных территорий. 2023. Т. 15, № 2. С. 385-397. DOI: <https://doi.org/10.21177/1998-3.4502-2023-15-2-385-397>.
5. Тасоол, Л. Х. Алумосиликатные микросферы зольных уносов теплоэлектростанции г. Кызыла / Л. Х. Тасоол, Н. Н. Янчат, Ж. Э. Чоксум // Вестник Тувинского государственного университета. №3 Технические и физико-математические науки. 2012. № 3(14). С. 33-37.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА
ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ
РЕСПУБЛИКИ

О.В. Ткаченко

ГБУ «Институт экономических исследований»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. В работе проведен анализ состояния окружающей природной среды Донецкой Народной Республики. Выявлено, что одной из наиболее острых экологических проблем, требующей незамедлительного решения, является устаревшая система обращения с отходами. Предложены перспективные направления природоохранных мероприятий.

Abstract. The paper analyzes the state of the natural environment in the Donetsk People's Republic. It has been identified that one of the most pressing environmental issues which requires immediate action is the outdated waste management system. Prospective directions for environmental protection measures have been suggested.

Ключевые слова: атмосферный воздух, отходы, загрязнение, мониторинг, лесной фонд.

Keywords: natural air, waste, pollution, monitoring, forest fund.

Экологическая обстановка в Донецкой Народной Республике (ДНР) остается напряженной и характеризуется наличием серьезных проблем, среди которых устаревшая система обращения с отходами, загрязнение поверхностных вод, заминирование территорий лесного фонда, снижение биоразнообразия и др.

Оценивая состояние атмосферного воздуха, следует отметить, что основными источниками загрязнения являются пыль и диоксид азота. Мониторинг состояния атмосферного воздуха в ДНР осуществляется на 13 постах Росгидромета, которые расположены в Горловке, Донецке, Енакиево и Макеевке. На основе данных [1,2] построена динамика изменения концентраций диоксида азота и пыли в атмосферном воздухе г. Макеевка и г. Енакиево за 2024 г. (рис.1-2).

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

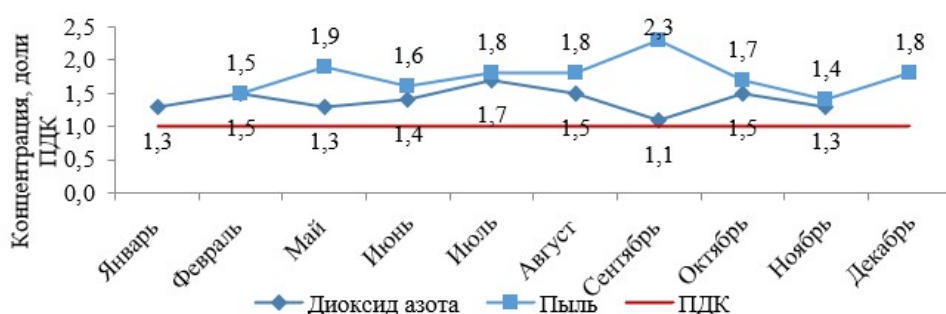


Рисунок 1. Динамика изменения среднемесячных концентраций диоксида азота (NO_2) и пыли в г. Макеевка за 2024 г.

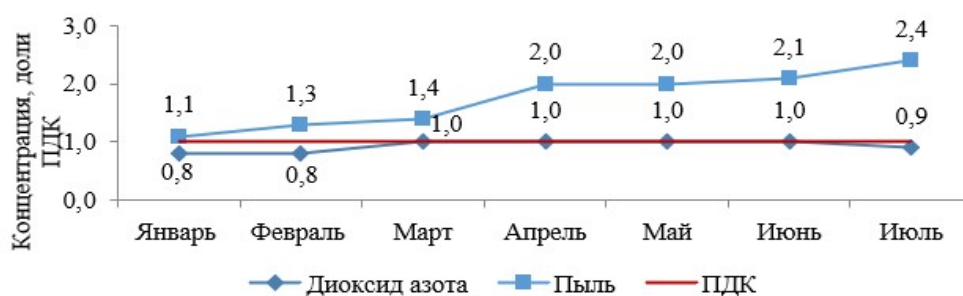


Рисунок 2. Динамика изменения среднемесячных концентраций диоксида азота (NO_2) и пыли в г. Енакиево за 2024 г.

Среднемесячные концентрации диоксида азота в течение 2024 г. по г. Енакиево не превышали предельно допустимую концентрацию среднесуточную ($\text{ПДК}_{\text{с.с.}}$), в то время как в Макеевке отмечалось превышение среднемесячных концентраций значений $\text{ПДК}_{\text{с.с.}}$ на протяжении всего года. Максимальное превышение содержания диоксида азота в атмосферном воздухе зафиксировано в июле и составило 1,7 $\text{ПДК}_{\text{с.с.}}$, что обусловлено метеорологическими условиями в весенне-летний период, а также интенсивностью движения автотранспортных средств.

Оценивая среднемесячную динамику изменения концентраций пыли следует отметить, что наибольшее превышение $\text{ПДК}_{\text{с.с.}}$ наблюдается в весенне-летние месяцы. Уровень загрязнения атмосферного воздуха пылью в Енакиево за период с мая по июль был выше, чем за аналогичный период в Макеевке, что может быть связано с различными факторами, такими как интенсивность промышленной деятельности, погодные условия и транспортные потоки.

Водохозяйственная отрасль ДНР характеризуется стабильно тяжелым состоянием, обусловленным сложившейся практикой водопользования предшествующих лет: водные объекты эксплуатировались как источники водоснабжения и одновременно являлись приемниками сточных вод,

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

зачастую неочищенных. Это вызвало деградацию русел рек, зарастание древесной и камышовой растительностью, что привело к заболачиванию территорий, нарушению водотоков и снижению самоочищающей способности рек. Гидротехнические сооружения ДНР находятся в аварийном или предаварийном состоянии вследствие длительного неиспользования и нарушения правил эксплуатации, что обуславливает необходимость капитальных ремонтов [3].

Устаревшая система обращения с отходами по-прежнему является одной из наиболее острых экологических проблем в ДНР, которая требует незамедлительного решения. Отсутствие предприятий по обращению с твердыми коммунальными отходами (ТКО) приводит к складированию всех образующихся отходов на полигонах и свалках, оказывая значительное негативное воздействие на окружающую природную среду и влечет за собой серьезные социальные и экономические последствия. В настоящее время на территории ДНР расположены 29 объектов захоронения отходов, включая полигоны и свалки. Большинство этих объектов не соответствуют современным требованиям, не имеют необходимой документации для размещения отходов, а также эксплуатируются с нарушениями санитарно-эпидемиологического и природоохранного законодательства. Около 70% полигонов и свалок эксплуатируются более 25 лет и практически исчерпали свой ресурс. Кроме того, на территории Республики выявлено свыше 200 несанкционированных свалок, которые занимают площадь более 140 га, и зачастую расположены на территориях зеленых насаждений в лесополосах, вдоль автомобильных дорог и на окраинах жилых массивов [4].

Лесные массивы в ДНР занимают около 7% территории, что, по мнению экологов, недостаточно для оптимальных 12%. Оценивая состояние лесного фонда ДНР, следует отметить, что за годы боевых действий уничтожено около 20 тыс. га леса, и еще 11,5 тыс. га нуждаются в разминировании. В настоящее время в Республике работают 9 лесничеств и 30 участковых лесничеств, а также планируется создание еще 2 новых лесхозов – Славянского и Красноармейского (после освобождения временно оккупированной территории) [5].

Таким образом, проведенный анализ позволяет определить перспективные направления природоохранных мероприятий:

1. Внедрение сети современных мониторинговых станций качества атмосферного воздуха и водных ресурсов для регулярного контроля уровня загрязнения, а также систем постоянного наблюдения за изменениями в экосистемах с использованием беспилотных летательных аппаратов и спутников для расширенного мониторинга.

2. Стимулирование использования общественного транспорта через внедрение финансового поощрения пассажиров; развитие велосипедной инфраструктуры; внедрение каршеринговых сервисов с экологически

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

чистыми видами транспорта (электромобили и гибриды).

3. Внедрение современных технологий сортировки бытовых и промышленных отходов с созданием удобной инфраструктуры для переработки вторсырья.

4. Внедрение систем промышленной рециркуляции воды на предприятиях и модернизация очистных сооружений с использованием современных технологий (мембранное разделение, облучение, очистка наночастицами) для эффективной очистки сточных вод и снижения сбросов загрязняющих веществ.

5. Снижение уровня загрязнения водных ресурсов от сельского хозяйства за счет поощрения использования органических удобрений и средств защиты растений, а также создания буферных зон вдоль водоемов. Стимулирование применения систем капельного орошения с целью снижения объемов используемой в сельском хозяйстве воды и уменьшения попадания загрязняющих веществ в водоемы.

6. Внедрение экологически чистых технологий, переход на альтернативные источники энергии, особенно в энергетическом секторе. Разработка программ, направленных на привлечение инвестиций в проекты по возобновляемым источникам энергии (солнечные и ветровые электростанции).

7. Внедрение системы «зеленых» сертификатов и налоговых преференций для предприятий, использующих экологически чистые технологии.

8. Развитие экотуризма, включая создание туристической инфраструктуры (маршруты, центры); разработка стратегии устойчивого развития рекреационных зон, учитывая экологические риски и рациональное использование природных ресурсов.

9. Организация и проведение образовательных программ и кампаний, направленных на повышение экологической грамотности населения и популяризацию раздельного сбора отходов.

Выводы. Ключевыми экологическими проблемами ДНР являются устаревшая и малоэффективная инфраструктура управления отходами, значительное загрязнение поверхностных водных ресурсов, антропогенное воздействие на лесные экосистемы, включая их заминирование, а также снижение уровня биоразнообразия. В исследовании предложены перспективные направления природоохранных мероприятий, ориентированные на стабилизацию и улучшение экологической обстановки в регионе.

Перечень ссылок

1. Новости о состоянии атмосферного воздуха в городе Макеевка [Электронный ресурс]. – URL: https://makeevka.gosuslugi.ru/dlya-zhiteley/novosti-i-reportazhi/?cur_cc=45&filter%5B45%5D%5BCategory%5D=2

2. Новости об экологической ситуации в городе Енакиеве [Электронный ресурс]. – URL: [https://enakievo.gosuslugi.ru/dlya-zhiteley/novosti-i-reportazhi/?filter\[45\]\[Category\]=44](https://enakievo.gosuslugi.ru/dlya-zhiteley/novosti-i-reportazhi/?filter[45][Category]=44)

3. Интервью врио Председателя Государственного комитета водного и рыбного

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

хозяйства ДНР Андрея Судьина [Электронный ресурс]. – URL: https://vk.com/video-66833222_456298781

4. Трякина А.С. Анализ современного состояния сферы обращения с отходами в Донецкой Народной Республике / А.С. Трякина, М.Ю. Гутарова, Ю.В. Гостева // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2024. – № 5 (169). – С. 50-57.

5. Порядка 650 гектаров леса высадят в ДНР до 2026 года [Электронный ресурс]. – URL: <https://dan-news.ru/obschestvo/porjadka-650-gektarov-lesa-vysadjat-v-dnr-do-2026-goda/>

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭМИССИИ БИОМЕТАНА

И.Д. Якупова

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия

Аннотация. В настоящее время проблема эмиссии метана в атмосферу занимает ключевую строку в обеспечении экологической безопасности планеты. В статье освещены вопросы нежелательных последствий влияния метана на внешнюю среду и человеческий организм.

Annotation. At present, the problem of methane emission into the atmosphere occupies a key line in ensuring the environmental safety of the planet. The article highlights the issues of undesirable consequences of the impact of methane on the environment and the human body.

Ключевые слова: биометан, метан, полигон, утилизация, эмиссия биометана, заболевания.

Key words: biomethane, methane, landfill, utilization, biomethane emission, diseases.

Решение энергетических проблем, связанных с получением и использованием биометана, напрямую оказывают негативное влияние на экологическую обстановку, так как процесс образования или получения биогаза на полигонах, а также его утилизации непосредственно связан с эмиссией метана, следовательно, для эффективного использования биометана для производства энергии необходимо проводить тщательную оценку влияния такой эмиссии на окружающую среду и здоровье населения.

Эмиссия метана — это выброс метана в атмосферу, который происходит как естественным образом (при разложении органических отходов образуется биометан), так и в результате деятельности человека (при добыче нефти и газа, в сельском хозяйстве). Метан является одним из основных газов, вызывающих парниковый эффект, и его эмиссия оказывает значительное влияние на окружающую среду.

Проблема эмиссии метана имеет серьезное значение для окружающей среды и человеческого здоровья. Метан является причиной возникновения так называемого «парникового эффекта», способствующего глобальному изменению климата [1].

В целом, проблема эмиссии метана требует серьезного внимания и принятия мер для ее решения, чтобы минимизировать отрицательное воздействие на окружающую среду и здоровье населения.

Метан является одним из самых сильных парниковых газов, и его

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

эмиссия в атмосферу, возникающая в следствие неисправности работы метаноуловителей ведет к усилению парникового эффекта, что в свою очередь способствует глобальному потеплению и изменению климата. Это может привести к более экстремальным погодным условиям, повышению уровня морей и океанов, и другим негативным последствиям для окружающей среды. В процессе добычи и транспортировки природного газа могут происходить аварии и разливы, в результате которых метан попадает в атмосферу.

Эмиссия метана в атмосферу также может привести к загрязнению водных ресурсов. Метан может растворяться в воде и вступать в реакцию с другими веществами, что может иметь отрицательное воздействие на водную экосистему и здоровье людей, употребляющих эту воду [2].

Высокие концентрации метана в воздухе могут вызвать раздражение дыхательных путей, кашель, одышку и другие проблемы с дыханием. Также, метан может усугублять симптомы астмы и других респираторных заболеваний.

Долгосрочное воздействие высоких уровней метана на организм может вызвать осложнения в области различных сердечно-сосудистых заболеваний.

Для сокращения эмиссии метана необходимы усилия по разработке и внедрению технологий, способствующих уменьшению выбросов этого газа в атмосферу [3].

Существующие проблемы уменьшения эмиссии метана включают в себя:

- недостаточную регулировку метаноиспользующего оборудования и контроль за выбросами. Предприятия могут не соблюдать стандарты и нормы, что усиливает проблему эмиссии метана. В ряде отраслей, таких как добыча нефти и природного газа, сельское хозяйство и утилизация отходов, существуют технические проблемы, связанные с предотвращением утечек метана. Это может быть вызвано устаревшим оборудованием, недостаточными технологическими возможностями или несоответствующим финансированием для модернизации технологий [4];

- недостаточное внимание к этому вопросу и недостаточная мотивация для принятия мер по уменьшению выбросов метана. Для решения этих проблем необходимы комплексные меры, включающие улучшение законодательства и его строгое исполнение, техническое совершенствование оборудования и инфраструктуры, а также проведение информационных кампаний для повышения осведомленности общественности о проблеме эмиссии метана.

На данный момент существуют технологии, которые могут помочь снизить выбросы метана, такие как биореакторы для утилизации органических отходов, обогащение или сжигание метана, и применение

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

технологий, которые уменьшают выбросы в процессе добычи газа [5].

Сочетание этих мер может привести к снижению выбросов метана и охране окружающей среды и здоровья людей.

Перечень ссылок

1. Мустафина, Г.Р. Особенности конструкций реакторов для получения биотоплива / Г. Р. Мустафина, А. Е. Кондратьев // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики : II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ, СУМГАИТ, 12–13 ноября 2020 года. – СУМГАИТ: Сумгаитский государственный университет, 2020. – С. 277-280. – EDN JJVOBP.
2. Ахметгалиев, И. Ф. К вопросу очистки биогаза сепарационным методом / И. Ф. Ахметгалиев, А. Е. Кондратьев // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве : Материалы VI Национальной научно-практической конференции. В двух томах, Казань, 10–11 декабря 2020 года. Том 1. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. – С. 400-403. – EDN WGNHMC.
3. Политрубная установка для анаэробного сбраживания органических отходов с получением биогаза / Г. И. Павлов, А. Е. Кондратьев, С. Р. Калачева, С. О. Гапоненко // Экологические системы и приборы. – 2011. – № 4. – С. 26-28. – EDN SHCXWH.
4. Shakurova, R. Z. On the issue of inertial excitation of diagnostic low-frequency vibrations in pipelines of housing and communal services / R. Z. Shakurova, S. O. Gaponenko, A. E. Kondratiev // E3S Web of Conferences, Kazan, 21–26 сентября 2020 года. Vol. 216. – Kazan: EDP Sciences, 2020. – P. 01079. – DOI 10.1051/e3sconf/202021601079. – EDN IIQKZA.
5. Мустафина, Г. Р. Особенности применения биогазовой установки на птицефабрике / Г. Р. Мустафина, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2020. – № 2. – С. 38-40. – EDN FROXKA.