

XII МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ

XII Международная научно-практическая конференция

Инновационные перспективы Донбасса

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



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



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



I Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых и студентов
Инженерные технологии XXI столетия глазами молодых

Том 4. Перспективные направления развития экологии и химической технологии

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ДНР.
КОМИТЕТ ПО НАУКЕ И ТЕХНОЛОГИЯМ ДНР.
МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ ДНР.
МИНИСТЕРСТВО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ДНР.

ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ИНСТИТУТ ДонНТУ (г. Горловка)
ДОНЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им.
М.ГОРЬКОГО

ДОНЕЦКИЙ ИНСТИТУТ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
НИИ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПАРТНЕРСТВА ГОСУДАРСТВА И БИЗНЕСА
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ СОЮЗ РАБОТНИКОВ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ДНР
ДОНЕЦКИЙ БОТАНИЧЕСКИЙ САД
СОВЕТ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ ДонНТУ
ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИНСТИТУТ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
ДОНГИПРОШАХТ
ДОНЕЦКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА
МАКЕЕВСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПО
БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТ В ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ИННОВАЦИОННЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ДОНБАССА

**Материалы 12-й Всероссийской научно-
практической конференции
Том 4. Перспективные направления развития экологии
и химической технологии**

**г. Донецк
26-28 мая 2026 года**



Донецк – 2026

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

ББК 65.30

УДК 330.341 (477.61/62)

- И 66 Инновационные перспективы Донбасса, г. Донецк, 26-28 мая 2026 г. –
Донецк: ДонНТУ, 2026.
Т. 4: Перспективные направления развития экологии и
химической технологии. – 2026. – 147 с.

Представлены материалы 12-й Международной научно-практической конференции — Инновационные перспективы Донбасса, состоявшейся 26-28 мая 2026 г. в Донецке на базе ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», включающие доклады 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.

Интернет: <http://ipd.donntu.ru>

© ФГБОУ ВО —Донецкий национальный технический университет
Министерство науки и высшего образования РФ, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

<i>С.А. Войтов</i> Оценка теплового загрязнения промышленных регионов Донбасса в условиях ограниченного наземного доступа.....	7
<i>И.И. Гачаев, Е.О. Землянский</i> Сравнительный анализ катализаторов низкотемпературной изомеризации.....	12
<i>В.О. Громенко, О.Ю. Светлаков, В.В. Шаповалов</i> Реакции твердофазного обмена сульфата никеля с пероксидом натрия	16
<i>А.В. Губин, Е.Д. Губина, А.А.Лавренчук, М.Ю.Сперанский</i> Перспективный способ переработки резинотехнических отходов при выводе из эксплуатации объектов использования атомной энергии.....	20
<i>В.Ю. Деревянский</i> Предотвращение травматизма и заболеваемости работников при отборе проб воды из поверхностных водоемов.....	25
<i>Жумаева Нозидил Рамозон Кизи</i> Эффективная утилизация и переработка биошламов нефтегазовой промышленности: комплексный анализ.....	30
<i>А.Р. Зубов</i> Методика отбора породных отвалов угольных шахт к использованию в экологической сети.....	36
<i>Г. Е. Избасканова</i> Влияние температуры обжига на кинетику гидратации оксида кальция по данным кондуктометрии.....	42
<i>С.Ю. Катаев, О.И. Дружинская</i> Оценка сходимости результатов мониторинга гамма-фона стационарными и мобильными средствами в зоне наблюдения потенциально опасного объекта.....	46
<i>Э.П. Левченко, А.Т. Павленко, О.А. Левченко</i> Пути снижения экологической нагрузки в аглодоменном производстве.....	50
<i>А.Н. Леонов, Т.П. Кулишова</i> Специфика комплекса косметических средств для ухода за жирной кожей лица.....	55

**Перспективные направления развития экологии и
химической технологии**

<i>Е.Н. Лозинский, Я.А. Мороз, Н.С. Лозинский, М.Ю. Зеленский</i> Исследование молекулярного строения модифицированного мочевиной активированного паром антрацита.....	59
<i>Р.С. Лунёв</i> Экология как лимитирующий реактор: намеренное снижение скорости химических процессов для предотвращения образования трудноудаляемых побочных продуктов.....	64
<i>В.Г. Матвиенко</i> Новый способ получения плитного материала из целлюлозосодержащего сырья.....	70
<i>В.Г.Матвиенко, В.В.Дубяга</i> Эмульсол и эмульсия для использования в горношахтном оборудовании.....	74
<i>В.В. Моряков, Е.А. Трошина, С.В. Горбатко</i> Исследование возможности применения метода самораспространяющегося высокотемпературного синтеза для получения шпинелидов.....	78
<i>Д.Д. Московчук</i> Орнитофауна пролетных и зимующих птиц г. Волноваха: количественная оценка и биоиндикационное значение.....	83
<i>О.И. Невечеря, Е.Н. Лозинский, М.Ю. Зеленский, Н.С. Лозинский</i> Адсорбционные свойства модифицированного щавелевой кислотой активированного паром антрацита.....	87
<i>Н.А. Руженко-Мизовцова, Ю.В. Гаврилюк</i> Анализ содержания мирамистина в составе лечебно-профилактических препаратов методом амперометрического титрования.....	93
<i>О.Ю. Светлаков, А.Н. Шавишина, В.О. Громенко, В.В. Моряков, С. Боднарюк</i> Получение шпинели $MgAl_2O_4$ методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза.....	98
<i>А.Л. Складов</i> Разработка программы отбора проб воды из поверхностных водоемов.....	103
<i>О.В. Ткаченко</i> Перспективные направления мер государственной поддержки в сфере охраны атмосферного воздуха Донецкой Народной Республики.....	106

**Перспективные направления развития экологии и
химической технологии**

<i>О.В. Ткаченко</i> Приоритетные меры государственной поддержки в сфере охраны водных объектов Донецкой Народной Республики.....	110
<i>В.С. Федорова</i> Применение диаграммы «Ящик с усами» для визуализации данных результатов химических анализов проб сточной фенольной воды.....	114
<i>В.С. Федорова, С. С. Швыдченко, И. А. Дубовик, Д. С. Швыдченко</i> Биохимические показатели сыворотки крови гибридов осетровых рыб при выращивании в аквапонных системах замкнутого водоснабжения.....	119
<i>С.Л. Хилько, М.И. Рогатко</i> Перспективы использования солей модифицированных гуминовых кислот.....	124
<i>Юй Сивэнь, Маргарита Редина</i> Оценка и снижение содержания микропластика в городских сточных водах.....	130
<i>М.А. Бобейко А.А. Фролов, Ю.С. Бакуменко</i> Новогодняя елка — символ нового года.....	133
<i>А.В. Володин</i> Разработка инструкции по отбору проб воды из поверхностных водоемов.....	138
<i>Д.Е. Слободянников, А.А. Бабич</i> Проблемы и перспективы в экологии Донбасса: анализ ситуации по состоянию на 2026 г.....	142

УДК 528.8

**ОЦЕНКА ТЕПЛОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ
РЕГИОНОВ ДОНБАССА В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОГО
НАЗЕМНОГО ДОСТУПА**

С.А. Войтов

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

***Аннотация:** В статье анализируется актуальность и обосновывается преимущество дистанционного зондирования при ограниченном доступе к объектам исследования. Анализируются механизмы формирования тепловых аномалий и их влияние на экологическую ситуацию в регионе. Предлагается метод интеграции данных из разных источников в одной масштабируемой системе.*

***Abstract:** The article analyzes the relevance and substantiates the advantages of remote sensing in conditions of limited access to research objects. The mechanisms behind the formation of thermal anomalies and their impact on the environmental situation in the region are examined. A method is proposed for integrating data from various sources into a single scalable system.*

***Ключевые слова:** Landsat, тепловая аномалия, экология Донбасса, дистанционное зондирование.*

***Keywords:** Landsat, thermal anomaly, Donbas ecology, remote sensing.*

Донбасс — это важный промышленный регион, наполненный металлургическими, химическими и энергетическими предприятиями. Однако его значимость отзывается колоссальной экологической нагрузкой как на собственную территорию, так и окружающие его регионы. В результате производственных циклов всех предприятий создаются тепловые аномалии и «острова тепла». В современных реалиях наземный и воздушный мониторинг в регионе затруднен и дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) часто становится единственным возможным инструментом, позволяющим проанализировать экологические риски и определить состояние и перспективы промышленной инфраструктуры.

В контексте мониторинга промышленных объектов тепловая аномалия — это существенное отклонение температуры поверхности участка от окружающего фонового значения. В промышленных зонах такие аномалии возникают из-за работы доменных печей, коксовых

батарей, выбросов горячих газов и сточных вод, а также из-за высокой теплоемкости бетона и металлоконструкций. Аномалия также может характеризоваться атмосферным тепловым следом, которых характеризуется меньшей разницей температур, но может распространяться на большие расстояния.

Экологические последствия тепловых аномалий носят многоуровневый и долгосрочный характер. Влияние теплового загрязнения на атмосферу может менять устоявшиеся структуры циркуляции воздуха и способствует накоплению загрязняющих веществ в приземном слое. Следующее за этим повышение температуры почвы приводит к угнетению деятельности почвенных микроорганизмов, снижает скорость разложения органических веществ. Обусловленное усиленным испарением и снижением способности грунтов удерживать влагу иссушение почвы изменяет содержание влаги как в почвах, так и в атмосфере. В долгосрочной перспективе совокупность этих процессов провоцирует прогрессирующую деградацию и опустынивание техногенных территорий [1].

Основным источником информации для анализа тепловых аномалий с 2013 года являются данные американской программы Landsat (аппараты Landsat 8 и 9). Соответственно для анализа данных за прошлые годы используются более ранние программы Landsat – вплоть до 80-х годов XX века. Термальный инфракрасный сенсор (TIRS) фиксирует излучение в диапазоне 10,6—12,5 мкм, что позволяет рассчитывать абсолютные значения температуры поверхности с пространственным разрешением 100 метров (интерполированным до 30 метров для конечного пользователя) [2]. Спутниковые данные находятся в открытом доступе на ресурсах Геологической службы США (USGS).

Но спутниковое зондирование все же не является единственным способом поиска температурных аномалий. В качестве альтернатив, а иногда и единственных доступных вариантов используются авиационная съемка, в том числе с использованием беспилотных летательных аппаратов и стационарные системы мониторинга. БПЛА обеспечивают высокую детализацию (до нескольких сантиметров), но ограничены по времени полета и площади покрытия. Более того, на территории ДНР и ЛНР запуск летательных средств не является возможным и рассматриваемым вариантом из-за боевых действий. В свою очередь, наземные станции могут предоставлять непрерывный поток данных, но их сеть часто может оказаться недостаточно плотной, а установка самих станций может оказаться очень

дорогостоящей [3].

Главным достоинством использования Landsat является наличие огромного исторического архива данных, формирующегося с начала 1970-х годов: первый спутник серии, был запущен в 1972 году, а систематические наблюдения высокого качества ведутся с 1980-х годов. Количество данных, накопленных за годы, позволяет анализировать и прогнозировать долгосрочные изменения состояния растительности, изменение температуры, а также наблюдать за состоянием ледников, водоемов, береговых линий. Принципиально важным фактором является полная бесплатность доступа к архивным и актуальным данным Landsat. Открытая политика распространения открывает возможность проведения масштабных экологических, климатических и географических исследований без финансовых затрат на исходные снимки.

Несмотря на все преимущества, Landsat имеет и недостатки. Главным ограничением этой программы и спутниковых данных, в частности, является зависимость от метеоусловий: наличие облаков делает оптическую и термальную съемку ограниченной или полностью невозможной. В результате большая часть снимков на необходимой территории оказывается неподходящей по требованиям, что сильно снижает возможную выборку данных. Также изначальное пространственное разрешение не позволяет выделять малые источники тепла или изменения.

Анализ тепловых островов с использованием Landsat активно применяется в мировой практике. На территории РФ исследования активно проводились для территории Красноярска, где благодаря снимкам Landsat выделили конкретные тепловые аномалии и определили их влияние на окружение [2].

Применительно к Донбассу, уникальным примером является исследование изменений в Мариуполе. Спутниковый мониторинг позволил зафиксировать резкие температурные сдвиги на территории заводов «Азовсталь» и ММК имени Ильича, вызванные прекращением технологических процессов и пожарами, что подтвердило эффективность ДЗЗ как метода независимой оценки ущерба в зонах конфликтов [3]. В Китае подобные методы используются для мониторинга «промышленных коридоров», где тепловые аномалии служат индикатором реального объема производства [4].

Учитывая все достоинства и недостатки различных методов экологического мониторинга, предлагается мультиплатформенная интеграция в одной системе. Такая система позволит объединить в одном месте данные со спутников, БПЛА и наземных станций. Более

того, при правильном проектировании, можно будет свободно добавлять и редактировать данные с различных спутниковых систем – Sentinel, MODIS, ASTER. Среди наземных методов может быть доступно дополнительное разделение по типам самих датчиков и методов измерения.

Реализация такой платформы возможна на базе профессиональных ГИС-пакетов – QGIS, ArcGIS, GRASS GIS. Любая из выбранных систем должна позволить построить трехуровневую систему. Первым уровнем является сбор и хранение данных, а сам этот уровень можно разделить на операционную и растровую часть. Для хранения тяжелых спутниковых снимков существуют специализированные хранилища и серверы, такие как GeoServer. Он позволяет создавать, просматривать и создавать карты различных форматов на основе готовых геопространственных данных. Для хранения всей сопутствующей и дополнительной информации может использоваться СУБД PostgreSQL с расширением PostGIS. Такая связка ресурсов и инструментов позволяет удобно агрегировать разнородные данные в единую базу. Вторым уровнем платформы является анализ и обработка данных. Использование готовых библиотек Python позволит без дополнительных временных затрат автоматизировать однообразную работу – обрезку снимков по границам региона, проведение атмосферной коррекции, расчет показателей на основе каналов данных и т. п. Третий уровень системы состоит в визуализации. Для визуализации финальных результатов исследований, аналогично со всеми прошлыми уровнями, рекомендуется использовать уже готовые решения, зарекомендовавшие себя в схожих задачах. Leaflet это вероятно самая популярная JavaScript-библиотека. Её простота, легкость и расширяемость позволит быстро отобразить любую необходимую информацию для конечного пользователя или исследователя.

Создание такой экологической геоинформационной системы качественно меняет подход к научным исследованиям региона, поскольку она позволяет автоматизировать как получение, так и анализ данных. Возможность автоматизации загрузки данных в ГИС сильно упрощает задачу по поиску и анализу возможных источников. На основе накопленных исторических данных из различных источников можно в разы быстрее строить модели распространения островов тепла при различных метеоусловиях и при помощи того же самого инструментария получать информацию о влиянии этих аномалий на экологическое состояние территории. А наглядное совмещение карт теплового загрязнения с кадастровыми картами и

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

картами общего пользования позволяет точно определять конкретные источники выбросов и оценивать масштаб их долгосрочного влияния на экологическую безопасность промышленных зон Донбасса

Выводы

Анализ тепловых аномалий по данным Landsat является незаменимым инструментом для мониторинга промышленного потенциала и экологической безопасности Донбасса. Несмотря на ограничения в разрешении и зависимость от погоды, возможность дистанционного контроля и доступа к архивам позволяет восстановить хронологию работы предприятий и оценить масштаб теплового загрязнения. Перспективным направлением развития является объединение спутниковых снимков с данными БПЛА и наземных станций в рамках единой региональной экологической ГИС, реализованной на базе пакетов QGIS или ArcGIS с использованием современных СУБД. Внедрение предложенных технологических решений в систему регионального планирования может стать фундаментом для эффективной рекультивации техногенных ландшафтов и минимизации климатических рисков в промышленном секторе региона.

Перечень ссылок

1. Jiang, W. Exploring the Industrial Heat Island Effects and Key Influencing Factors in the Guangzhou–Foshan Metropolitan Area / W. Jiang, Y. Wang, M. Zhang. // Sustainability. – 2025 – Vol. 17, № 8.
2. Дистанционные методы в изучении температуры поверхности Земли в городах (на примере г. Красноярска, Россия) / Siberian Federal University, А. Гостева, А. Матузко, О. Якубайлик // Proceedings of the International conference “InterCarto/InterGIS”. – 2018 – Т. 24, № 2, С. 195-205.
3. Monitoring Urban Change in Conflict from the Perspective of Optical and SAR Satellites: The Case of Mariupol, a City in the Conflict between RUS and UKR / Q. Huang, G. Jin, X. Xiong [et al.] // Remote Sensing. – 2023. – Vol. 15, Monitoring Urban Change in Conflict from the Perspective of Optical and SAR Satellites, № 12.
4. Jiang, W. Exploring the Industrial Heat Island Effects and Key Influencing Factors in the Guangzhou–Foshan Metropolitan Area / W. Jiang, Y. Wang, M. Zhang // Sustainability. – 2025. – Vol. 17, № 8.

УДК 66.095.21.097

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КАТАЛИЗАТОРОВ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ИЗОМЕРИЗАЦИИ

И.И. Гачаев, Е.О. Землянский

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Аннотация: Проведено сравнение цеолитных, хлорированных и сульфатированных катализаторов изомеризации. Показано, что отечественные катализаторы СИ-2 и СИ-2Б являются конкурентоспособной альтернативой импортным аналогам, обеспечивая более высокую устойчивость к ядам и снижение эксплуатационных затрат.

Annotation: The comparison of zeolite, chlorinated and sulfated isomerization catalysts is carried out. It is shown that domestic catalysts SI-2 and SI-2B are a competitive alternative to foreign analogues, providing higher poison resistance and reduced operating costs.

Ключевые слова: Изомеризация, катализаторы, СИ-2, СИ-2Б, хлорированные катализаторы, сульфатированные катализаторы.

Keywords: isomerization, catalysts, SI-2, SI-2B, chlorinated catalysts, sulfated catalysts.

Эффективность процесса каталитической изомеризации легких бензиновых фракций в решающей степени определяется типом применяемого катализатора. В мировой практике сложилось несколько типов: хлорированные, цеолитные и сульфатированные катализаторы. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки, влияющие на экономику процесса, требования к сырью и экологичность производства. В условиях импортозамещения особую актуальность приобретает сравнение отечественных и зарубежных катализаторов, а также оценка перспектив внедрения российских разработок на действующих установках.

Процесс изомеризации позволяет повысить октановое число легких бензиновых фракций за счет превращения нормальных парафинов в разветвленные изомеры. Ключевым фактором, определяющим эффективность процесса, является катализатор, от которого зависят глубина превращения, селективность и экономические показатели.

В промышленности применяются три основных типа катализаторов, различающихся по активности, селективности, устойчивости к ядам и эксплуатационным затратам. В таблице 1

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

представлены их сравнительные характеристики [1, 2].

Таблица 1 Сравнительная характеристика катализаторов изомеризации

Показатель	Цеолитные	Сульфатированные	Хлорированные
Рабочая температура, °C	240–300	110–180	110–180
Глубина изомеризации гексанов (2,2-ДМБ/ΣC ₆), %	15–18	30–38	30–38
Устойчивость к ядам (H ₂ O, S)	Высокая	Высокая	Низкая
Необходимость подпитки хлором	Нет	Нет	Да
Срок службы, лет	5–7	10–12	3–5
Регенерация	Возможна	Возможна	Невозможна

Как видно из таблицы, хлорированные и сульфатированные катализаторы работают в низкотемпературной области (110–180°C), что термодинамически более выгодно, однако по устойчивости к примесям и сроку службы между ними есть существенные различия.

Цеолитные катализаторы устойчивы к ядам, но уступают по активности и селективности. Наибольший интерес представляет сравнение хлорированных и сульфатированных катализаторов.

Хлорированные катализаторы (ATIS-2L, I-82) обладают высокой активностью, но чувствительны к примесям. Требуется содержание H₂O и S менее 0,1 ppm, постоянная подача хлорорганики, что приводит к коррозии и хлорсодержащим отходам. На Комсомольском НПЗ проскок H₂S снизил октановое число с 88 до 85 пунктов, потребовалась замена катализатора. Таким образом, даже незначительные отклонения в составе сырья на хлорированных катализаторах приводят к необратимой потере активности [1].

Сульфатированные катализаторы (СИ-2) сочетают высокую активность с устойчивостью к ядам. Они менее требовательны к качеству сырья, что особенно важно в условиях реальной

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

эксплуатации. Допустимо H_2O 3–5 ppm, S 2–5 ppm, выдерживают проскоки до 50 ppm. Не требуется подача хлора и щелочная очистка. Срок службы 10–12 лет, возможна регенерация. Это позволяет значительно снизить эксплуатационные затраты и повысить надежность установки. В таблице 2 приведено сравнение ATIS-2L и СИ-2 [3].

Таблица 2 Сравнение катализаторов ATIS-2L и СИ-2

Параметр	ATIS-2L (Axens)	СИ-2 (НПП Нефтехим)
Температура, °C	110–170	120–180
Объемная скорость, ч ⁻¹	1,35–2	2,5–3,5
Подача хлора	Необходима	Не требуется
Допустимое содержание H_2O , ppm	< 0,1	≤ 20
Допустимое содержание серы, ppm	0,1–0,5	2–5
Регенерация	Не регенерируется	2–3 года межрегенерационный период
Срок службы, лет	3–5	10–12
Октановое число (ИОЧ)	Не менее 89	89–90

Для замены хлорированных катализаторов на уже работающих установках разработана модификация СИ-2Б. Она адаптирована для работы с низким мольным отношением водород:сырье, характерным для хлорированных систем. Замена производится «на проток» — без остановки производства и реконструкции оборудования.

В отличие от хлорированных систем, СИ-2Б не требует постоянной подачи хлорорганики и не образует агрессивных отходов, что исключает необходимость в узле защелачивания. Срок службы катализатора превышает 12 лет, что в 2–3 раза дольше по сравнению с

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

хлорированными аналогами.

В 2024 году на установке ПГИ-434 ООО «Газпром нефтехим Салават» проведена замена ATIS-2L на СИ-2Б. Результаты перевода представлены в таблице 3 [4].

Таблица 3 Результаты перевода установки ПГИ-434 на катализатор СИ-2Б

Показатель	До замены (ATIS-2L)	После замены (СИ-2Б)
ОЧИМ	89,0–89,8	89,1–89,9
Глубина изомеризации C ₅ , %	75–77	76–77
Глубина изомеризации C ₆ , %	30,8–36,3	34,5–36,5
Подача хлорреагента	120 ppm на сырье	Исключена
Блок защелачивания	В работе	Выведен из работы
Коррозия оборудования	Сильная	Исключена

Сульфатированные катализаторы, особенно СИ-2 и СИ-2Б, сочетают высокую активность хлорированных систем с устойчивостью к ядам и долговечностью цеолитных. Модификация СИ-2Б позволяет без капитальных затрат заменять импортные катализаторы. Опыт НПЗ подтверждает, что переход на СИ-2/СИ-2Б повышает выход продукта, увеличивает объемную скорость, исключает затраты на хлорреагенты, что делает отечественные катализаторы конкурентоспособным выбором для российских НПЗ.

Перечень ссылок

1. Шакун, А. Н. Эффективность различных типов катализаторов и технологий изомеризации легких бензиновых фракций / А. Н. Шакун, М. Л. Фёдорова. – Текст : непосредственный // Катализ в промышленности. – 2014. – № 5. – С. 29–37.
2. Казанцев, Е. О. Аналитический обзор катализаторов изомеризации легкой бензиновой фракции / Е. О. Казанцев. – Текст : непосредственный // Вестник магистратуры. – 2019. – № 1-2(88). – С. 17–21.
3. Федоров, Ю. А. Совершенствование установки изомеризации на ООО «Газпром нефтехим Салават» / Ю. А. Федоров, Ю. К. Дмитриев. – Текст : непосредственный // Булатовские чтения : сборник статей. – 2018. – С. 310–313.
4. НПП «Нефтехим» : инжиниринговая компания : [сайт]. – URL : <https://neftchim.ru>

УДК 546.46 + 546.7

РЕАКЦИИ ТВЕРДОФАЗНОГО ОБМЕНА СУЛЬФАТА НИКЕЛЯ С ПЕРОКСИДОМ НАТРИЯ

В.О. Громенко, О.Ю. Светлаков, В.В. Шаповалов
ФГБНУ «НИИ «Реактивэлектрон»
г. Донецк, ДНР

Аннотация. В данной работе на основе реакций твердофазного обмена экспериментально подтверждено образование оксида никеля при взаимодействии сульфата никеля с пероксидом натрия. Твердофазная реакция между солями никеля и пероксидными соединениями натрия является перспективной технологией для получения субмикронных порошков оксида никеля.

Annotation. In this work, based on solid-phase exchange reactions, the formation of nickel oxide was experimentally confirmed by the interaction of nickel sulfate with sodium peroxide. The solid-state reaction between nickel salts and sodium peroxide compounds is a promising technology for producing submicron nickel oxide powders.

Ключевые слова: никель, пероксид натрия, твердофазная реакция, термодинамический анализ, ИК-спектроскопия, оксид никеля.

Keywords: nickel, sodium peroxide, solid-phase reaction, thermodynamic analysis, IR spectroscopy, nickel oxide.

Никель и его соединения находят широкое применение в различных областях техники. Основное количество никеля как компактного, так и порошкообразного используется в металлургии. Порошкообразный никель применяется напрямую в порошковой металлургии, а также для нанесения защитных коррозионностойких покрытий. При этом такие покрытия не уступают по защитным свойствам покрытиям полученным традиционным гальваническим способом. Обычные размеры частиц никеля составляют десяток и более микрон [1].

Отмечается [2], что, актуальной практикоориентированой задачей современной порошковой металлургии и химического материаловедения является получение наноразмерных систем (НРС) ферромагнитных многокомпонентных систем. Методом восстановления из водных растворов соединений железа, кобальта и никеля гидразингидратом в сильнощелочной среде получен НРС Fe-

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Co-Ni. Коррозионной и термической устойчивостью обладают простые и сложные оксиды типа шпинелей.

Целью данной работы является твердофазный обмен в системе NiSO_4 и Na_2O_2 с образованием оксида никеля.

Термодинамический анализ показал [3], что взаимодействие оксидных соединений натрия с солями никеля характеризуется значительными тепловыми эффектами и высокой адиабатической температурой (табл. 1).

Таблица 1 – Тепловые эффекты и адиабатическая температура разогрева продуктов реакций солей никеля с оксидными соединениями натрия

Оксид	Na_2O		Na_2O_2		NaO_2	
Соль	Qp, кДж/моль	T, К	Qp, кДж/моль	T, К	Qp, кДж/моль	T, К
NiSO_4	340.91	1554	243.21	1157	234.42	1090
NiCl_2	343.54	1845	245.84	1265	237.06	1100
$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$	-	-	332.71	1155	237.31	872

Взаимодействие в условиях ДТА Na_2O_2 с NiSO_4 при любом соотношении начинается при 240 – 260 °С смещаясь к нижней границе при измельчении соли (рис. 1).

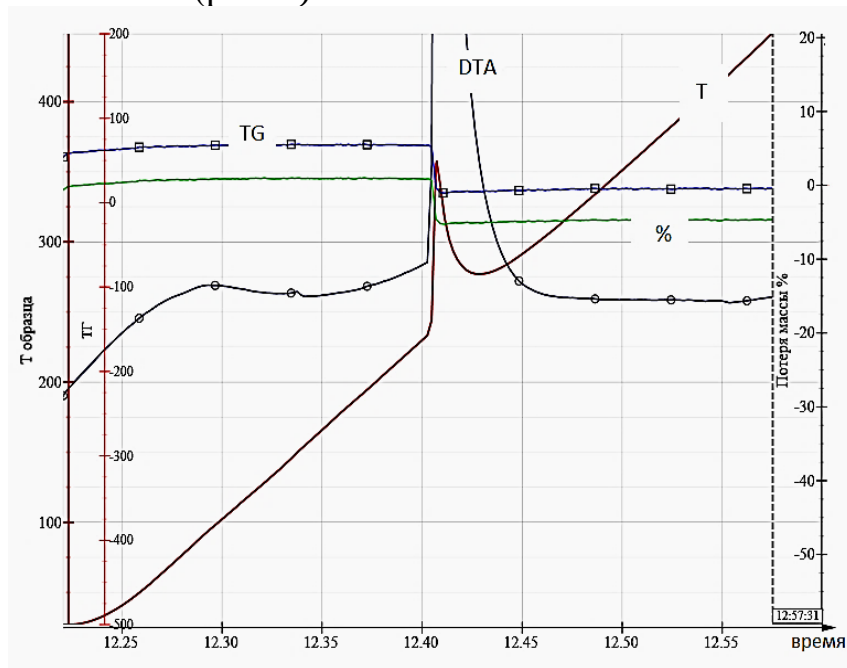
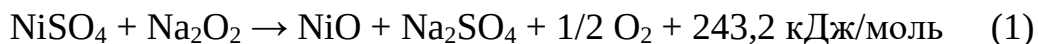


Рисунок 1 – Термограмма смеси NiSO_4 – Na_2O_2 при мольном соотношении 1:1 и скорости нагрева 12 К/мин

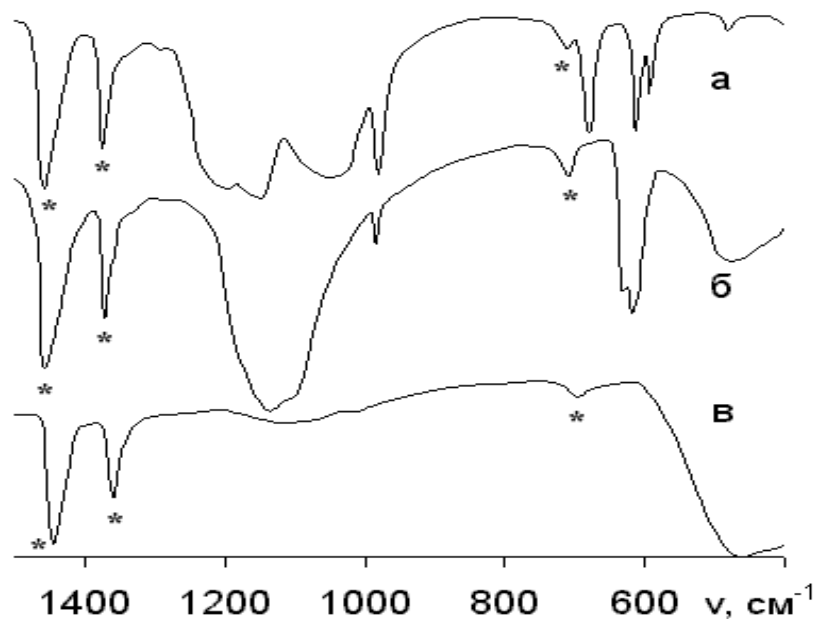
Потеря массы составляет при мольном соотношении NiSO_4 :

$\text{Na}_2\text{O}_2 = 1:1 - 6,7\%$, что близко к расчетному значению (6,9%) для реакции:



После экзотермического эффекта при 240 °С цвет исследуемых композиций, содержащих NiSO_4 и Na_2O_2 , изменяется от светло-желтого до черного, характерного для оксидных соединений никеля. Кривая зависимости величины теплового эффекта от мольного соотношения $\text{Na}_2\text{O}_2 - \text{NiSO}_4$ имеет максимум при соотношении, близком к 1:1, что также соответствует уравнению 1.

Наличие в ИК-спектрах полос поглощения в областях $\sim 1100 \text{ см}^{-1}$ и 620 см^{-1} (рис. 2) свидетельствует о сохранении $(\text{SO}_4)^{2-}$ группы после взаимодействия NiSO_4 с пероксидом натрия. Вместе с тем, соответствующие полосы ($1109, 987, 619 \text{ см}^{-1}$) $(\text{SO}_4)^{2-}$ группы в продуктах реакции (рис. 2, кривая б) менее расщеплены, чем в исходном NiSO_4 ($1200, 1151, 1038, 981, 675, 608, 592 \text{ см}^{-1}$) (рис. 2, кривая а). Это можно объяснить, предполагая образование Na_2SO_4 .



а - NiSO_4 , б – продукты реакции, в – продукт реакции, отмытый водой (NiO). Звездочки полосы вазелинового масла

Рисунок 2 – ИК-спектры NiSO_4 и продуктов его взаимодействия с Na_2O_2 после термического анализа и СРВ.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Данное исследование демонстрирует, что твердофазные реакции между солями никеля и пероксидом натрия сопровождаются тепловым эффектом. Твердофазное взаимодействие между солями никеля и пероксидными соединениями натрия является перспективным для технологического получения субмикронных порошков оксида никеля.

Перечень ссылок

1. Колпаков, М. Е. Синтез и результаты исследования наноразмерных частиц никеля / М.Е. Колпаков, А.Ф. Дресвянников, Е.В. Пронина, Т.З. Лыгина, В.А. Гревцев, Н.И. Наумкина // Вестник КНИТУ: Химические науки. 2008. № 6. С. 40 – 47
2. Захаров Ю. А. Получение и некоторые свойства наноразмерных порошков системы Fe–Co–Ni / Ю. А. Захаров, В. М. Пугачев, К. А. Датий, В. М. Додонов, Ю. В. Карпушкина, // Вестник КемГУ. 2013. № 3 (55). Т. 3. С.77– 80.
3. Берестовая, А. А. Термодинамический анализ процесса горения в окисно– и пероксидно– солевых системах / А. А. Берестовая, В. В. Шаповалов // Научный вестник НИИГД «Респиратор». 2022. № 2(59). С.26–33.

УДК 621.039.73

**ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ
РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ПРИ ВЫВОДЕ ИЗ
ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ
ЭНЕРГИИ**

А.В. Губин, Е.Д. Губина, А.А.Лавренчук, М.Ю.Сперанский
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
г. Севастополь, Россия

***Аннотация.** В работе предложена перспективная методика для переработки отходов, получаемых на объектах использования атомной энергии с дальнейшим вовлечением получаемого твердого продукта в процессы получения тепловой и электрической энергии, а также для синтеза материалов для различных отраслей производства.*

***Annotation.** This work proposes a promising methodology for processing waste generated at nuclear energy facilities, involving the subsequent utilization of the resulting solid product in thermal and electrical energy generation processes, as well as in the synthesis of materials for various industrial sectors.*

***Ключевые слова:** пиролиз, объекты использования атомной энергии, переработка, углеродный остаток, сжигание, вывод из эксплуатации*

***Keywords:** pyrolysis, nuclear energy facilities, processing, carbon residue, incineration, decommissioning*

Актуальность работы

Вывод из эксплуатации объектов атомной промышленности является ключевым вопросом на сегодняшний день. Самую главную сложность данного процесса представляет утилизация различных типов отходов. Одним из таких видов являются резинотехнические изделия, которые образуются на всем жизненном цикле работы ядерной энергетической установки.

На атомных электростанциях (АЭС) применяются различные резинотехнические изделия (РТИ), к которым предъявляются высокие требования по качеству, надёжности и долговечности из-за специфических условий эксплуатации, таких как радиационное воздействие, высокие температуры и давление, а также агрессивные среды. Данные по процентному содержанию формирующихся отходов

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

резинотехнических отходов в дивизионах ГК «Росатом» представлены на рисунке 1.

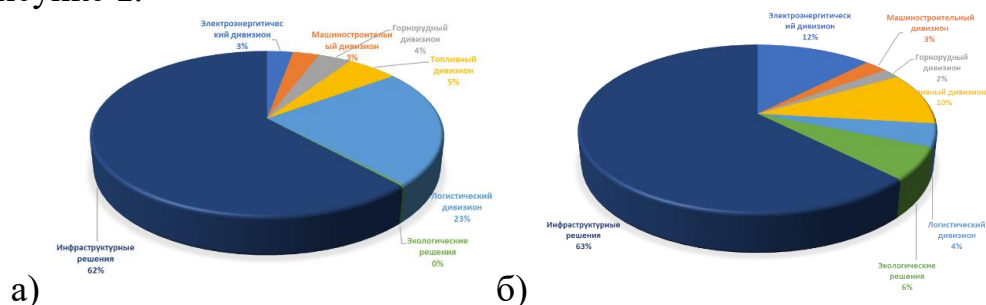


Рисунок 1 – Отходы РТИ за 2024 год (а – относящиеся к 3 классу опасности, б – к 4 классу)

Классическое сжигание данного типа отходов может привести к негативным последствиям, так как при этом выделяется множество вредных веществ. Одним из перспективных методов утилизации резинотехнических изделий с получением полезного продукта является пиролиз, который представляет из себя бескислородное разложение материала под действием высоких температур. Данная технология позволяет получать твердые, жидкие и газообразные продукты, которые можно использовать вторично. Углеродный остаток, являющийся твердофазным продуктом, может быть привлекателен для использования в качестве энергоресурса [1].

В данной работе представлена методика исследования многостадийного процесса переработки, включающего пиролиз с последующим энергетическим использованием получаемого продукта. Получаемый в результате пиролиза углеродный остаток служит полезным компонентом смесового топлива и может быть эффективно использован совместно с биомассой.

Методы эксперимента

Для получения углеродного остатка необлученных резинотехнических изделий используется экспериментальная установка, принципиальная схема которой представлена на рисунке 2 [2].

В кварцевую трубу муфельной печи загружается образец отработанных резинотехнических отходов, предварительно измельченных в ножевой мельнице. С помощью одного из патрубков подается азот для вытравливания кислорода и обеспечения инертной среды. Активная зона пиролизной установки разогревается до 500 °С с дальнейшим поддержанием данной температуры в течение всего процесса. Охлаждение выделяемых газов осуществляется с помощью конденсатора, представляющего из себя цилиндрический бак,

охлаждаемы технической водой, циркулирующей с помощью водяного насоса. Жидкие продукты пиролиза и несконденсировавшиеся газы накапливаются с помощью конденсатосборника. Конец процесса определяется по температуре выходного патрубка муфельной печи, или по данным газоанализатора.

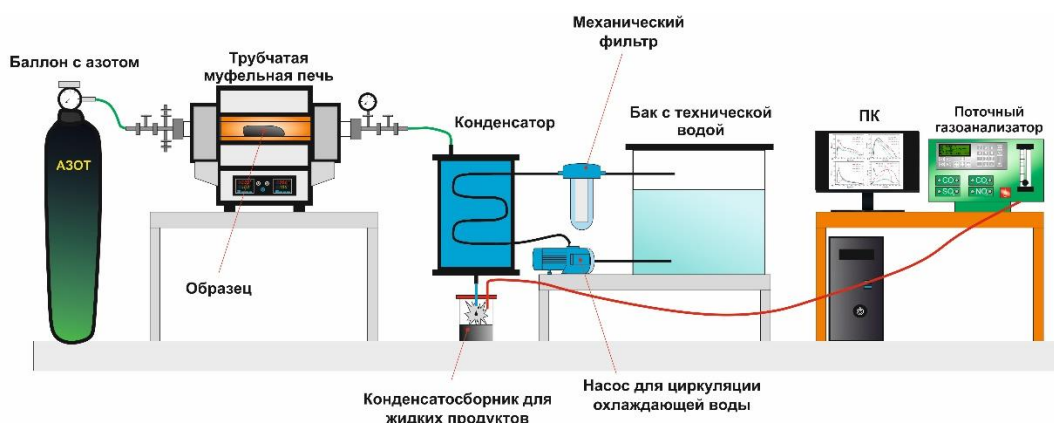


Рисунок 2 – Принципиальная схема пиролизной установки

В результате эксперимента основным продуктом является углеродный остаток, являющийся ценным энергетическим продуктом. Для анализа эффективности использования полученный углеродный остаток измельчается механическим способом совместно с низкосортными топливами в шаровой мельнице с последующим фракционированием в ситах с размером ячейки менее 100 мкм.

Смесевое топливо для эксперимента представляет из себя углеродный остаток пиролиза резинотехнических изделий с добавлением от 5–15 масс. % биомассы.

Перед проведением экспериментов по горению смесевых топлив, определяются их технические характеристики, такие как влажность, зольность, летучие соединения и теплота сгорания, в соответствие с нормативными документами.

Исследование процессов зажигания и горения проводятся на стенде, представленном на рисунке 3 [3].

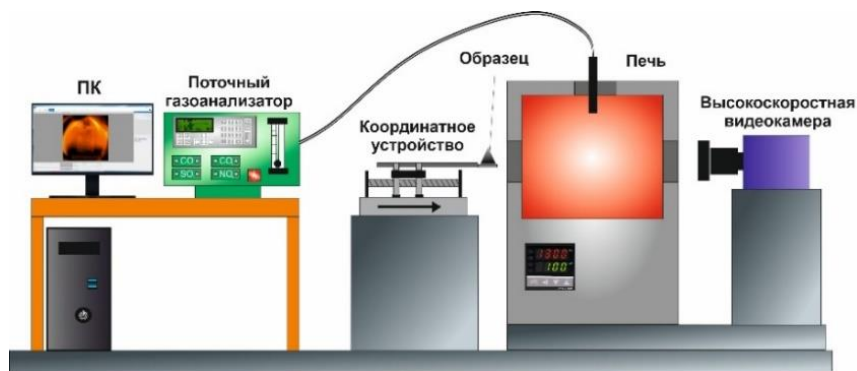


Рисунок 3 – Лабораторный стенд по исследованию процессов
зажигания и горения смесового топлива

Подача образца в терморегулируемую печь осуществляется с помощью координатного устройства, управляемого при помощи персонального компьютера [4]. Для визуализации процессов горения используется высокоскоростная видеокамера, снимающая активную зону печи через специальное отверстие. Для определения газовых продуктов горения используется поточный газоанализатор, патрубок которого направляется в центр активной зоны сверху.

Помимо сжигания, одним из перспективных направлений использования получаемого углеродного остатка является использование его в качестве углерода для синтеза материалов, в том числе, для энергетической отрасли, методом электродугового синтеза [5].

Вывод

Предложен перспективный метод для переработки резинотехнических отходов при выводе из эксплуатации объектов использования атомной энергии с получением продукта, который может быть использован как полезный энергоресурс. Рассмотрена возможность совместного сжигания углеродного остатка, полученного путем пиролиза резинотехнических изделий, с биомассой. Данное решение позволит уменьшить количество выделяемых газообразных веществ и улучшить реакционную способность топлива.

Перечень ссылок

1. Губина, Е. Д. Оценка материального баланса термического преобразования отработанных шин и использования получаемых продуктов / Е. Д. Губина, К. Б. Ларионов // Энергетические установки и технологии. – 2024. – Т. 10, № 2. – С. 150-154. – EDN DCDZNO.
2. Gorshkov A. et al. Analysis of the physicochemical characteristics of biochar obtained by slow pyrolysis of nut shells in a nitrogen atmosphere. *Energies* (Basel). MDPI. 2021. Vol. 14. No. 23. P. 18.
3. Совместное сжигание нефтяного кокса и углеродного остатка пиролиза отработанных шин / А. В. Губин, А. Ж. Калтаев, А. С. Горшков, К. Б.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Ларионов // Кокс и химия. – 2025. – № 1. – С. 38-48. – DOI 10.52351/00232815_2025_1_38. – EDN FILVXU.

4. Координатное устройство для автоматизации лабораторного стенда по зажиганию твердых и жидких топлив / А. В. Губин, Е. Д. Губина, М. Ю. Сперанский [и др.] // Энергетические установки и технологии. – 2024. – Т. 10, № 1. – С. 20-24. – EDN YMPRDA.

5. Сперанский, М. Ю. Модернизация электродугового реактора для синтеза порошковых материалов для энергетики / М. Ю. Сперанский, А. А. Лавренчук, А. Я. Пак // Перспективные технологии и материалы : Материалы Международной научно-практической конференции, Севастополь, 21–23 сентября 2022 года. – Севастополь: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Севастопольский государственный университет", 2022. – С. 247-248. – EDN SJPUWH.

УДК 622.8:628.313

**ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ТРАВМАТИЗМА И ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ
РАБОТНИКОВ ПРИ ОТБОРЕ ПРОБ ВОДЫ ИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ
ВОДОЕМОВ**

В.Ю. Деревянский

Государственное бюджетное учреждение
«Макеевский научно-исследовательский институт по безопасности
работ в горной промышленности»
г. Макеевка, ДНР

***Аннотация.** Определены опасные и вредные факторы, которые могут привести к травмированию и заболеванию работников при отборе проб воды из поверхностных водоемов. Разработаны необходимые требования охраны труда.*

***Annotation.** Dangerous and harmful factors that can lead to injury and illness among workers during the sampling of water from surface water bodies have been identified. The necessary occupational safety requirements have been developed.*

***Ключевые слова:** охрана труда, опасный и вредный фактор, травматизм, заболеваемость, вода, отбор проб, поверхностный водоем.*

***Keywords:** occupational safety, hazardous and harmful factors, injuries, illnesses, water, sampling, surface water body.*

ГБУ «МАКНИИ» осуществляет отбор проб воды из поверхностных водоемов для химического анализа влияния на их состав сбрасываемых шахтных вод. При производстве указанных работ могут произойти несчастные случаи и заболевания людей. Поэтому разработка требований охраны труда (ОТ) при отборе проб воды из поверхностных водоемов является актуальной.

Цель – разработать требования ОТ, соблюдение которых позволит предотвратить травматизм и заболеваемость работников, осуществляющих отбор проб воды из поверхностных водоемов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- определить опасные и вредные факторы, воздействие которых на работников при отборе проб воды из поверхностных водоемов может привести к их травмированию (заболеванию);
- разработать требования ОТ.

Проведенный анализ показал, что травмирование (заболевание)

работников, осуществляющих отбор проб воды, может произойти вследствие воздействия опасных и вредных факторов, приведенных на рис. 1.



Рисунок 1. Опасные и вредные факторы, действующие на работника,
отбирающего пробы воды

С учетом положений, изложенных в [1,2], разработаны следующие требования ОТ, направленные на предотвращение травматизма и заболеваемости работников, осуществляющих отбор проб воды из поверхностных водоемов.

К работам по отбору проб воды допускаются работники, достигшие 18 лет, не имеющие медицинских противопоказаний, прошедшие в установленном порядке целевой инструктаж по вопросам ОТ и обеспеченные средствами индивидуальной защиты.

При передвижении к местам отбора проб воды и обратно, а также непосредственно при отборе проб необходимо быть внимательными и соблюдать меры личной безопасности.

Запрещается употреблять спиртные напитки, наркотические и

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

токсические вещества, находиться на месте производства работ в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения, курить в неустановленных местах.

Перед началом работы по отбору проб необходимо застегнуть специальную одежду на все пуговицы (завязать завязки), не оставляя свисающих частей. Не закалывать одежду булавками, иголками. Не иметь в карманах одежды острые, хрупкие и бьющиеся предметы. Волосы должны быть убраны под плотно облегающий головной убор. Не разрешается работать в легкой обуви (сандалиях). Получить необходимый для проведения работ инструмент, инвентарь, средства защиты и убедиться в их исправности.

Группа работников, осуществляющих отбор проб воды, должна иметь:

- средства защиты от нападения животных и укусов насекомых;
- аптечку для оказания доврачебной помощи.

Приступать к отбору проб разрешается, только убедившись в отсутствии опасностей и в возможности безопасного выполнения работ. Для этого работники, осуществляющие отбор проб, должны осмотреть подходы и место производства работ.

Запрещается проводить работы по отбору проб воды ближе 20 м от воздушных линий электропередач.

На месте производства работ подготовить необходимые для этого средства, инструменты и инвентарь. Обо всех выявленных опасностях, а также неполадках средств, инструмента и инвентаря сообщить руководителю работ и приступить к отбору проб только после устранения опасностей и неисправностей.

При выполнении работ по отбору проб воды должны соблюдаться приведенные ниже требования ОТ.

Выполнять только ту работу, по которой работник проинструктирован по ОТ и допущен руководителем работ.

Запрещается передвигаться и осуществлять отбор проб воды в местах, представляющих опасность для жизни и здоровья, в непогоду (туман, гроза, ливень, ураган и т.п.), а также в темное время суток.

При обнаружении угрозы жизни и здоровью людей во время отбора проб воды, работы должны быть прекращены и приняты меры по обеспечению безопасного продолжения работ. В случае невозможности обеспечения безопасности работ необходимо покинуть опасную зону.

В случае возникновения неблагоприятных метеорологических условий (сильный ветер, интенсивные осадки, гроза и т.д.) выполнение работ по отбору проб воды необходимо прекратить.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

О невозможности отбора проб воды вследствие существования опасности для жизни и здоровья работников руководитель работ делает соответствующую отметку в графе «Примечания» акта отбора проб.

Применять необходимые для безопасной работы только исправные средства индивидуальной защиты, инвентарь и инструменты, использовать их только по назначению.

При возникновении в процессе работы неисправностей (поломок) применяемых средств, инвентаря, инструмента отбор проб следует приостановить и сообщить об этом руководителю работ. Возобновление работ разрешается после устранения неисправностей.

Перед отбором проб воды с мостов и других сооружений необходимо убедиться в их безопасном состоянии и принять меры по исключению падения. При необходимости использовать предохранительные страховочные пояса.

При отборе проб воды с высоты необходимо пользоваться инвентарем, позволяющим производить отбор, не перевешиваясь через ограждение.

Запрещается:

- приближаться к местам обнаружения взрывоопасных предметов;
- передвигаться и выполнять работы вблизи провалов земной поверхности, неисправных ограждений и перекрытий, а также не огражденных устьев выходящих на земную поверхность горных выработок и стихийным свалкам вокруг таких выработок;
- передвигаться и выполнять работы в непосредственной близости от поврежденных кабельных линий, воздушных линий электропередач;
- при отборе проб пить и принимать пищу.

При выполнении работ необходимо следить за собственным самочувствием и самочувствием других исполнителей.

Для действий в аварийных ситуациях, а также их предотвращения следует выполнять следующие требования:

- не трогать подозрительные предметы, сообщать о них руководителю работ;
- при возникновении несчастного случая прекратить работу, поставить в известность руководителя работ, вызвать скорую медицинскую помощь или обратиться в медицинское учреждение. До прибытия врача оказать пострадавшему первую доврачебную помощь.

По окончании работы необходимо обо всех выявленных в процессе отбора проб воды недостатках, неисправностях и

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

нарушениях сообщить руководителю работ; вымыть с мылом лицо, руки.

Соблюдение разработанных требований ОТ позволит предотвратить травматизм и заболеваемость работников при отборе проб воды из поверхностных водоемов.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку технических средств отбора проб воды из поверхностных водоемов без присутствия человека в опасных зонах.

Выводы. Определены опасные и вредные факторы, воздействие которых на людей в процессе отбора проб воды из поверхностных водоемов может привести к их травмированию и заболеванию: падение в провалы земной поверхности; укусы животных и насекомых; неблагоприятные погодные условия и др. Разработаны требования ОТ по предотвращению травматизма и заболеваемости работников.

Перечень ссылок

1. Основные требования к порядку разработки и содержанию правил и инструкций по охране труда, разрабатываемых работодателем : издание официальное : утверждены приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 29.10.2021 № 772н, зарегистрированы в Минюсте России 26.11.2021 № 66015 // <https://mintrud.gov.ru/docs/mintrud/orders/2183?ysclid=lvapb3fw2a880785307> (дата обращения 29.04.2026). – Текст : электронный.

2. ГОСТ Р 59024-2020. Вода. Общие требования к отбору проб: национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 сентября 2020 г. № 640-ст : дата введения 2022-06-01. – Москва, 2020. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=9&documentId=470433> (дата обращения 29.04.2026). – Текст : электронный.

УДК 628.385:665.6

ЭФФЕКТИВНАЯ УТИЛИЗАЦИЯ И ПЕРЕРАБОТКА БИОШЛАМОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ

Жумаева Нозидил Рамозон Кизи
Каршинский государственный технический университет,
г. Карши, Узбекистан

***Аннотация.** В данной статье рассматриваются комплексные методы эффективной утилизации и переработки токсичных биошамов, образующихся в нефтегазовой промышленности. Проведен глубокий анализ технологий их применения в сельском хозяйстве, получения биогаза посредством анаэробного сбраживания, процессов пиролиза, а также производства инновационных строительных материалов. Данный подход обеспечивает экологическую безопасность и способствует развитию экономики замкнутого цикла.*

***Ключевые слова:** биошам, нефтяные шламы, нефтегазовая промышленность, утилизация отходов, анаэробное сбраживание, совместное сбраживание, биогаз, пиролиз.*

***Abstract.** This article discusses comprehensive methods for the effective disposal and processing of toxic bioflum produced in the oil and gas industry. An in-depth analysis of technologies for their application in agriculture, the production of biogas through anaerobic digestion, pyrolysis processes, as well as the production of innovative building materials has been carried out. This approach ensures environmental safety and promotes the development of a closed-loop economy.*

***Keywords:** bio-sludge, oil sludge, oil and gas industry, waste disposal, anaerobic digestion, co-fermentation, biogas, pyrolysis.*

Введение: Глобальный рост спроса на энергоресурсы сопровождается значительным увеличением экологической нагрузки со стороны нефтегазовой и нефтехимической промышленности. В процессе превращения сырой нефти в коммерческие продукты (посредством дистилляции, крекинга, полимеризации и гидроочистки) предприятия потребляют огромные объемы водных ресурсов, что приводит к образованию высокотоксичных сточных вод. Эти воды насыщены бензолом, толуолом, этилбензолом, ксилолом, полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ), фенолами и растворенными тяжелыми металлами.

Для нейтрализации этих загрязнителей применяются вторичные сооружения биологической очистки (активный ил и мембранные биореакторы), где микроорганизмы поглощают органические вещества. Побочным продуктом этого процесса является биошлам (биологический ил) – суспензия, состоящая из биомассы микроорганизмов и поглощенных ими токсичных частиц. По оценкам Агентства по охране окружающей среды США (EPA), средний нефтеперерабатывающий завод ежегодно производит около 30 000 тонн такого биошлама, а на предприятиях Китая этот показатель превышает 3 миллиона тонн в год.

1. Агрохимический потенциал и управление токсикологическими рисками. Биошламы обладают богатым органическим составом, что делает их перспективным источником макро- и микроэлементов для сельского хозяйства. После прохождения процессов обеззараживания и стабилизации в соответствии с нормативами EPA, такой ил классифицируется как «биосолид» и может использоваться в качестве удобрения или мелиоранта.

Анализ показывает наличие в биошламах высоких концентраций азота (N), фосфора (P), калия (K), а также молибдена (7.1–7.7 мг/кг) и бора. Содержание усвояемого фосфора достигает 3400–3548 мг/кг, что позволяет частично заменить дорогостоящие искусственные удобрения, такие как суперфосфат. Внесение биосолидов под технические культуры (хлопчатник, каучуконосы, древесные плантации) снижает плотность почвы, повышает ее пористость и влагоудерживающую способность. Углерод, содержащийся в иле, секвестрируется в почве, что способствует смягчению последствий изменения климата.

Тем не менее, прямое применение биошламов сопряжено с серьезными рисками из-за накопления в них тяжелых металлов и микрозагрязнителей, способных проникать в пищевую цепь и вызывать мутагенные заболевания. В таблице ниже представлены основные тяжелые металлы, встречающиеся в биошламах.

Для нейтрализации этих угроз применяются микробиологическая деструкция и направленное компостирование. Использование симбиотических групп бактерий (например, *Pseudomonas* и *Bacillus* в соотношении 1:10) позволяет практически полностью расщепить нефть, жиры и фенолы, сократив объем ила в 8–9 раз по сравнению с традиционными методами. При термофильном компостировании тяжелые металлы связываются с гуминовыми комплексами, переходя в безопасное, неподвижное (фиксированное) состояние.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Таблица 1 – Количественные показатели и экотоксикологический профиль тяжелых металлов в нефтяных биошламах

Параметр / Тип металла	Диапазон концентраций	Уровень и характер риска для почв и биосистем
Уровень pH	5.5 – 8.0 (мг/кг)	Изменчивость среды определяет подвижность тяжелых металлов.
Цинк (Zn)	15.4 – 12,249 (мг/кг)	Наивысшая концентрация в биошламе; избыток подавляет рост растений.
Медь (Cu)	22.6 – 4,420 (мг/кг)	Даже при концентрации 0.5 мг/л ингибирует нитрифицирующие бактерии в почве.
Свинец (Pb)	40 – 850 (мг/кг)	Высокотоксичен, разрушает клеточные мембраны, поражает нервную систему.
Никель (Ni)	15.2 – 2,700 (мг/кг)	Обладает высоким потенциалом биоаккумуляции, нарушает работу ферментов.
Хром (Cr)	14 – 200 (мг/кг)	Шестивалентный хром является сильным канцерогеном, загрязняющим грунтовые воды.
Кадмий (Cd)	7.6 – 100 (мг/кг)	Сверхподвижный элемент, легко накапливается в растениях, вызывает заболевания почек.
Ртуть (Hg)	2.1 – 376.6 (мг/кг)	Легко перемещается с водой и воздухом, является опасным нейротоксином.

2. Анаэробное сбраживание: биогаз и балансировка питательных веществ. Анаэробное сбраживание – это процесс расщепления сложной органики в бескислородной среде, состоящий из гидролиза, ацидогенеза, ацетогенеза и метаногенеза. Итоговым продуктом является биогаз, состоящий преимущественно из метана (50–70%) и углекислого газа (30–45%), который можно использовать в качестве возобновляемого источника энергии.

Однако прямое анаэробное сбраживание нефтяных шламов затруднено из-за их высокой токсичности. Нефтяные смолы, ПАУ и тяжелые металлы разрушают клеточные мембраны метаногенных бактерий. Кроме того, распад сульфидов приводит к образованию высокотоксичного и коррозионного сероводорода (H_2S). Для преодоления этих барьеров применяется метод совместного сбраживания (ко-дигестия) с выравниванием соотношения углерода и

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

азота (C:N) путем добавления сельскохозяйственных отходов (например, стеблей кукурузы).

Растительные остатки действуют как губка, адсорбируя токсичные металлы и поверхностно-активные вещества, что защищает микрофлору от отравления. Лабораторные испытания на шламах месторождения Шенгли подтвердили высокую эффективность этого подхода.

Таблица 2 – Кинетика и кумулятивный выход биогаза при высокотемпературном (55 °C) совместном анаэробном сбраживании

Баланс C:N (кукуруза к биошлему)	Объем инокулята (на 150 мл)	Дни активной реакции	Максимальный выход биогаза (мл)	Научное обоснование
0:1 (Только нефтяной биошлам)	30 мл	-	Крайне низкий	Токсичность полностью блокирует развитие метаногенных микроорганизмов.
От 1:1 до 3:1	30 мл	1 – 12 дни	Средний	Увеличение доли растительной биомассы улучшает обеспечение углеродом и снижает токсичность.
4:1 (Оптимальное соотношение)	30 мл	Быстрый рост (1– 12 дни)	1222.5 мл (Рекордный показатель)	Идеальный баланс углерода и азота (C:N). Токсичные свойства нейтрализованы, питательные вещества оптимальны.
2:1 (Избыток инокулята)	40 мл и 50 мл	1 – 12 дни	339.5 мл и 343 мл	Чрезмерное введение микробов приводит к их конкуренции за питание, снижая общую эффективность.

Для предварительной обработки особо токсичных шламов используется озонирование, которое разрушает прочные углеводородные кольца, облегчая работу бактериям. Конечный биогаз очищается криогенными методами для удаления CO_2 и H_2S , превращаясь в чистый биометан.

3. Термохимическая конверсия: пиролиз биошламов.

Органическая масса, не поддающаяся биологическому разложению (например, застарелые шламы из резервуаров с высочайшей концентрацией ПАУ), перерабатывается методом пиролиза. Это термохимическое разложение органических веществ при температурах 300–900 °С в условиях полного или частичного отсутствия кислорода. В результате образуются три продукта: твердый биоуголь, жидкое биотопливо (биомасло) и синтез-газ.

В зависимости от параметров нагрева процесс классифицируется на медленный и быстрый. Медленный пиролиз (350–550 °С, низкая скорость нагрева в течение 5–30 минут) идеально подходит для формирования твердой кристаллической решетки биоугля. Быстрый пиролиз (нагрев за 0.5–1.0 секунду) максимизирует выход жидкого энергоемкого биомасла.

Главное экологическое преимущество пиролиза заключается в том, что при температурах выше 500 °С агрессивные загрязнители полностью разрушаются, а тяжелые металлы прочно фиксируются (запираются) в кристаллической решетке биоугля, теряя способность растворяться в воде. Полученный биоуголь обладает огромной удельной площадью поверхности (до 460 м²/г), что делает его высокоэффективным фильтром-адсорбентом для очистки промышленных стоков на самом же заводе.

4. Производство инновационных строительных материалов

Твердый минеральный остаток (зола), образующийся после пиролиза или сжигания биошлама, богат алюмосиликатами и близок по составу к традиционной глине и кварцевому песку. Применение этой золы в качестве частичной замены цементного клинкера существенно снижает углеродный след цементных заводов.

Для активации золы ее измельчают до частиц размером менее 100 мкм и прокаливают при температуре 750 °С (со скоростью нагрева 10 °С/с). Полученный порошок подвергается щелочной активации: смешивается с золой рисовой шелухи и активируется 10 М раствором гидроксида натрия (NaOH). Возникающая реакция поликонденсации формирует микроскопические гели (N-A-S-H), которые затвердевают в монолитный водонепроницаемый геополимер, обладающий впечатляющей механической прочностью на сжатие свыше 30.6 МПа.

Помимо цемента, необработанный биошлам может добавляться в глину для производства легкого теплоизоляционного кирпича. При обжиге в печах при 900–1100 °С органические вещества в составе шлама самовоспламеняются (внутреннее горение), что экономит внешнее топливо. Выгорание органики оставляет микроскопические

поры, которые снижают массу кирпича до 25%, значительно улучшая его теплоизоляционные характеристики и отвечая стандартам экологичного гражданского строительства.

Заключение. Интеграция биошламов нефтегазовой отрасли в экономику замкнутого цикла представляет собой наиболее эффективное решение технологических и экологических проблем. Концепция посткауглеродной промышленности (с перспективой на 2026 год и далее) опирается на гибридные каскадные системы.

В рамках этой интегрированной модели первичный токсичный ил с очистных сооружений смешивается с растительными остатками и перерабатывается в биореакторах для получения биометана. Оставшийся твердый осадок направляется в пиролизные печи для синтеза жидкого топлива и биоугля-адсорбента. Итоговые минеральные остатки (зола) безотходно перерабатываются в высокопрочные геополимеры и легкие строительные кирпичи. Подобный подход не только ликвидирует риск масштабного загрязнения биосферы, но и обеспечивает предприятия автономной энергией и новыми коммерческими материалами.

Перечень ссылок

1. Ali M. Wastewater Sludge Characteristics, Treatment Techniques, and Energy Production / M. Ali, L. Wang // ResearchGate. – 2021.
2. Choudhury S. P. Unleashing Synergistic Potential of Microbially Enhanced Anaerobic Co-Digestion of Petroleum Refinery Biosludge and Yard Waste / S. P. Choudhury, I. Haq, A. S. Kalamdhad // Journal of Hazardous Materials. – 2023.
3. Elektorowicz M. Petroleum sludge formation and its treatment methodologies / M. Elektorowicz [et al.] // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2023.
4. Niu A. Trend in Research on Characterization, Environmental Impacts and Treatment of Oily Sludge: A Systematic Review / A. Niu, X. Sun, C. Lin // Molecules. – 2022.
5. Yang Q. Anaerobic Co-Digestion of Oil Sludge with Corn Stover for Efficient Biogas Production / Q. Yang, C. Zhang [et al.] // Sustainability. – 2020. – Vol. 12, № 5. – P. 1861.
6. A Review on the Treatment of Petroleum Sludge and Use as Construction Materials // Civil and Sustainable Urban Engineering. – 2022.
7. Aqueous Pyrolysis Liquid (APL) from Wastewater Biosolids // Frontiers in Energy Research. – 2019. – Vol. 7. – P. 5.

УДК 504.06:622.33

МЕТОДИКА ОТБОРА ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ

А.Р. Зубов

ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет
имени Владимира Даля»,
г. Луганск, ЛНР

Аннотация. В статье рассмотрена возможность использования породных отвалов угольных шахт в качестве элементов региональных экологических сетей. Разработана методика отбора породных отвалов для их включения в региональные экологические сети с целью их биологической рекультивации и предотвращения загрязнения почвенного покрова в зоне влияния отвалов.

Abstract. This article examines the potential use of coal mine waste dumps as elements of regional ecological networks. A methodology has been developed for selecting waste dumps for inclusion in regional ecological networks for the purposes of their biological reclamation and preventing soil contamination within the waste dumps' impact zones.

Ключевые слова: терриконы, загрязнение почвы, экологическая сеть, биоразнообразие.

Key words: waste dumps, soil pollution, ecological network, biodiversity.

Одной из основных причин неблагоприятной, как для жителей, так и природной среды, экологической ситуации в Республиках Донбасса является наличие здесь 1290 породных отвалов угольных шахт (терриконов) [1]. Они занимают более 6000 га, а загрязняемая вследствие катастрофической водной и ветровой эрозии поверхности отвалов площадь превышает 35700 га [2]. Наиболее действенным способом снижения опасности отвалов является их облесение, а мотивирующим фактором к этому может стать использование отвалов в качестве элементов региональных экологических сетей. Эта идея связана с именами ученых Западного и Центрального Донбасса – Шапаря А.Г. (2004 г.), Зубовой Л.Г. и соавт. (2005 г.), Попченко и Артамонова (2010). Коллективом ученых Донецкого ботанического сада разработаны концепция и схема региональной экологической сети Донецкой области [3]. Учеными Луганска разработаны схемы экосети для своей области в целом и для большинства ее районов [4].

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Экологическая сеть призвана способствовать миграции живых организмов, поддержанию экологического равновесия и сохранения естественных экосистем, биологического и ландшафтного разнообразия. Согласно общепринятой концепции, элементы экосети делятся на восстанавливаемые территории, ключевые (ядра), соединительные (экологические коридоры), буферные (охранные) [1].

Важной особенностью отвалов является труднодоступность их поверхности из-за большой высоты отвалов (до 110 м) и крутизны их склонов (35-40°). Поэтому эта поверхность ценна для сохранения дикой флоры и фауны в непосредственной близости от населенных пунктов. А дополнительное залесение снизит вынос загрязняющих веществ вследствие ее эрозии и дефляции [1].

В ЛНР, как установлено нами, имеется 694 отвала [1]. Из них 219 конических, 475 имеют плоскую вершину. Отвалы очень различаются по размерам, расположению относительно сельскохозяйственных угодий с разной чувствительностью к загрязнению. Поэтому целью исследований стала разработка методики отбора наиболее подходящих отвалов для включения их в региональные экосети.

Исследования проводились путем измерений на космических снимках, полученных с помощью приложения GoogleEarth.

Для оценки ресурсного потенциала отвалов как возможных объектов региональных экосетей угольных районов ЛНР определены суммарные площади их основания, плато и склонов (табл. 1).

Таблица 1. Основание и площадь всех отвалов ЛНР

Форма отвала	N, шт	BA _Σ , га	PA _Σ , га	SA _Σ , га	DEA _Σ , га
Коническая	219	628.5	-	766.5	766.5
С плоской вершиной	475	2486.8	770.0	2110.8	2889.8
Оба вида	694	3115.3	770.0	2877.3	3647.3

Примечания: N – количество отвалов; BA_Σ – общая площадь их оснований; PA_Σ, SA_Σ, DEA_Σ – площади пологих вершин, склонов и всей поверхности отвалов.

С этой же целью предложены и другие показатели (табл. 2).

К ним относятся: N' – количество отвалов на 10⁴ га, LA_Σ – площадь земли на 1 отвал; FA_Σ – общая площадь лесов на отвалах; FC% – средневзвешенная облесенность отвалов, %.

Показатели N' и LA характеризуют также экологическую напряженность в районах. По обоим показателям наибольшая опасность отвалов имеет место в III-м районе (Перевальский район).

Предложены трехэтапная схема и три группы показателей для оценки возможного статуса отвалов в экосети.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Таблица 2. Показатели ресурсного потенциала отвалов районов ЛНР

Районы	Площадь, тыс. га	N, шт	N', шт/10 ⁴ га	LA _Σ , га/1шт	BA _Σ , га	FA _Σ , га	FC%, %
Попаснянский	146,7	116	7,9	1265,7	483,7	110,4	22,8
Славяносербский	83,0	30	3,6	2766,7	126,3	21,7	17,2
Перевальский	80,0	139	19,2	520,1	686,7	77,0	11,2
Лутугинский	105,7	51	4,8	2072,5	182,1	23,3	12,8
Краснодонский	140,0	82	5,9	1707,3	489,5	32,2	6,6
Антрацитовский	17,0	177	10,4	960,5	709,8	47,1	6,6
Свердловский	113,2	99	8,7	1143,4	436,6	17,7	4,1
Сумма или среднее	830,9	694	8,4	1197,0	3115.,	329,4	10,6

Группа *I* служит для выбора отвалов, пригодных для включения в восстанавливаемые территории (I этап отбора). Группа *II* – для выбора отвалов на роль ядер, без учета степени их связи с элементами экосети. Группа *III* служит для выбора отвалов, имеющих связь с ядрами и экокоридорами естественной экосети и способных стать их интерактивными элементами.

В *группу I* входят: *BA* – площадь основания отвала; *PIA* – площадь плато отвала; *SEW* – расстояние от подножия отвала до чувствительных к загрязнению территорий – приусадебных участков населения и сельскохозяйственных угодий. В *группу II* входят: *FA* – площадь отвала, занятая древесными насаждениями; *H_D* – высота отвала. *Группа III* включает: *NEW* – расстояние до других элементов экологической сети (ядер и экокоридоров); *GCW* – расстояние от отвала до «зеленых коридоров», ведущих к ядрам и экокоридорам.

К *зеленым коридорам* мы относим различные протяженные участки с травянистой или древесной растительностью, лесополосы.

Показатель *SEW* определяет степень опасности отвала для культурных растений; от этого зависит актуальность его биологической рекультивации. Показатель *FA* характеризует размер площади укрытия животных. *H_D* определяет степень защиты растений, птиц и животных от людей и домашних животных. Показатели *NEW* и *GCW* характеризуют степень связи отвала с ядрами или экокоридорами существующей экосети, а значит и необходимость дополнительных мер по биологической привязке отвалов к ней и прежде всего к экокоридорам. В качестве последних ученые ДонНТУ рекомендуют использовать местную речную сеть [5]. Нами же предлагается дополнительно в качестве экокоридоров использовать сеть суходолов (балок). Балки обычно покрыты луговой и древесной растительностью, служащей хорошим укрытием для мигрирующих животных. В случае недостаточной близости балок к отвалам для их

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

увязки предлагаем использовать «зеленые коридоры».

Установив диапазон изменения показателей, составили таблицу баллов, соответствующих интервалам их значений (табл. 3).

Таблица 3. Показатели и их оценочные баллы

Показатели	Баллы и интервалы варьирования показателей роли отвалов в экосети				
	1	2	3	4	5
<i>BA</i> , ha	0.2-0,5	0.5-1,5	1.5-3,0	3.0-5.5	>5.5
<i>PIA</i> , ha	0.1-0,25	0.25-0,5	0.5-1,0	1.0-2.5	>2.5
<i>SEW</i> , m	200-500	100-200	50-100	20-50	≤20
<i>FA</i> , ha	0.02-0,1	0.1-0,2	0.2-0,5	0.51.,0	>1.0
<i>H_D</i> , m	5-10	10-15	15-25	25-40	>40
<i>NEW</i> , m	200-500	100-200	50-100	20-50	≤20
<i>GCW</i> , m	200-500	100-200	50-100	20-50	≤20

Разработанная балльная система оценки роли отвалов в экосети апробирована на примере 42 отвалов, расположенных на участке территории Перевальского района, расположенного между 48°31' и 48°22' с.ш. и между 38°33' и 38°46' в.д. Площадь участка 268 км². Через него проходят два речных экокореидора: реки Лозовая и Белая – притоки р. Лугань, впадающей в р. Северский Донец. Экокореидоры участка помимо двух вышеуказанных рек включают их притоки, а также сеть балок и лесополос. Суммарная длина всех экокореидоров – 112,8 км. Имеется множество лесных массивов, которые можно рассматривать как ядра экосети территории суммарной площадью 2150,4 га. Доля площади лесов *FC*%, от общей площади водосборов рек Лозовая и Белая для речной сети равна 3,63%, для суходолов – 2,63%, вместе – 6,26%, а вместе с лесными массивами – 9,46%.

Исходя из плотности сети экокореидоров, равной 0,50 км/км², можно заключить, что в среднем они удалены друг от друга на 2 км.

В результате измерений были установлены значения каждого из 7 показателей групп I–III для каждого отвала и в среднем (табл. 4).

На основании табл. 4 эти значения были преобразованы в баллы. В каждой группе по каждому отвалу подсчитывалась сумма баллов, на основании которых отвалам присвоен ранг от 1-го (высший) до 5-го.

В результате установлено, что на роль *восстанавливаемых территорий* (группа I) из 42 отвалов наиболее (ранг 1 и 2) подходят 10 шт. На роль *ядер* также наиболее подходят 10 отвалов. А на роль *интерактивных территорий* экосети наиболее подходят 6 отвалов.

Как установлено половина всех отвалов находится на расстоянии не более 14 м от чувствительных элементов агроландшафта и ³/₄ – не более 25 м. Среднее расстояние отвалов от природных экокореидоров

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

составляет 518 м, т.е. отвалы слабо связаны с ними.

Следует отметить связующую роль зеленых коридоров – половина отвалов находится на расстоянии 0 м, а $\frac{3}{4}$ – до 18 м от них.

Таблица 4. Статистическая характеристика показателей

Характеристики	<i>Группа I</i>			<i>Группа II</i>		<i>Группа III</i>	
	BA, га	PIA, га	SEW, м	FA, га	Hd, м	NEW, м	GEW, м
Мак. значение	33.10	11.30	420.0	5.67	71.0	3233	754
Среднее значение	6.03	1.53	55.9	0.93	25.7	518	84
Общая площадь	253.0	64.2		39.1*			

Примечание: *к этой площади можно добавить 61.0 га леса, произрастающего у подножья отвалов и в непосредственной близости от них.

В качестве дополнительного способа привязки отвалов к речно-балочной сети экокореидоров рекомендуем использование элементов первичной гидрографической сети – ложбин. Все ложбины, расположенные на пашне вблизи отвалов, следует залужить. Это обеспечит связь отвальных фитоценозов с сетью балок и рек, будет остановлена эрозия дна ложбин и миграция токсикантов.

Выводы.

В результате исследований установлено, что использование отвалов угольных шахт ЛНР в составе региональной экосети увеличивает площадь ее элементов на 3115 га, в том числе лесных массивов на 330 га. В условиях дефицита леса в густонаселенных угледобывающих районах отвалы с хорошим растительным покровом могут служить не только восстанавливаемыми территориями, но и ядрами экосети и интерактивными элементами ядер и экокореидоров. Планирование затрат, связанных с включением отвалов в экосеть, может осуществляться с использованием разработанной авторами системы показателей, баллов и рангов.

Перечень ссылок

1. Зубова Л. Г., Зубов А. Р., Зубов А. А. Терриконы и их лесная рекультивация (монография) / Под ред. акад. РАН Кулика К. Н. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2022. – 372 с. <https://www.geokniga.org/books/29469>.
2. Zubov, Anton, Zubov Aleksey, Zubova, Liliya. 2023. Ecological hazard, typology, morphometry and quantity of waste dumps of coal mines in Ukraine. *Ecological Questions*. Vol. 34, no. 4, 1–19. DOI: <http://dx.doi.org/10.12775/EQ.2023.042>
3. Остапко, В. М. Регіональна екологічна мережа Донецької області: концепція, програма та схема / В.М. Остапко, О.З. Глухов, А.А. Блэкберн [и др.]. – Донецьк: Вид-во ТОВ "Технопак", 2008. – 96 с.
4. Загороднюк, І. Атлас екомережі Луганщини / І. Загороднюк, В. Ключев, В.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Форошук. – Луганськ: Віртуальна реальність, 2014. – 156 с.

5. Попченко Д.С., Артамонов В.Н. Обоснование необходимости создания экологической сети г. Донецка / Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів: матеріали XX Всеукр. наук. конф. аспірантів і студентів. – Донецьк: ДонНТУ, 2010. – С. 21-23.

УДК 666.971

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОБЖИГА НА КИНЕТИКУ
ГИДРАТАЦИИ ОКСИДА КАЛЬЦИЯ ПО ДАННЫМ
КОНДУКТОМЕТРИИ

Г. Е. Избасканова

Каракалпакский научно-исследовательский институт естественных
наук

Каракалпакского отделения АН РУз, Республика Узбекистан, г. Нукус

Аннотация. В работе исследована кинетика гидратации оксида кальция, полученного при обжига 900–1000 °С. В качестве основного метода использована кондуктометрия, позволяющая отслеживать изменение электропроводности системы во времени. Установлено, что повышение температуры обжига до 1000 °С ускоряет начальные стадии гидратации. Полученные результаты могут быть использованы при регулировании активности извести.

Annotation. The paper investigates the hydration kinetics of calcium oxide obtained at firing temperatures of 900–1000 °C. Conductometry was used as the main method, allowing the tracking of changes in the electrical conductivity of the system over time. It was established that increasing the firing temperature to 1000 °C accelerates the initial stages of hydration. The results obtained can be used to regulate the activity of lime.

Ключевые слова: оксид кальция (CaO), кинетика гидратации, кондуктометрия, температура обжига, электропроводность, пересыщение, реакционная способность.

Keywords: calcium oxide (CaO), hydration kinetics, conductometry, firing temperature, electrical conductivity, supersaturation, reactivity.

Гидратация оксида кальция представляет собой сложный процесс, включающий стадии растворения и последующей кристаллизации гидроксида кальция. Характер протекания этих стадий во многом определяется условиями получения исходного CaO, в частности температурой обжига.

Одним из чувствительных методов изучения кинетики гидратации является кондуктометрия, так как электропроводность раствора напрямую связана с концентрацией ионов Ca^{2+} и OH^- . Анализ изменения электропроводности во времени позволяет определить индукционный период и момент начала кристаллизации твердой фазы. Это имеет важное значение при оценке активности извести и

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

управлении её свойствами [1-5].

Образцы оксида кальция были получены при температурах обжига 900 и 1000 °С. Кинетика гидратации изучалась методом кондуктометрии с использованием прибора **НМ Digital COM-100**. Измерения удельной электропроводности проводились в режиме реального времени, что позволило зафиксировать динамику изменения концентрации ионов в растворе и определить момент достижения максимального пересыщения (табл. 1).

Таблица 1 Изменение удельной электропроводности системы CaO–H₂O при различных температурах обжига

900 °С				
Время, мин	0,1 г	0,5 г	1,0 г	10,0 г
00:00	4,2	4,6	6,1	5,2
01:00	48,1	259	802	929
05:00 (Пик)	82,4	385	860	877
20:00	95,3	422	861	838
1000 °С				
00:00	4,6	6,0	6,2	5,7
01:00 (Пик)	265	825	870	654
05:00	193	808	866	637
20:00	550	830	854	696

Как видно из представленных данных (рис. 1), повышение температуры обжига до 1000 °С существенно влияет на поведение системы на ранних стадиях гидратации. Особенно это заметно при малых навесках (0,1-0,5 г), где наблюдается резкое увеличение электропроводности и более раннее достижение максимума.

При увеличении массы навески до 10,0 г значения электропроводности сближаются, что связано с насыщением раствора гидроксидом кальция и ограничением растворимости.

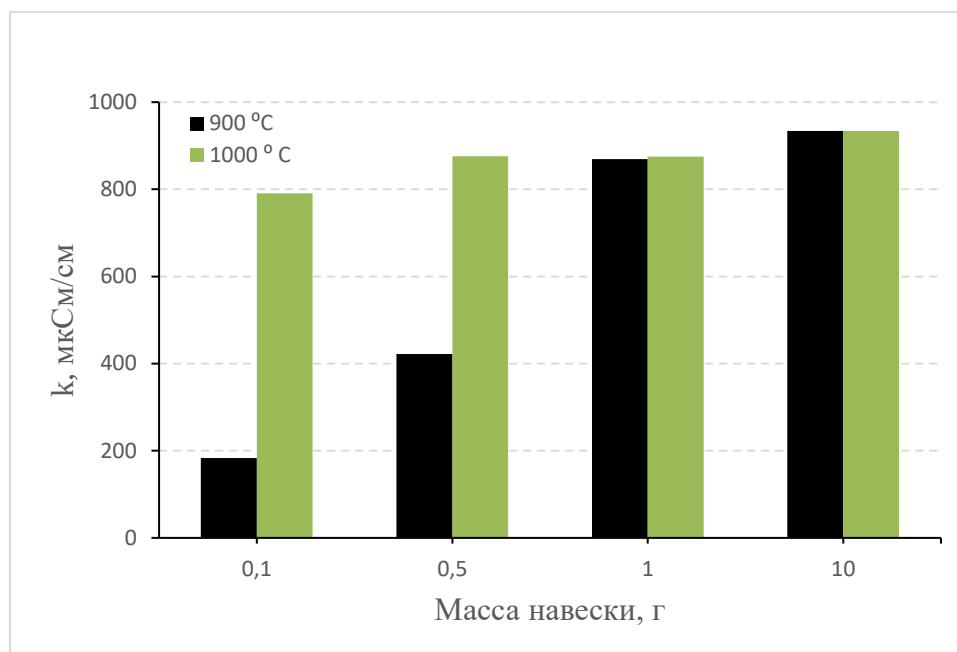


Рисунок 1. Зависимость пиковой электропроводности (k) системы $\text{CaO-H}_2\text{O}$ от массы навески при различных температурах обжига.

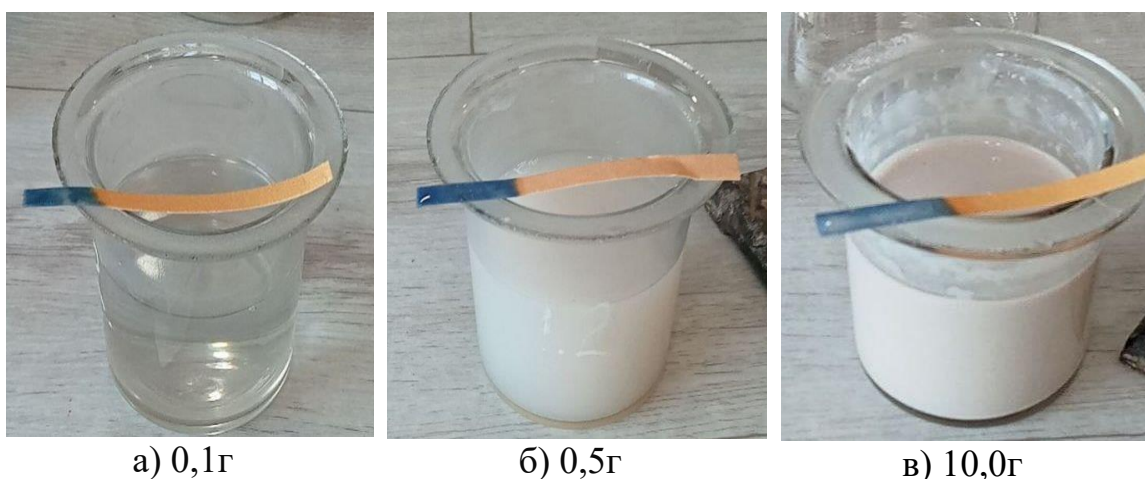


Рисунок 2. Консистенция системы при массе навески: а) 0,1 г; б) 0,5 г; в) 10,0 г.

Анализ консистенции дисперсных систем при различных твердой фазы (рис. 2) в совокупности с результатами расчетов позволяет сделать общий вывод о механизме структурообразования извести. Установлено, что температура обжига является определяющим фактором: если для высокоактивных образцов (CaO-900) характерно формирование связных пластичных систем с преобладанием физически связанной воды, то повышение температуры до $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ смещает процесс в сторону интенсивной

гидратации активных центров и образования жесткой, рыхлой пористой структуры. Таким образом, кинетика растворения и последующая кристаллизация гидратов напрямую определяют конечные технические свойства продукта, позволяя направленно регулировать качество извести через изменение температурных режимов её получения.

Выводы:

Установлено, что повышение температуры обжига с 900 до 1000 °С ускоряет начальную стадию гидратации CaO. При этом максимум электропроводности достигается уже на 1-й минуте.

Показано, что при увеличении массы навески до 10,0 г наблюдается эффект быстрой нуклеации, сопровождающийся резким снижением электропроводности вследствие кристаллизации Ca(OH)₂.

Подтверждена эффективность метода кондуктометрии для оценки реакционной способности извести.

Перечень ссылок

1. Шапорев В.П., Питак И.В. Исследование физико-химических закономерностей процесса взаимодействия оксида кальция с водой // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – Т. 6, № 6 (78). – С. 58-64.
2. Lyu K., Quashie G. Investigation of the effect of CaO characteristics on its hydration kinetics via electrical conductivity measurements // Cement and Concrete Research. – 2021. – Vol. 145. 106450.
3. Избасканова Г. Е., Туремуратов Ш.Н. Физико-химические свойства известняка Актауского месторождения // Universum: химия и биология. – 2025. – № 5(131).
4. Izbaskanova G. E., Turemuratov Sh.N. Influence of Calcination Temperature on the Physicochemical Properties of Limestone from the Aktau Deposit // Chemical Science International Journal. – 2025. – Vol. 34. Iss. 5. – P. 85-94.
5. Избасканова Г. Е., Туремуратов Ш. Н. Кальцинация известняка Актауского месторождения и морфология минеральных микронаполнителей известковых вяжущих // Строительные материалы. – 2026. – № 4. – С. 56-62

УДК 614.876:621.039.

**ОЦЕНКА СХОДИМОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ МОНИТОРИНГА
ГАММА-ФОНА СТАЦИОНАРНЫМИ И МОБИЛЬНЫМИ
СРЕДСТВАМИ В ЗОНЕ НАБЛЮДЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО
ОПАСНОГО ОБЪЕКТА**

С.Ю. Катаев, О.И. Дружинская

Димитровградский инженерно-технологический институт –
Филиал НИЯУ МИФИ

г. Димитровград, Ульяновская область

***Аннотация:** Представлены результаты сравнительного анализа мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения, измеренной стационарными постами АСКРО АО «ГНЦ НИИАР» и переносным дозиметром RADEX. Установлено, что относительное отклонение показаний не превышает $\pm 2\%$, что подтверждает высокую сходимость и достоверность открытых данных радиационного мониторинга.*

***Annotation.** The results of a comparative analysis of the gamma radiation ambient dose equivalent rate measured by stationary ARMS posts of JSC «SSC RIAR» and a portable RADEX dosimeter are presented. The relative deviation of readings was found not to exceed $\pm 2\%$, confirming high convergence and reliability of open radiation monitoring data.*

***Ключевые слова:** радиационный мониторинг, контроль, гамма-излучение, верификация данных, дозиметр, сходимость результатов.*

***Keywords:** radiation monitoring, control, gamma radiation, data verification, dosimeter, convergence of results.*

Обеспечение достоверности открытых данных радиационного мониторинга в зоне наблюдения (ЗН) потенциально опасных объектов является необходимым условием для доверия населения и корректной оценки радиационной обстановки.

Обеспечение радиационной безопасности (РБ) в ЗН любого радиационно-опасного объекта, в частности предприятий атомной отрасли является приоритетной задачей, регламентированной федеральными нормами и правилами [1]. Акционерное общество «Государственный научный центр – Научно-исследовательский институт атомных реакторов» (АО «ГНЦ НИИАР», г. Димитровград) эксплуатирует уникальные исследовательские ядерные реакторы, что обуславливает необходимость непрерывного радиационного

мониторинга не только на промышленной площадке, но и на прилегающих территориях. Основным инструментом такого контроля является автоматизированная система контроля радиационной обстановки (АСКРО), данные которой в части мощности амбиентного эквивалента дозы (МАЭД) гамма-излучения размещаются в открытом доступе и используются не только специалистами, но и населением [2].

Целью настоящей работы являлась верификация открытых данных АСКРО посредством натурных измерений, выполненных переносными дозиметрическими приборами в тех же географических координатах, и оценка сходимости показаний стационарных постов и портативных средств измерения. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: выбор контрольных точек, совпадающих с местоположением постов АСКРО; проведение серийных замеров портативным дозиметром в условиях, максимально приближенных к регламенту стационарных измерений; статистическая обработка ретроспективных данных АСКРО и результатов натурных измерений; анализ сходимости и оценка достоверности открытой информации о гамма-фоне в районе размещения института.

Стационарные посты оборудованы блоками детектирования на основе газоразрядных счетчиков, обеспечивающими непрерывное измерение МАЭД с последующей передачей данных в центр сбора. Чувствительность и диапазон измерений постов соответствуют требованиям методического обеспечения радиационного контроля [3].

Инструментальные замеры выполнялись с использованием портативного дозиметра RADEX. Фиксация показаний осуществлялась на высоте 1 м от поверхности земли; для исключения статистических флуктуаций в каждой контрольной точке выполнялось 10 последовательных замеров с последующим усреднением. Период проведения измерений был синхронизирован с временным интервалом выборки архивных данных АСКРО, что позволило сравнивать величины, относящиеся к одним и тем же временным и пространственным координатам.

Результаты параллельных измерений стационарными постами АСКРО и переносным дозиметром RADEX представлены в таблице.

Анализ данных таблицы показывает, что относительное расхождение показаний переносного дозиметра и стационарных постов АСКРО находится в пределах $\pm 2\%$, что существенно ниже допустимой основной погрешности, указанной в технической документации прибора. Такая высокая сходимость подтверждает корректность калибровки как стационарных, так и портативных

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

средств измерения, а также адекватность методики усреднения замеров, примененной при натурном эксперименте. Выявленные расхождения укладываются в границы случайной составляющей погрешности, обусловленной статистической природой радиоактивного распада при измерениях на уровне естественного радиационного фона.

Таблица 1 – Результаты верификации данных АСКРО методом инструментального контроля (дозиметр RADEX)

Точка наблюдения	МАЭД, мкЗв/ч		Стандартное отклонение RADEX, мкЗв/ч	Относительное отклонение, %
	по АСКРО	по RADEX (среднее из 10)		
Пост № 1	0,15	0,148	0,012	–1,3
Пост № 2	0,14	0,141	0,012	+0,8
Пост № 3	0,14	0,139	0,011	–0,7
Пост № 4	0,17	0,172	0,015	+1,2
Пост № 5	0,13	0,131	0,010	+0,8

Незначительные вариации абсолютных значений в диапазоне от 0,13 до 0,17 мкЗв/ч объясняются локальными особенностями подстилающей поверхности и состава почв, а также статистической природой радиоактивного распада. Стабильность показателей во времени и их соответствие многолетним фоновым значениям свидетельствуют об отсутствии техногенного вклада в радиационную обстановку со стороны деятельности исследовательских реакторов.

Таким образом, проведенное исследование подтверждает достоверность открытых данных радиационного мониторинга, предоставляемых АСКРО АО «ГНЦ НИИАР». Дозиметрическая обстановка в районе размещения института является стабильной и безопасной, а показания стационарных постов могут использоваться населением и специалистами в качестве надежного источника информации о текущем уровне гамма-фона.

Результаты работы целесообразно применять при актуализации программ производственного радиационного контроля, а также в системе экологического просвещения для повышения информированности граждан о состоянии окружающей среды.

Перечень ссылок

1. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарные правила и нормативы. – М : Роспотребнадзор, 2009. – 100 с.
2. Радиационная обстановка на предприятиях Росатома [Электронный ресурс] / Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. – Режим доступа: <https://www.russianatom.ru/> (дата обращения: 28.04.2026).

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

З. МУ 2.6.5.008-2016. Контроль радиационной обстановки. Общие требования : методические указания / Федеральное медико-биологическое агентство. – Введ. 2016-04-22. – М. : [б. и.], 2016. – 92 с.

УДК 531.31.15

**ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ В
АГЛОДОМЕНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

¹Э.П. Левченко, ²А.Т. Павленко, ¹О.А. Левченко
г. Алчевск

¹ФГБОУ ВО «Донбасский государственный технический
университет»,

²ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет им. В. Даля»
г. Луганск

Аннотация. Рассмотрены вопросы оптимизации технологии агломерации путём контроля гранулометрического состава сырья, являющегося ключевым фактором для снижения пылеобразования, потерь составляющих и негативного воздействия металлургической промышленности на окружающую среду.

Annotation. The article discusses the optimization of sintering technology by controlling the granulometric composition of raw materials, which is a key factor in reducing dust formation, component losses, and the negative impact of the metallurgical industry on the environment.

Ключевые слова: металлургическая промышленность, агломерат, пылеобразование, негативное воздействие, окружающая среда.

Keywords: metallurgical industry, sinter, dust formation, negative impact, environment.

В настоящее время промышленные выбросы металлургических предприятий достигли критического уровня, оказывая значительное негативное воздействие как на урбанизированные промышленные районы [1], так и на глобальную экологическую обстановку [2]. Если ранее загрязнения носили преимущественно локальный характер и не вызывали серьёзных опасений, то теперь человечество столкнулось с угрозой глобальных климатических изменений, что требует срочного поиска мер по их предотвращению [3].

В ответ на эти вызовы, в декабре 1997 года в Киото (Япония) было принято первое глобальное соглашение по охране окружающей среды, основанное на рыночных механизмах – Киотский протокол. Он стал дополнением к Рамочной конвенции ООН об изменении климата и обязывает развитые страны и страны с переходной экономикой сократить или стабилизировать выбросы парниковых газов.

Учитывая вышеизложенное и проблему значительных потерь

сырья, проводятся научные исследования, которые показали, что значительную долю в общих выбросах составляют процессы подготовки железных руд к плавке методом агломерации. Этот этап является предварительным перед доменной плавкой и последующим производством стали.

Например, на некоторых металлургических производствах, средние удельные выбросы пыли достигают 5-7 кг на тонну стали, а на отдельных, даже около 40 кг на тонну выплавленного чугуна. Для сравнения, на предприятиях Евросоюза аналогичные показатели составляют всего 0,4-0,5 кг на тонну стали, что на порядок ниже, чем в Донбассе. Агломерационное производство является одним из доминирующих источников атмосферного загрязнения на предприятиях чёрной металлургии, что обусловлено его интеграцией в процесс подготовки сырья для доменных печей. Технологический процесс спекания шихты для получения агломерата характеризуется интенсивным просасыванием воздуха (2500-3000 м³/т агломерата) через слой материала. В ходе этого процесса происходит насыщение воздуха летучими соединениями, включая серу и углерод, а также унос аэрозольных частиц. Пыль, образующаяся в результате агломерации, преимущественно представлена оксидами железа. Концентрация пыли в отходящих газах агломерационного производства может достигать 60 г/м³. При суточной производительности агломерата, например, на уровне 15000 тонн, суммарный выброс пыли за этот период может составлять до 2700 кг.

Исследование дробильно-измельчительного оборудования и технологии агломерации выявило, что качество сырья для доменных печей зависит не только от спекания железной руды, но и от устойчивости полученного агломерата к механическому разрушению при транспортировке [4]. Именно механическая прочность и оптимальный размер частиц являются ключевыми факторами, определяющими пылеобразование в доменном производстве. В частности, это связано с тем, что крупные куски сырья (100-300 мм) при столкновениях во время перегрузок самоизмельчаются, что приводит к образованию большого количества пылевидных фракций. Содержание таких мелких частиц в агломерате оказывает существенное влияние на эффективность последующих металлургических процессов и увеличивает объем выбросов загрязняющих веществ.

На прочность агломерата и объем вредных выбросов в отходящих газах влияют:

1. Концентрация углерода в топливе шихты.

2. Средний размер частиц топлива.

3. Гранулометрический состав сырых флюсов.

Размер частиц флюсов и топлива критически важен для прочности агломерата. От прочности зависит содержание пыли и CO_2 в отходящих газах при спекании на агломашине.

Таким образом, актуальность исследований, направленных на оптимизацию технологии агломерации и снижение пылеобразования, становится очевидной. Повышение прочности агломерата и контроль его фракционного состава могут не только уменьшить потери ценного сырья, но и значительно снизить негативное воздействие на окружающую среду.

В связи с этим, научные исследования направлены на разработку и внедрение инновационных подходов к оптимизации технологии агломерации. Целью является повышение механической прочности агломерата и контроль его фракционного состава, что позволит не только минимизировать потери ценного сырья, но и существенно снизить негативное воздействие на окружающую среду. Эти усилия способствуют достижению целей, поставленных международными соглашениями, и имеют важное значение для устойчивого развития как региона, так и планеты в целом.

Соблюдение оптимальной крупности частиц в шихте, при которой содержание годной фракции превышает 95% (твёрдое топливо – 0-3 мм, флюс – 2-3 мм), является ключевым фактором для достижения следующих улучшений в процессе производства агломерата [4]:

- увеличение удельной производительности агломерационных машин на 25-45%;
- снижение удельного расхода топлива на 5-7%;
- повышение восстановимости агломерата на 10-12,5% (согласно ГОСТ 17212-84);
- улучшение его прочности в восстановительных условиях на 50-74% (согласно ГОСТ 19575-84);
- повышение механической прочности агломерата на 10-25% (согласно ГОСТ 15137-77);
- сокращение выбросов отходящих газов и пыли в атмосферу на 5-10%.

Переработка отслужившего шамотного кирпича для получения требуемой фракции достигается путём двухстадийного процесса. Первая подсистема – дробление исходного материала, где размер получаемых частиц превышает 5 мм. Вторая подсистема – измельчение, в результате которого размер готового продукта

составляет менее 5 мм. Объединяющим звеном этих стадий является дробильно-измельчительная машина (ДИМ), конструкция которой предусматривает многократное разрушение материала. Принцип работы многодисковой дробилки ДИМ основан на вертикальном многоступенчатом измельчении [5]. Специфическая форма подвижных и неподвижных дисков создаёт срезающие усилия, которые и осуществляют дробление. Высокая эффективность процесса измельчения, включая интенсивное истирание мелких частиц, достигается за счёт наличия множества разгрузочных щелей между дисками. Производительность дробилки повышается благодаря тому, что суммарная пропускная способность всех этих щелей значительно превосходит пропускную способность одной щели, расположенной между двумя дисками. Полученный порошок может снова использоваться в металлургической отрасли.

В контексте этих исследований, особое внимание уделяется разработке новых, более эффективных дробильно-измельчительных машин, способных обеспечить оптимальный гранулометрический состав готового продукта. Это включает в себя изучение влияния различных конструктивных решений и режимов работы оборудования на степень дробления и измельчения сырья для минимизации образования чрезмерно мелких фракций, которые впоследствии становятся источником пыли.

Выводы. Таким образом, комплексный подход к решению проблемы пылеобразования и переработки отходов в агломерационном производстве, включающий как технологические, так и инженерные аспекты, является залогом успешного снижения негативного воздействия металлургической промышленности на окружающую среду и здоровье человека, а также способствует выполнению международных обязательств по сокращению выбросов парниковых газов. Результаты этих исследований имеют прямое практическое значение для повышения экологической безопасности и экономической эффективности металлургических предприятий Донбасса и за его пределами.

Перечень ссылок

1. Левченко Э.П., Федорова В.С., Павленко А.Т. [и др.]. Экология мегаполисов и промышленных агломераций. Лабораторные работы: Учебное пособие. Москва, Вологда: «Инфра-Инженерия», 2025. 132 с.
2. Левченко Э.П., Федорова В.С., Павленко А.Т. [и др.]. Экология мегаполисов и промышленных агломераций. Практические работы: учебное пособие. Москва, Вологда: Инфа инженерия, 2025. – 140 с.
3. Левченко О.А. Комплексные направления повышения качества агломерата и защиты природной среды // Экология и промышленность, 2006. № 1. С. 27–29.
4. Левченко Э.П., Власенко Д.А., О.А. Левченко [и др.]. Повышение качества агломерата путём улучшения дисперсного состава сырьевых компонентов //

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Современные проблемы теории машин, 2015. № 3. С. 281-282.

5. Левченко О.А., Левченко Э.П., Зинченко А.М. Комбинированные дробильно-измельчительные машины и возможности их применения для измельчения отходов шамотного кирпича // Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета, 2010. № 33. С. 227-332.

УДК 665.58

СПЕЦИФИКА КОМПЛЕКСА КОСМЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ УХОДА ЗА ЖИРНОЙ КОЖЕЙ ЛИЦА

А.Н. Леонов, Т.П. Кулишова
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический
университет»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация: Рассмотрены основные этапы ухода за жирной кожей лица, а также основные компоненты косметических средств и оказываемое действие. Приведены вещества, которых следует избегать в составе средств для указанного типа кожи.

Annotation: The main stages of care for oily skin of the face, as well as the main components of cosmetics and the effect are considered. The substances that should be avoided in the composition of products for the specified skin type are given.

Ключевые слова: косметические средства, уход, жирная кожа лица

Keywords: cosmetics, care, oily skin

Одной из современных проблем здоровья человека является проблема кожи лица, что обусловлено как экологическим влиянием, так и продуктами и режимом питания, и наследственными факторами. Нездоровая кожа влияет на психологическое состояние и эстетический вид человека. Поэтому важно понимать, как ухаживать за кожей в такой проблемной ситуации, как жирная кожа.

Технология комплекса косметических средств для ухода за жирной кожей лица направлена на решение нескольких задач: нормализацию работы сальных желёз, предотвращение воспалений, сужение пор, увлажнение без перегрузки кожи и защиту от внешних факторов. Такой уход обычно включает несколько этапов и специфические компоненты в составе средств.

Основные этапы ухода

1. Очищение. Используются мягкие гели, пенки или муссы для умывания с нейтральным рН (оптимальный уровень — 4,5–5,5). Они должны эффективно удалять излишки себума и макияж, но не вызывать ощущения стянутости. Агрессивные ПАВ, щёлочи, спирт и мыло в составе нежелательны. Вечером рекомендуется двухэтапное очищение: сначала гидрофильное масло или мицеллярная вода для

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

растворения макияжа и солнцезащитных средств, затем — гель для глубокого очищения

2. Тонизирование. Тоники или лосьоны с вяжущими агентами (экстракт гамамелиса, коры дуба) помогают сузить поры. Следует избегать спиртосодержащих средств, которые пересушивают кожу и провоцируют гиперкомпенсацию сальных желёз.

3. Сыворотки и концентраты. Могут содержать активные компоненты для точечного решения проблем: кислоты, ниацинамид, ретинол и т. д. Наносятся за 3–5 минут до крема.

4. Увлажнение и себорегуляция. Используются лёгкие кремы, гели, эмульсии или флюиды с матирующими, увлажняющими и себорегулирующими компонентами. Важно, чтобы текстура была не слишком плотной, чтобы не перегружать кожу

5. Защита от солнца. Обязателен SPF-фильтр, особенно в летнее время, чтобы предотвратить обострения и пигментацию. Для жирной кожи подходят средства с лёгкой текстурой и матирующим эффектом

6. Дополнительные средства. Маски (например, с глиной для глубокого очищения пор), скрабы или пилинги для отшелушивания ороговевших клеток. Их используют 1–3 раза в неделю.

Основные компоненты в составе средств по уходу за жирной кожей лица и результат их действия представлены табл. 1.

Таблица 1 - Ключевые компоненты в составе средств по уходу за жирной кожей лица и направленность их действия

Компонент	Действие
Ниацинамид (витамин В ₃)	Регулирует выработку себума, сужает поры, уменьшает покраснения, укрепляет защитный барьер кожи
Цинк (цинк РСА, сульфат цинка)	Снижает жирность кожи, обладает антисептическим и противовоспалительным действием, подсушивает воспаления
Салициловая кислота (ВНА)	Растворяет кожное сало внутри пор, отшелушивает ороговевшие клетки, уменьшает воспаления.
Матирующие компоненты (диоксид кремния, глина, тальк в безопасных концентрациях)	Абсорбируют излишки себума, уменьшают жирный блеск

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Гиалуроновая кислота	Обеспечивает глубокое увлажнение без утяжеления, снижает компенсаторную жирность.
Ретинол и его формы (ретинол, ретинилпальмитат)	Ускоряет обновление клеток, очищает поры, регулирует выработку кожного сала при регулярном применении
Увлажняющие компоненты (глицерин, экстракт алоэ, термальная вода)	Поддерживают водный баланс, предотвращают гиперкератоз и закупорку пор
Антиоксиданты и витамины (витамины А, Е, С, глутатион, альфа-липоевая кислота, коэнзим Q10)	Защищают кожу от преждевременного старения и повреждений.
Азелаиновая кислота	Нормализует процесс кератинизации и выработку себума, снимает покраснение, обладает осветляющим эффектом

Однако, нужно учитывать не только полезные компоненты косметических средств, но и те, которые могут усугубить проблемы с кожей.

Компоненты, которых следует избегать

- Минеральные и некоторые растительные масла (например, кокосовое масло, петролатум, mineral oil) — могут закупоривать поры
- Силиконы в избытке — провоцируют закупорку пор.
- Ланолин — часто вызывает комедоны.
- Тяжёлые ароматизаторы и красители.
- Агрессивные ПАВы, спирт, ацетон, детергенты — нарушают защитный барьер кожи.
- Комедогенные вещества — забивают поры.
- Сезонные особенности
- Летом акцент делается на лёгких гелевых или кремовых текстурах и усиленной защите от солнца с матирующим эффектом.
- Зимой допустимо более плотное увлажнение, но без комедогенных компонентов.

На основании изложенных данных по уходу за жирной кожей лица можно сделать рекомендации по выбору косметических средств:

- изучайте состав: ищите ключевые полезные компоненты и

избегайте нежелательных.

- ищите маркировку «non-comedogenic», «oil-free», «for oily/problem skin».
- учитывайте сезонность и состояние кожи.
- начинайте с пробников или мини-версий, особенно при чувствительной коже.
- наносите крем на слегка влажную кожу после тоника, утром и вечером.

Перед подбором индивидуального комплекса средств рекомендуется проконсультироваться с косметологом, который учтёт не только тип кожи, но и её состояние, возраст, аллергические реакции и другие факторы.

Выводы. В результате проведенного исследования по подбору косметических средств для жирной кожи лица были представлены основные этапы ухода за такой кожей, приведены компоненты, которые оказывают полезное воздействие и нежелательные компоненты, которые могут усугубить проблемы. даны рекомендации по подбору косметических средств.

Перечень ссылок

1. Кривова, А.Ю. Технология производства парфюмерно-косметических продуктов / А.Ю. Кривова, В.Х. Паронян. – Москва : ДеЛи принт, 2009. - 668 с.
2. Природные антиоксиданты – инновационные компоненты косметических композиций : учебное пособие / Ю. А. Шигабиева, С. А. Богданова, М. А. Сысоева [и др.]. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016. — 104 с. — ISBN 978-5-7882-1965-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/79479.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3. Салициловая кислота для кожи лица: применение в косметике, польза [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.larocheposay.ru/blog/salicilovaja-kislota-dlja-lica#Razdel2>. – Загл. с экрана.
4. Саутина, Н. В. Натуральные ингредиенты косметических средств. В 2 частях. Ч.1 : учебное пособие / Н. В. Саутина, Ю. Г. Галяметдинов. — Казань : Издательство КНИТУ, 2020. — 84 с. — ISBN 978-5-7882-2918-8 (ч.1), 978-5-7882-2879-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/121003.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

УДК 662.7:552.573:539.26:543.421/.424

ИССЛЕДОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОГО СТРОЕНИЯ
МОДИФИЦИРОВАННОГО МОЧЕВИНОЙ АКТИВИРОВАННОГО
ПАРОМ АНТРАЦИТА

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

Аннотация Методами ИК-спектроскопии и элементного анализа исследовано молекулярное строение модифицированного мочевиной активированного паром антрацита. Показано, что с ростом температуры обработки ароматичность образцов, содержание азота и ароматического водорода, а также длина алифатических цепей снижаются при росте атомного отношения водород/углерод.

Annotation. The molecular structure of carbamide-modified steam-activated anthracite was studied using IR spectroscopy and elemental analysis. It is shown that as the processing temperature increases, the aromaticity of the samples, the content of nitrogen and aromatic hydrogen, as well as the length of the aliphatic chains decrease with increasing atomic ratio of hydrogen/carbon.

Ключевые слова: антрацит, мочеви́на, активирование, ИК-спектроскопия, молекулярное строение.

Keywords: anthracite, urea, activation, IR spectroscopy, molecular structure

Модифицированные азотом активированные антрациты нашли применение в различных областях промышленности и техники, в том числе как эффективные адсорбенты с широким спектром возможностей [1]. Для улучшения функциональных свойств таких материалов осуществляется поиск методов, обеспечивающих малую затратность достижения результата. В этой связи многообещающим представляется подход через исследование молекулярной структуры и ее изменения в процессе производства сорбентов.

Поскольку в литературе сведения о молекулярной структуре модифицированного мочевиной активированного паром антрацита нами не найдены, поставлена цель получить эти сведения из результатов ИК-спектроскопии и элементного анализа.

Образцы легированного мочевиной активированного антрацита [{АА-М₃₅₀ (600, 800), где 350, 600 и 800 – температуры прокаливания (°С) эквимассовых смесей активированного антрацита (АА) и мочевины (М)}] получили по методике [2], а АА – активацией антрацита (А) фракции 0,63–1,0 мм шахты «Шахтерская-Глубокая» (ГП «Торезантрацит», г. Шахтерск, ДНР, пласт h8, класс П) водяным паром в условиях и на лабораторной установке, приведенных в [3].

ИК-спектры пропускания снимали на инфракрасном спектрометре Bruker Optik GmbH Vertex 70. Образцы готовили прессованием смеси бромида калия с соответствующим образцом в соотношении по массе 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. Содержание углерода, азота и водорода определяли на анализаторе CHN Perkin-Elmer 2400.

Показатели молекулярного строения легированных активированных антрацитов АА-М₃₅₀, АА-М₆₀₀, АА-М₈₀₀ рассчитывали из результатов ИК-спектроскопии и элементного анализа (табл. 1) по методикам и формулам (1–5), описанным в [4, 5].

$$H_{ar} = \frac{A_{ar}/0,2A_{al}}{1 + (A_{ar}/0,2A_{al})} \quad (1)$$

$$C_{ar} = 1 - C_{al}/C \quad C_{al}/C = (H_{al}/H \times H/C)/(H_{al}/C_{al}) \quad (2)$$

$$\frac{CH_3}{CH_2} = 0,5 \times \left(\frac{A_{2955}}{A_{2923}} \right) \quad (3)$$

$$f_{aИКС} = 1 - C_{al}/C \quad (4)$$

$$H_{al}/H = H_{al}/(H_{al} + H_{ar}) = \frac{A_{al}}{A_{al} + A_{ar}} \quad (5),$$

где Н – содержание водорода в органической массе угля; Н_{ar}, Н_{al} – содержание водорода в ароматических и алифатических структурах; А_{ar}, А_{al} – интегральные интенсивности полос поглощения (п. п.) для ароматического и алифатического водорода, соответственно; С – содержание углерода в органической массе угля; С_{ar}, С_{al} – содержание углерода в ароматических и алифатических структурах, соответственно; Н/С – атомное отношение водорода к углероду по

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

данным элементного анализа; CH_3 , CH_2 – содержание CH_3 - и CH_2 -групп, соответственно; A_{2923} , A_{2955} – интенсивность п. п. растяжения связи С-Н в группах CH_2 и CH_3 , соответственно; f_a – ароматичность угля; $f_{\text{ИКС}}$ – ароматичность угля, рассчитанная по данным ИК-спектроскопии; $\text{H}_{\text{ал}}/\text{C}_{\text{ал}}$ – атомное отношение водорода к углероду для алифатических групп, равное 2 (принятое значение для углей).

Теоретическую кажущуюся ароматичность оценили по соотношению Оррего-Руиса:

$$f_a = -0,5438 * H/C + 1,16 \quad (6)$$

Показатель степени конденсированности ароматических структур (СК) рассчитали по модифицированному уравнению Ван-Кревелена вида (7):

$$\text{СК} = 2 - f_a - H/C \quad (7)$$

Результаты элементного анализа образцов АА-М350, АА-М600, АА-М800 приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Содержание углерода и водорода в образцах АА-М350, АА-М600, АА-М800 по данным элементного анализа

Образец	Элементный состав, мас. %			Атомное отношение Н/С
	С	Н	Н	
АА-М ₃₅₀	78,44	0,89	2,90	0,14
АА-М ₆₀₀	75,42	1,24	1,64	0,20
АА-М ₈₀₀	91,93	1,61	1,03	0,21

Согласно данным табл. 1, по мере повышения температуры обработки содержание водорода и отношение Н/С растут. Углерод, в конечном итоге, также накапливается, но с резким понижением содержания у образца АА-М₆₀₀.

ИК-спектры образцов АА-М350, АА-М600, АА-М800 приведены на рис. 1. Общий вид и области поглощения функциональных групп и фрагментов на спектрах исследованных образцов характерны для антрацитов [4, 5]. На вставках на рис. 1 отражены фрагменты спектров, п. п. которых использованы для оценок и расчетов полуколичественных индексов молекулярного строения модифицированных антрацитов. Результаты расчетов собраны в табл. 2.

Таблица 2 – Полуколичественные индексы молекулярного строения полученных образцов по данным ИК-спектроскопии

Образец	H _{ar}	H _{al}	C _{al}	C _{ar}	CH ₃ /CH ₂	f _{аИКС}	СК	f _а
АА-М ₃₅₀	1,00	–	0,17	6,36	0,60	0,97	0,89	1,08
АА-М ₆₀₀	0,99	0,25	0,13	6,15	0,65	0,98	0,82	1,05
АА-М ₈₀₀	0,83	0,78	0,38	7,28	0,26	0,95	0,84	1,04

В табл. 2 дополнительно приведены расчеты теоретической кажущейся ароматичности, полученные по формуле (6). Этот показатель для образцов уменьшается в ряду: АА-М₃₅₀ > АА-М₆₀₀ > АА-М₈₀₀. Такой же тенденции подвержены параметры f_{аИКС} и СК, при незначительном выпадении из общей тенденции характеристик образца АА-М₆₀₀. Подобным образом из ожидаемых закономерностей выпадают значения параметров C_{al} и C_{ar}, полученные для этого образца.

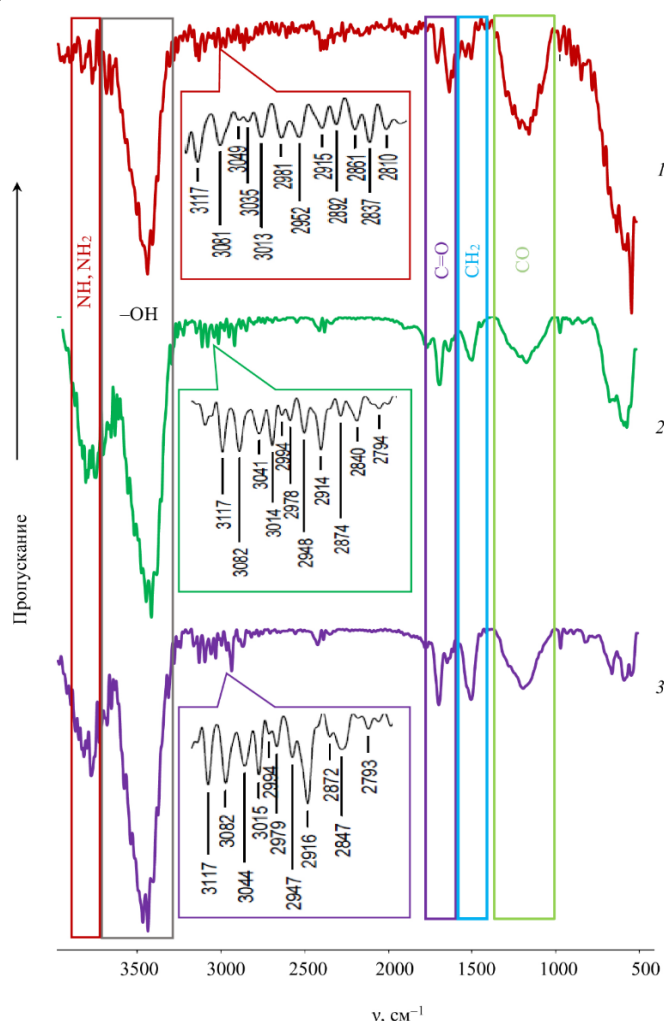


Рисунок 1 – ИК-спектры эквимассовых смесей активированного антрацита и мочевины, прокаленных при температурах, °С: 1 – 350, 2 – 600, 3 – 800

Наблюдаемый характер изменения перечисленных параметров свидетельствует о сложности формирования молекулярной структуры образцов, как в следствии воздействия температуры, так и в результате изменения содержания атомов азота (оно снижается) в структуре графеновых слоев (табл. 1).

Отношение CH_3/CH_2 у образца АА-М800 вдвое ниже, чем у образцов по серии. Это может свидетельствовать о резком уменьшении длины алифатических углеводородных цепей с подъемом температуры обработки.

Выводы. Получены материалы на основе легированного мочевиной активированного паром антрацита. Методами ИК-спектроскопии и элементного анализа исследовано их молекулярное строение. Установлено, что повышение температуры и введение в состав антрацита азота приводит к снижению ароматичности при одновременном уменьшении длины алифатических цепей в структуре синтезируемых материалов.

Перечень ссылок

1. Chen X.; Jin X., Zhang C., Jiao Z., Yang, Z., Wang K., Li J., Zhang Q. Nitrogen-doped weathered coal for the efficient adsorption of lead: Adsorption performance and mechanisms. – *Molecules*. – 2024. – V. 29. – ID 5589. – 13 p. <https://doi.org/10.3390/molecules29235589>
2. Лозинский Н.С., Мороз Я.А., Зеленский М.Ю., Лозинский Е.Н. Исследование взаимодействия между активированным антрацитом и мочевиной // Сборник материалов 15-й Всероссийской научной конференции с международным участием «Химическая термодинамика и кинетика», г. Донецк, 19-22 мая 2025 г. – Донецк: ИНФОРМ, ДонГУ, 2025. С. 59–60.
33. Кравченко В.В., Алемасова Н.В., Савоськин М.В., Бурховецкий В.В., Носолев И.К. Углеродные сорбенты из антрацита Донецкого региона// Вестн. Твер. гос. ун-та. Серия: Химия. – 2022. – № 3 (49). – С. 106–119. <https://doi.org/10.26456/vtchem2022.3.13>
4. Kuznetsov P., Avid B., Kuznetsova L., Fan X., Xu J.-F., Kamenskiy E., Lyrshikov S. Comprehensive characterization of the molecular structure and properties of pitch-like products from coal dissolution at mild temperature using heavy solvents of coal and petroleum origin// *Materials*. – 2025.– V. 18, – ID 1660. – 19 p. <https://doi.org/10.3390/ma18071660>
5. Wang Ch., Fan R., Zhang Sh., Hao D., Zhou E., Duan Ch. Pore structure modification and characterization of carbon adsorbent prepared by high-sulfur anthracite blending coal // *Int. J. Coal Prep. Util.* – 2022. – V. 43, Is. 12. – P. 1–19. DOI: 10.1080/19392699.2022.2130901

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках бюджетной темы FRES-2026-0015 «Получение и анализ супрамолекулярных и легированных углеродных структур с промышленно полезными свойствами».

УДК 504.064.3:66.02

**ЭКОЛОГИЯ КАК ЛИМИТИРУЮЩИЙ РЕАКТОР:
НАМЕРЕННОЕ СНИЖЕНИЕ СКОРОСТИ ХИМИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ
ТРУДНОУДАЛЯЕМЫХ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ**

Р.С. Лунёв

Санкт-Петербургская государственное бюджетное профессиональное
образовательное учреждение «Академия управления городской
средой, градостроительства и печати»
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

***Аннотация.** В статье предлагается пересмотр принципа «максимальной скорости химической реакции» как безусловного технологического блага. Показано, что форсированные режимы закономерно приводят к образованию стойких полициклических и галогенированных побочных продуктов. Вводится понятие «экологической селективности» реакции. Обосновывается концепция намеренного кинетического лимитирования — управляемого снижения скорости для сокращения выхода трудноудаляемых примесей. Предложен критерий оценки экологической эффективности процесса, учитывающий массу отходов и их токсичность.*

***Annotation.** The article proposes a revision of the principle of "maximum chemical reaction rate" as an unconditional technological benefit. It is shown that forced modes naturally lead to the formation of persistent polycyclic and halogenated by-products. The concept of "ecological selectivity" of a reaction is introduced. The concept of intentional kinetic limitation is substantiated — a controlled reduction in velocity to reduce the yield of difficult-to-remove impurities. A criterion for assessing the environmental efficiency of the process is proposed, taking into account the mass of waste and its toxicity.*

***Ключевые слова:** экология, химическая технология, лимитирующий реактор, скорость реакции, побочные продукты, кинетический контроль, биоразлагаемость отходов.*

***Keywords:** ecology, chemical technology, limiting reactor, reaction rate, by-products, kinetic control, biodegradability of waste.*

Традиционная химическая технология стремится к максимальной скорости реакции: высокие температура и давление, концентрированные реагенты, агрессивные катализаторы. Это

снижает себестоимость тонны продукта [1, с. 33]. Однако экологическая плата за такое форсирование часто не учитывается на стадии проектирования. Чем выше скорость, тем больше доля побочных процессов, приводящих к образованию стойких органических загрязнителей — от хлорфенолов до полициклических ароматических углеводородов [2, с. 78]. В статье предлагается противоположный подход: рассматривать экологические ограничения как лимитирующий реактор, намеренно снижающий скорость основного процесса в обмен на радикальное упрощение очистки сточных вод и газовых выбросов.

Рассмотрим проблему трудноудаляемых побочных продуктов. При форсированных режимах в реакционной смеси возникают соединения, которые практически не удаляются на биологических очистных сооружениях. Это, прежде всего, ароматические полигалогенпроизводные, конденсированные гетероциклы и олигомерные молекулы [3, с. 145]. Их опасность определяется тремя факторами: низкой растворимостью в воде (накапливаются в донных отложениях), устойчивостью к ферментативной атаке (отсутствие легко гидролизуемых связей) и способностью к биоаккумуляции. Например, при нитровании толуола в жёстких условиях образуются динитротолуолы и тринитротолуолы, которые требуют дорогостоящего озонирования или сжигания. При более мягком кинетическом режиме основным побочным продуктом является орто-нитротолуол, извлекаемый ректификацией и возвращаемый в процесс. Таким образом, один и тот же химический процесс в зависимости от скорости может порождать принципиально разную экологическую нагрузку.

Рассмотрим концепцию экологической селективности. Итак, введём термин «экологическая селективность» — доля побочных продуктов, которые могут быть удалены из сточных или газовых потоков методами, не требующими сжигания или полигонного захоронения. Экспериментально показано, что для многих реакций электрофильного замещения и радикального окисления экологическая селективность резко падает при превышении некоторой пороговой температуры или концентрации реагента. Причина — переход от контролируемой кинетики (основной канал) к диффузионно-контролируемой стадии, где растёт вероятность последовательных конденсаций [4, с. 201]. Технологически это означает, что оптимальная температура синтеза с точки зрения полного жизненного цикла всегда ниже температуры, дающей максимум выхода по целевому продукту. Игнорирование этого факта приводит к ситуации,

когда экономия на реакторе оборачивается многократными затратами на переработку высокотоксичных отходов.

Рассмотрим намеренное кинетическое лимитирование. Итак, нами предлагается метод намеренного кинетического лимитирования — снижение скорости реакции путём разбавления одного из реагентов инертным разбавителем (азотом, водяным паром, растворителем с высокой теплоёмкостью) или небольшого понижения температуры. При этом наблюдается следующая закономерность. Основная реакция замедляется незначительно, так как её кинетика близка к первому порядку. В то же время последовательные побочные реакции, имеющие более высокие порядки и энергии активации, подавляются в гораздо большей степени (в 2–5 раз). В результате выход целевого продукта снижается всего на 1–3%, зато концентрация трудноудаляемых примесей падает в 5–10 раз. Производство переходит из категории «требуется инсинерация отходов» в категорию «отходы третьего–четвёртого класса опасности, подаваемые на биоочистку».

Рассмотрим экологически ориентированный критерий эффективности. Так, классический показатель E-factor (отношение массы всех отходов к массе целевого продукта) не учитывает разницу между безобидным раствором соли и ультратоксичным диоксиноподобным соединением. Поэтому предлагается использовать критерий, который умножает массу каждого вида отходов на его токсический эквивалент (например, по отношению к фенолу или по классификации опасности для водных организмов). Для форсированного процесса такое произведение может быть в 5–10 раз выше, чем для намеренно лимитированного. При этом эксплуатационные затраты на очистку падают пропорционально снижению интегральной токсичности, а не просто массы отходов. Подход намеренного кинетического лимитирования особенно эффективен в следующих случаях: производство красителей и азокрасителей (снижение образования сульфированных полиазосоединений); синтез фармацевтических субстанций, где примеси изомеров требуют многократной перекристаллизации; эпоксидирование олефинов (контроль образования глицидолов, токсичных для водных организмов); реакции хлорирования и бромирования ароматических соединений (подавление образования полихлорированных бифенилов). В то же время метод нецелесообразен для газофазных процессов с полным сгоранием, для крупнотоннажного органического синтеза (нефтехимия, производство мономеров), где ключевую роль играет себестоимость кубометра

реакторного пространства, а также для производств, где основным отходом является вода, не содержащая токсичных органических примесей. На первый взгляд, снижение скорости ведёт к уменьшению объёмной производительности и росту капитальных затрат (требуется реактор большего объёма). Однако для малых и средних производств (до 10 тысяч тонн в год) удорожание реакторного парка на 30–50% часто перекрывается сокращением затрат на очистку сточных вод в 2–4 раза. Кроме того, предприятия, внедрившие кинетическое лимитирование, легче проходят экологическую экспертизу и получают разрешения на сброс в городскую канализацию, минуя строительство дорогостоящих локальных установок озонирования, обратного осмоса или термического обезвреживания. В перспективе ужесточение нормативов предельно допустимых концентраций для органических микропримесей сделает такой подход экономически оправданным и для более крупных производств.

Следует отметить, что город Санкт-Петербург занимает особое место в контексте внедрения концепции намеренного кинетического лимитирования. Город является крупнейшим промышленным центром Северо-Запада России с высокой концентрацией химических, нефтехимических, фармацевтических и лакокрасочных производств. При этом Нева и Невская губа — не только источники водоснабжения мегаполиса, но и чувствительная акватория, связанная с Финским заливом и Балтийским морем, где проблема стойких органических загрязнителей стоит особенно остро. Для Санкт-Петербурга наиболее актуальны следующие аспекты предлагаемого подхода. Во-первых, наличие предприятий малого и среднего химического тоннажа, где внедрение кинетического лимитирования наиболее экономически оправдано. Речь идёт о производстве фармацевтических субстанций на базе ОЭЗ «Санкт-Петербург» (участок «Нойдорф», «Марьино»), предприятиях по синтезу реактивов и красителей (например, бывший «Красный химик», отдельные цеха «Пигмента»). Для этих производств характерен многокомпонентный состав сточных вод, содержащий трудноокисляемые органические примеси. Во-вторых, особая уязвимость водоприёмников. Сбросы промышленных предприятий Санкт-Петербурга поступают в Неву, а затем в Финский залив, где процессы самоочищения замедлены из-за низкой температуры воды, опреснения и ограниченного водообмена с основной частью Балтики. Накопление даже небольших количеств устойчивых галогенорганических соединений в донных отложениях Невской губы создаёт долговременную экологическую угрозу. Поэтому снижение концентрации трудноудаляемых примесей в 5–10

раз, достигаемое кинетическим лимитированием, для Санкт-Петербурга имеет критическое значение. В-третьих, наличие научно-технического потенциала. В Санкт-Петербурге работают Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Институт химии силикатов РАН, Институт экологии НИУ ВШЭ в Санкт-Петербурге, а также отраслевые лаборатории на предприятиях. Это создаёт базу для экспериментальной отработки мягких кинетических режимов на пилотных установках перед внедрением в промышленность. В-четвёртых, существующие экологические ограничения. Границы особо охраняемых природных территорий (заказники «Южное побережье Невской губы», «Гладышевский», «Кургальский» для Ленинградской области в целом) и требования к качеству воды в местах рекреации (пляжи Сестрорецка, Репино, Комарово) требуют более жёстких нормативов сбросов, чем в среднем по России. Это создаёт регуляторный стимул для внедрения технологий, снижающих интегральную токсичность стоков, а не только их объём. В качестве конкретной рекомендации для предприятий Санкт-Петербурга можно предложить следующее: при модернизации реакторных парков предусмотреть возможность работы в двух режимах — форсированном (для массовых неопасных продуктов) и кинетически лимитированном (для продуктов, чьи стоки содержат галоген- или нитрозамещённые ароматические соединения). Переход между режимами должен осуществляться без остановки производства, например, изменением подачи инертного газа-разбавителя или частоты вращения мешалки в реакторах периодического действия.

Экологические ограничения не должны быть только «фильтрами на выходе трубы». Они способны и должны влиять на выбор кинетического режима химического реактора. Намеренное снижение скорости реакции входит в противоречие с доктриной интенсификации, но открывает путь к производству, где жидкие отходы становятся биоразлагаемыми, газовые выбросы не содержат ультратоксичных примесей, а твёрдые отходы могут быть утилизированы как малоопасные. Предложенная концепция «экологии как лимитирующего реактора» требует дальнейшей экспериментальной верификации на конкретных технологических процессах, но уже сейчас может быть рекомендована для малых химических производств, ориентированных на минимальное воздействие на водные экосистемы и здоровье населения.

Перечень ссылок

1. Бесков В. С., Сафронов В. С. Общая химическая технология. — М.:

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Академкнига, 2018. — 452 с.

2. Ветошкин А. Г. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. — Пенза: Изд-во ПГУ, 2019. — 312 с.

3. Зайнуллин Р. И., Камалова И. А. Токсикология стойких органических загрязнителей. — Казань: КФУ, 2020. — 268 с.

4. Родионов А. И., Клушин В. Н. Технология переработки токсичных отходов. — М.: БИНОМ, 2017. — 394 с.

УДК 674.816.3

НОВЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ПЛИТНОГО МАТЕРИАЛА ИЗ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

В.Г. Матвиенко

ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»
г. Донецк

***Аннотация.** Предложен новый способ получения плитного материала из целлюлозосодержащего сырья путем добавления к нему при перемешивании серной кислоты, прессования плит при обычной температуре и нейтрализации кислоты газообразным аммиаком. Полученные плиты имеют небольшую плотность, хорошую прочность, экологичность и огнестойкость.*

***Annotation.** A new method for producing a board material from cellulose-containing raw materials by adding sulfuric acid to it during mixing, pressing the boards at normal temperature, and neutralizing the acid with gaseous ammonia. The resulting boards have a low density, good strength, environmental friendliness, and fire resistance.*

***Ключевые слова:** древесные опилки, стружки, серная кислота, аммиак, прессование.*

***Key words:** sawdust, shavings, sulfuric acid, ammonia, pressing.*

В настоящее время в различных отраслях промышленности наряду с цельной древесиной широко используются различные композиционные древесно-плитные материалы: фанера (на основе древесного шпона), ДСтП (древесно-стружечные плиты на основе стружек и опилок), ДВП (используется древесное волокно), OSB (на базе крупных древесных стружек, ориентированных в определенном направлении) и др. Формуются плиты путем горячего прессования (температура 150 – 200⁰ С и давление 1 -25 МПа). При этом связь между дискретными частицами композиционного материала обеспечивается с помощью синтетических смол (карбамидоформальдегидных, фенолформальдегидных и др.). В процессе эксплуатации изделий, изготовленных из таких материалов, происходит выделение газообразных вредных веществ (формальдегида, фенола и др.). Получение качественных плитных материалов из отходов промышленного и сельскохозяйственного производства приобретает все более важное значение вследствие резкого удорожания цельной древесины и ужесточения требований к

экологической чистоте интерьерных изделий и строительных материалов. Такие плиты могут найти широкое применение в производстве корпусной и встроенной мебели, изготовлении дверных полотен, стеллажей, подоконников, столешниц, сидений табуретов, облицовочных плит для внутренних стен, панелей, подвесных потолков, настилки черновых полов и т.д.

Нами предложен метод получения плитного материала из дисперсной древесины (опилок, стружек) или другого целлюлозосодержащего сырья (соломы, подсолнечной лузги и т.д.) путем смешения его с концентрированной серной кислотой при обычной температуре, холодного прессования и обработке полученных плит газообразным аммиаком [1].

Известно, что в присутствии кислот компоненты древесины (особенно гемицеллюлозы) подвергаются гидролизу, в результате чего образуются моносахариды, которые, в свою очередь, концентрированными кислотами превращаются в фураноподобные вещества [2]. Последние отличаются очень высокой химической активностью и вступают в реакции смолообразования, в том числе и с компонентами древесины, например, лигнином. Таким образом, под влиянием кислоты из компонентов древесины образуются смолы, играющие роль связующего. При обычной температуре химические преобразования компонентов древесины происходят только в поверхностных слоях частиц, которые были смочены кислотой. Повышенное давление при прессовании сближает частицы древесины, способствуя таким образом, повышению прочности и плотности получаемого материала. В процессе обработки полученных плит газообразным аммиаком происходит нейтрализация серной кислоты с образованием сульфата аммония, который, как известно, является высокоэффективным антипиреном. Вследствие этого значительно снижается горючесть плит. Кроме того, обработка плит аммиаком повышает их механические свойства. Готовые плиты являются экологически чистыми. Значительно упрощается и удешевляется процесс изготовления плит, поскольку отпадает необходимость в горячем прессовании (не нужно сложных прессов с подогреваемыми плитами, огромного расхода энергии и т.д.), существенно уменьшаются затраты на химические реагенты, поскольку они являются многотоннажными дешевыми продуктами, значительно сокращается продолжительность прессования и т.д. Стадия обработка плит газообразным аммиаком не требует сложного оборудования (например, ее можно проводить даже в больших полиэтиленовых мешках).

Реакция нейтрализации серной кислоты аммиаком сопровождается выделением значительного количества теплоты. Стандартная теплота реакции чистой серной кислоты с газообразным аммиаком с образованием сульфата аммония составляет -274,5 кДж на один моль сульфата аммония (-2080 кДж на 1 кг). Для получения плит с нужными механическими свойствами в процессе нейтрализации необходимо поддерживать температуру ниже 50⁰С.

В качестве примера можно привести вариант лабораторного опыта по получению плитного материала таким способом. К 100 м. ч. воздушно-сухих опилок добавляют 18,5 м. ч. серной кислоты с концентрацией 96%, смоченные опилки перемешивают в течение 20 минут при комнатной температуре. При этом происходит процесс гидролиза составных частей древесины. Смесь приобретает темный цвет, что свидетельствует о смолообразовании. Ее прессуют при обычной температуре и давлении 20,0 МПа с выдержкой 3 минуты. Полученную плиту толщиной 10 мм обрабатывают газообразным аммиаком до полной нейтрализации кислоты, не допуская повышения температуры плиты вследствие разогрева выше 50⁰ С. Материал плиты имеет плотность 870 кг/м³, Прочность на изгиб 16,2 МПа. По результатам испытаний в «огневой трубе» потеря массы за 90 секунд составляет 6,7%, что дает основания отнести этот материал к группе «трудногорючих». Аналогичные результаты получаются, если в качестве целлюлозосодержащего сырья используются древесные стружки, подсолнечная лузга и пшеничная солома. При этом, изменяя количество добавляемой кислоты и давление прессования, можно управлять свойствами получаемых плит. Правда, необходимо отметить, что наиболее прочные плиты получаются, если в качестве сырья применяются древесные опилки. Скорость нейтрализации серной кислоты в плитах газообразным аммиаком зависит от плотности плиты – чем выше плотность (она определяется расходом кислоты и давлением прессования), тем меньше скорость нейтрализации.

Плиты, имеющие высокую прочность, могут быть использованы как конструкционный или строительный материал для внутренних работ, а плиты с невысокой прочностью и плотностью - как теплоизоляционный.

Плиты по результатам испытаний в «огневой трубе» относятся к трудногорючим материалам, то есть, они являются значительно более огнестойкими, чем плиты ДСтП, МДФ, OSB, которые относятся к трудновоспламеняющимся или даже горючим.

Плиты и изделия из получаемого материала прекрасно

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

обрабатываются обычными методами: их можно пилить, строгать, сверлить как цельную древесину.

Как показывает опыт, с течением времени (по крайней мере, 25 лет) прочностные характеристики плит не ухудшаются.

Предлагаемый способ получения плитного материала имеет следующие положительные стороны.

1. Дешевое и недефицитное сырье (отходы производства – древесные опилки, стружки, солома, лузга и крупнотоннажные промышленные продукты – серная кислота и аммиак).
2. Простота технологического процесса (смешение, прессование и обработка газообразным аммиаком при обычной температуре, использование аппаратуры из черных металлов).
3. Хорошая механическая прочность материала, низкая теплопроводность.
4. Высокая экологическая чистота получаемых плит.
5. Возможность путем изменения состава прессуемой смеси и давления прессования управлять характеристиками плитного материала.
6. Хорошая огнестойкость плит из-за высокого содержания антипирена – сульфата аммония, который образуется в технологическом процессе формирования плит.
7. Возможность обработки плит с помощью имеющихся способов обработки (сверление, шлифование, резание и др.).
8. Дешевизна получаемого плитного материала.

Организация производства плит по предлагаемому способу позволяет не только получить востребованный плитный материал, но и решить многие экологические проблемы, связанные с квалифицированной утилизацией многотоннажных отходов деревообрабатывающей промышленности (опилки, стружки) и сельского хозяйства (пшеничной соломы, подсолнечной лузги и т.д.). Использование дешевых реактивов: серной кислоты и аммиака, мировое производство которых измеряется сотнями миллионов тонн в год, делает производство плит высокорентабельным и устойчивым.

Перечень ссылок

1. Патент РФ № 2214329, МКП 7 В 27 N 3/02, 3/04, «Способ получения плит». 20.10.2003. Бюл. №29.
2. И. Шайбер. Химия и технология искусственных смол. М.-Л., Госхимиздат, 1949, 594 с.

УДК 544.773.32

**ЭМУЛЬСОЛ И ЭМУЛЬСИЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В
ГОРНОШАХТНОМ ОБОРУДОВАНИИ**

В.Г.Матвиенко, В.В.Дубяга

ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»
г. Донецк

***Аннотация.** Предложен способ получения кислого эмульсола и эмульсии из него. Эмульсол содержит минеральное масло и жирную кислоту, а водная фаза - щелочной компонент. Эмульгатор (мыло щелочного металла) образуется при контакте масляной и водной фаз в процессе получения эмульсии. Такой способ позволяет существенно снизить расход эмульгатора и повысить стойкость эмульсии при сохранении простоты технологии и аппаратного оформления процесса.*

***Annotation.** A method for producing an acidic emulsol and an emulsion from it is proposed. The emulsol contains mineral oil and a fatty acid, while the aqueous phase contains an alkaline component. The emulsifier (alkaline metal soap) is formed when the oil and aqueous phases come into contact during the emulsion formation process. This method of emulsion production significantly reduces the emulsifier consumption and improves the stability of the emulsion, while maintaining the simplicity of the technology and process equipment.*

***Ключевые слова:** масло, эмульгатор, эмульсол эмульсия, щелочной компонент,*

***Keywords:** oil, emulsifier, emulsion, alkaline component,*

Из смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) наибольшее распространение получили смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) [1], которые в больших масштабах производятся и применяются для лезвийной и абразивной обработки черных и цветных металлов. Широкое использование СОЖ для этих целей продиктовано их более высокими технологичными свойствами (охлаждающей, смазывающей, моющей способностью и др.) и относительно низкой стоимостью по сравнению с пластичными и твердыми материалами. Как правило, такие СОЖ представляют собой эмульсию минерального масла в воде и готовятся путем перемешивания концентрата эмульгатора в масле (эмульсола) с водой. Кроме того, СОЖ используются в качестве разделяющих жидкостей, например, при формовании бетонных изделий для предотвращения

прилипания бетона к стенкам формы или опалубки. Большие объемы СОЖ потребляются в горной промышленности в качестве гидравлических жидкостей [2].

К СОЖ предъявляется целый ряд требований, в частности, они должны быть негорючими, обладать высокой теплоемкостью и теплопроводностью, невысокой вязкостью, хорошей смазывающей способностью, быть стабильными в рабочем температурном интервале в течение длительного времени эксплуатации, обладать противокоррозионными свойствами, устойчивостью к бактериям и т.д. Компоненты СОЖ должны быть дешевыми и доступными, нетоксичными и малолетучими.

Основу масляных эмульсолов составляет минеральное масло, в котором растворены другие компоненты (эмульгаторы, противокоррозионные добавки, биоциды, гликоли, триэтаноламин и т.д.). Поэтому свойства эмульсола во многом определяются свойством базового масла. Стоимость масла из-за его высокого содержания в эмульсоле сильно влияет на цену последнего. Минеральное масло должно хорошо растворять другие компоненты эмульсола для того, чтобы он сохранял физическую стойкость при колебаниях температуры и в процессе хранения. Как правило, мыла (соли щелочных металлов жирных и некоторых других органических кислот), которые часто применяются в качестве эффективных эмульгаторов, ограниченно растворимы в маслах. Этот факт вызывает необходимость добавки к эмульсолу гликолей, повышающих растворимость мыл. В качестве противокоррозионных добавок часто используются нитрит натрия, хроматы и бихроматы натрия и калия, а также некоторые органические соединения, содержащие азот – алканоламины [3]. Биоциды, входящие в состав эмульсола, предотвращают развитие бактерий и обеспечивают биологическую стойкость [4].

Для приготовления водной эмульсии обычно применяется питьевая вода или паровой конденсат. Эмульсия образуется при смешении эмульсола с водой в процессе интенсивного перемешивания при обычной или повышенной температуре. Использование воды с высокой жесткостью, а также шахтной воды без предварительной обработки, приводит к получению малостойкой эмульсии.

Получение стойкой эмульсии требует повышенного расхода эмульгатора, цена которого существенно превышает цену масла и увеличивает себестоимость эмульсола. Расход эмульгатора можно значительно снизить, если образование его провести при смешении масляной фазы, содержащей жирную кислоту (например, олеиновую

или стеариновую) и водной фазы, в которой растворен щелочной компонент – соль щелочного металла слабой кислоты (например, соды) в процессе получения эмульсии. При этом образование эмульгатора (мыла) на поверхности раздела фаз происходит в турбулентном режиме и приводит к получению мелкодисперсной стойкой эмульсии при уменьшении расхода эмульгатора в 2 – 3 раза. Также нужно учесть, что растворимость жирных кислот в минеральных маслах существенно превышает растворимость их щелочных солей (мыл).

Представляется рациональным для получения эмульсий «масло в воде» на основе мыл в качестве эмульгатора использовать так называемые кислые эмульсолы, содержащие мылообразующую кислоту, и воду, в которой растворен щелочной компонент. Нами были приготовлены и исследованы кислые эмульсолы на основе олеиновой, стеариновой кислот, жирных кислот таллового масла и индустриального масла И-20. Такие эмульсолы готовятся путем растворения указанных кислот в масле в процессе перемешивания при комнатной температуре и являются физически стойкими в широком диапазоне температур. Содержание органических кислот в эмульсолах варьировалось от 1 до 15%. Оптимальная концентрация кислот составляет 3 – 8 %. Были опробованы различные виды воды для приготовления водной фазы: дистиллированная, водный конденсат, питьевая (водопроводная), шахтная вода шахты Красноармейская-Западная №1. В качестве щелочных компонентов были испытаны карбонаты натрия и калия, их смеси, бикарбонаты и гидроксиды этих металлов, жидкое стекло, сульфит натрия, гидроксид аммония. Лучшие результаты получены при использовании дистиллированной воды, конденсата, водопроводной воды с карбонатами калия и натрия, их смесями при концентрации солей 1 – 4 г/л. Количество щелочного компонента должно обеспечивать полное удаление ионов кальция и магния, которые придают жесткость воде и полную нейтрализацию мылообразующей кислоты. Добавка трилона Б при концентрации 0,3 – 0,7 г/л способствует повышению стойкости эмульсии. Эмульсия хорошего качества получается даже на шахтной воде, предварительно обработанной карбонатом натрия при концентрации 3 – 4 г/л. В качестве эффективной противокоррозионной добавки был испытан нитрит натрия с концентрацией 2,5 г/л.

Предлагаемый кислый эмульсол с олеиновой кислотой (минеральное масло И-20 – 95 %, олеиновая кислота – 5 %) и эмульсия из него прошла испытания в гидростойках шахтной крепи шахты им. Засядько. Было приготовлено 24 л этого эмульсола. При хранении

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

эмульсол сохранял физическую стабильность. В процессе приготовления эмульсии он вливался при перемешивании в 1200 л водопроводной воды, в которой было предварительно растворено 3 кг кальцинированной соды и 2,4 кг нитрита натрия. Эмульгирование проводилось в обычной открытой емкости при температуре 20⁰С, полученная эмульсия сохраняла стабильность в течение всего времени испытаний (14 суток) несмотря на ее низкую концентрацию – 1,8 % . Следов коррозии на штоках гидроцилиндров не отмечено. Концентрация олеиновой кислоты в эмульсоле составляла 5 % (в обычных эмульсолах содержание эмульгатора до 15 – 30 %). По результатам испытаний эмульсия из кислого эмульсола на основе олеиновой кислоты была рекомендована для использования в качестве гидрожидкости в горношахтном оборудовании.

Выводы. Кислый эмульсол на основе минерального масла содержит мылообразующую кислоту. Он имеет высокую физическую стойкость и его легко приготовить по несложной технологии на простом оборудовании. Эмульсия из такого эмульсола быстро образуется путем механического смешения с подготовленной водой, содержащей щелочной компонент, при обычной температуре. Полученная эмульсия, обладающая высокой стойкостью при малом расходе эмульгатора, может найти широкое применение в различных отраслях промышленности: в машиностроении, обрабатывающей промышленности, строительстве, дорожном строительстве, горном деле и др.

Перечень ссылок

1. Бердичевский Е.Г. Смазочно-охлаждающие средства для обработки материалов. Справочник. М.: Машиностроение. 1984. 224 с.
2. Долгова Т.В. и др. Рабочие жидкости гидросистем шахтных крепей. ЦНИЭИуголь. 1976. 35 с.
3. Смазочно-охлаждающие среды. Сборник научных трудов ВНИИПНефтехим. М.: ЦНИИТЭнефтехим. 1982. 171 с.
4. Топлива, смазочные материалы и технические жидкости / Под ред. В.М.Школьников. М.: Химия. 1989. 432 с.

УДК 549.731.18

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА
САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО
СИНТЕЗА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ШПИНЕЛИДОВ**

В.В. Моряков, Е.А. Трошина, С.В. Горбатко
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,
г. Донецк, Донецкая Народная Республика

***Аннотация.** Изучена возможность получения шпинелидов состава $MeAl_2O_4$ методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. На основании рентгенофазового анализа установлен состав образующихся шпинелидов. Доказаны преимущества предложенного метода.*

***Annotation.** The possibility of producing spinels of the $MeAl_2O_4$ composition using self-propagating high-temperature synthesis was studied. The composition of the resulting spinels was determined using X-ray diffraction analysis. The advantages of the proposed method were demonstrated.*

***Ключевые слова:** шпинелиды, самораспространяющийся высокотемпературный синтез, 3d-металлы, алюминаты.*

***Keywords:** spinelides, self-propagation high-temperature synthesis, 3d-metals, aluminates.*

В современном химическом производстве шпинелидов применяются разнообразные подходы для получения конечного продукта. К основным методам относятся керамический и золь-гель методы. Эти технологии требуют значительных энергетических затрат, длительных синтезов, а также этапа совместного соосаждения двух и трехвалентных металлов, в результате чего формируются малорастворимые осадки (характерно для золь-гель метода). Кроме того, заключительной стадией производства является измельчение продуктов реакций до мелкодисперсного состояния [1,2].

Традиционные методы синтеза шпинелидов характеризуются высокими энергозатратами, использованием токсичных реагентов и образованием значительного количества отходов [3]. В условиях ужесточения экологического законодательства и роста требований к безопасности производственных процессов необходим поиск альтернативных технологий.

Одним из методов, позволяющим значительно упростить процесс получения шпинелидов, является самораспространяющейся

высокотемпературный синтез (СВС), что открывает широкие возможности для фундаментальных и прикладных исследований, в том числе в области использования сульфатных систем [4].

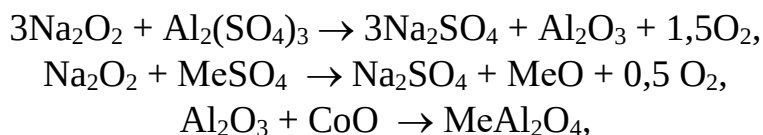
Метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза основан на использовании экзотермических реакций между исходными компонентами, которые после локального инициирования самостоятельно распространяются по всему объёму реакционной смеси в виде волны горения. В отличие от традиционных методов синтеза, требующих продолжительного внешнего нагрева, реакции СВС протекают за счёт собственного тепловыделения реакции. Отличительной особенностью синтеза является большая скорость - время прохождения волны горения составляет секунды или минуты, в то время как традиционное спекание может длиться несколько часов [5].

Целью выполненного исследования явилось изучение возможности получения шпинелидов 3d-металлов методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза.

Для проведения исследования использовали безводные сульфаты 3d-металлов, полученные при сушке кристаллогидратов, и сульфат алюминия, которые смешивали с пероксидом натрия в эквимольном соотношении 1:1:3. После смешения прессовали таблетки (диаметр 20 мм, высота 13-15 мм) при давлении прессования 1,5 т/см².

Таблетку помещали в пламя горелки для инициирования процесса горения в неизолированной системе. После горения таблетку измельчали, отмывали от образовавшегося сульфата и высушивали в вакуумном сушильном шкафу до постоянства массы. Полученные образцы исследовали методом рентгенофазового анализа (РФА). РФА проводили с помощью настольного рентгеновского дифрактометра HAOYUAN DX-27MINI.

Для исследования были выбраны сульфаты кобальта, меди и никеля. Образование шпинелидов алюминатов этих металлов в системах $\text{MeSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-Na}_2\text{O}_2$ можно представить следующими термодинамически обоснованными основными уравнениями:



где Me – Co, Cu, Ni.

Для системы $\text{CoSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-Na}_2\text{O}_2$ по данным рентгенофазового анализа (рис.1) в продуктах синтеза, помимо

алюмо-кобальтовой шпинели, присутствуют гидроксиды алюминия $\text{Al}(\text{OH})_3$ (байерит) и $\text{AlO}(\text{OH})$ (бемит), оксид кобальта и гидратированный сульфат алюминия. Наличие пиков данных соединений указывает на то, что формирование шпинелей произошло не в полной мере.

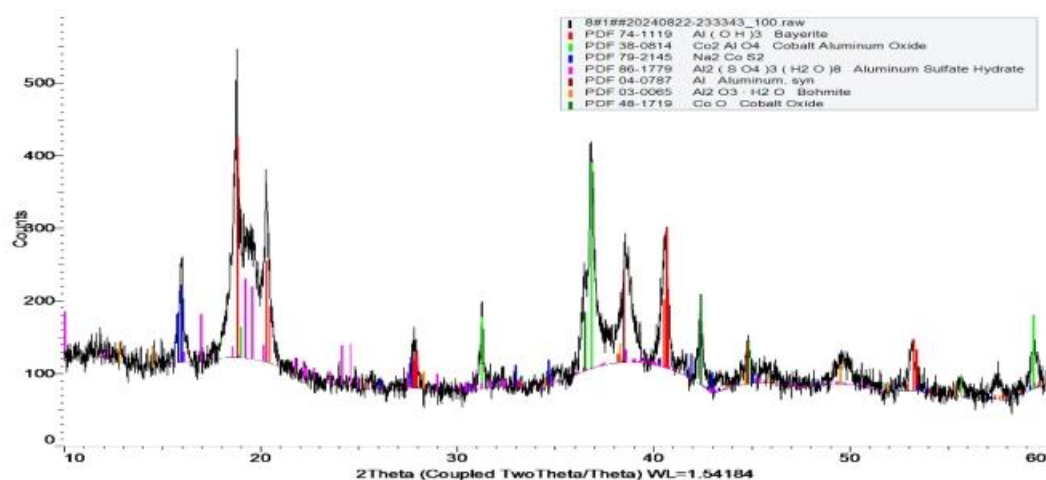


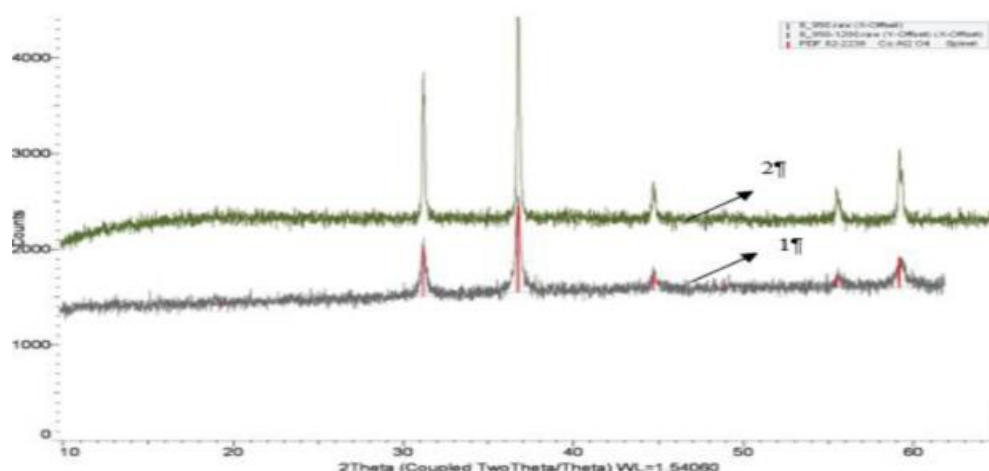
Рисунок 1 – Рентгенограмма продуктов СВС в тройной системе $\text{CoSO}_4\text{--Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{--Na}_2\text{O}_2$

Для полноты проведения реакции и предполагаемого окончательного образования шпинелидов была проведена прокалка полученного продукта при температуре 950 °С, а затем при температуре 1200 °С также в течение двух часов.

Из рентгенограмме прокаленного образца (рис. 2) следует, что в результате высокотемпературной обработки завершился процесс образования шпинелидов – присутствуют только пики, относящиеся к шпинельной фазе.

Таким образом, методом самораспространяющегося взаимодействия с последующей отмывкой и высокотемпературным отжигом получены алюмо-кобальтовые шпинелиды CoAl_2O_4 . Образование примесных фаз на первом этапе синтеза связано, вероятно, с большим количеством теплофизических, геометрических, термодинамических и кинетических параметров, которые влияют на образования шпинелида CoAl_2O_4 в процессе горения.

Аналогичные исследования были проведены для систем $\text{CuSO}_4\text{--Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{--Na}_2\text{O}_2$ и $\text{NiSO}_4\text{--Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{--Na}_2\text{O}_2$.



1 - продукт СРВ-реакции, прокаленный при 950 °С; 2 - продукт СРВ-реакции, прокаленный при 1200 °С

Рисунок 2 – Рентгенограмма продукта СВС в системе $\text{CoSO}_4 - \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 - \text{Na}_2\text{O}_2$

На рентгенограммах образцов, полученных СВС, также, как и в случае алюмо-кобальтовых шпинелидов, помимо пиков, соответствующих шпинелидам, присутствуют в случае системы $\text{CuSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-Na}_2\text{O}_2$ пики, соответствующие оксиду меди CuO , парамелакониту Cu_4O_3 и оксиду алюминия Al_2O_3 , а в рентгенограмме продукта системы $\text{NiSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-Na}_2\text{O}_2$ отмечены полосы, соответствующие оксиду никеля NiO , что свидетельствует о многофазности полученных продуктов.

Медь- и никельсодержащие продукты СВС были подвергнуты высокотемпературной обработке при температурах 950 °С и 1200 °С в течение двух часов. Полученные вещества также были исследованы рентгенофазовым анализом.

В отличие от алюмо-кобальтовых шпинелидов в результате обработки при высокой температуре не наблюдалось полного образование соответствующих шпинелидов: в случае системы $\text{CuSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-Na}_2\text{O}_2$ исследуемый образец состоял из двух фаз – основной, шпинели CuAl_2O_4 , и примеси оксида меди CuO . В случае системы $\text{NiSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-Na}_2\text{O}_2$ помимо алюмо-никелевой шпинели в образце присутствовал оксид никеля, а также фазы $(\text{Ni}_{0.198}\text{Al}_{0.802})(\text{Al}_{1.198}\text{Ni}_{0.802})\text{O}_4$

Следовательно, условия протекания реакции СВС (а именно малая продолжительность пребывания реакционной массы при высокой температуре, во многом связанная с высокой скоростью движения волны СВС) не обеспечивают протекание реакции синтеза до образования конечного продукта – шпинелида.

Однако в результате дополнительного прокаливания образцов алюмо-медной системы удалось добиться полного образования шпинелидов.

В отличие от кобальтовой системы, синтез в никелевой системе в тех же условиях СВС с последующим отжигом не позволяет получить чистый шпинелид NiAl_2O_4 . Это связано с более высокими температурными требованиями для ее образования.

Выводы

Несмотря на неполное протекание процесса шпинелеобразования, метод СВС является перспективным быстрым и экономичным способом получения предшественников для синтеза шпинелидов. Однако для завершения процесса и получения чистых однофазных продуктов практически во всех случаях требуется дополнительная высокотемпературная термообработка.

Решающим фактором успеха является термодинамическая способность системы к образованию шпинелидов, которая максимально реализована для кобальта, ограничена для меди и не реализована для никеля в исследованном температурном диапазоне. Таким образом, состав системы и температурный режим отжига являются ключевыми параметрами, определяющими конечный результат синтеза.

Перечень ссылок

1. Бобкова, Н.М. Получение хромомагнетитовой шпинели методом химического осаждения / Н.М. Бобкова, Е.В. Род ион, А.Е. Соколовский // Огнеупоры и техническая керамика. – № 10. – 2005. – С. 32-35.
2. Филатова, Н.В. Три варианта синтеза никельалюминатной шпинели с использованием продуктов горения ксерогелей / Н.В. Филатова, А.С. Артюшин, Н.Ф. Косенко, К.С. Павлова // Изв. высших учебн. заведений, серия химия и хим. технология. - Т. 69. – Вып. 5. – С. 74-81.
3. Жужгов, А.В. Синтез сложных алюмокобальтовых систем с применением термоактивированного продукта гиббсита / А.В. Жужгов, А.Сю Горкуша, Е.А. Супрун и др. // Журн. физ. химии – Т. 99, № 1. – 2025. – С. 68-83.
4. Томилин, О.Б. Получение шпинели MgAl_2O_4 , активированной ионами марганца, методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза / О.Б. Томилин, Е.Е. Мурюмин, М.В. Фадин// Журн. неорг. химии. - Т. 68. - № 3. 2023. – С. 310-317.
5. Берестовая, А.А. Самораспространяющееся взаимодействие в системах $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 - \text{NiO} - \text{NaO}_2$, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 - \text{NiSO}_4 - \text{NaO}_2$ / А.А. Берестовая, В.В. Шаповалов // Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия: Химия и химическая технология. – Донецк, 2010. – №15(163). – С. 81-86.

УДК 330.15

**ОРНИТОФАУНА ПРОЛЕТНЫХ И ЗИМУЮЩИХ ПТИЦ Г.
ВОЛНОВАХА: КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА И
БИОИНДИКАЦИОННОЕ ЗНАЧЕНИЕ**

Д.Д. Московчук
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
г. Донецк, ДНР

Аннотация. В статье представлены результаты количественных учётов пролётных и зимующих птиц в г. Волноваха (ДНР) в 2023-2024 гг. Зафиксировано 10 пролётных (в том числе 2 крайне редких) и 31 зимующий вид. Показатели встречаемости, плотности населения и трофической приуроченности приведены впервые. Парковая зона концентрирует до 68% зимующих особей. Обсуждается использование орнитофауны как биоиндикатора при экологической реабилитации постконфликтных территорий.

Annotation. The article presents results of quantitative surveys of migratory and wintering birds in Volnovakha (DPR) in 2023-2024. A total of 10 migratory (including 2 extremely rare) and 31 wintering species were recorded. The park zone concentrates up to 68% of wintering individuals. The use of avifauna as a bioindicator for ecological rehabilitation of post-conflict territories is discussed.

Ключевые слова: орнитофауна, миграции, зимовка, количественные учёты, Волноваха, Донецкая Народная Республика.

Keywords: avifauna, migrations, wintering, quantitative surveys, Volnovakha, Donetsk People's Republic.

Для восстановления Донбасса требуется не только реконструкция инфраструктуры, но и экологическая реабилитация территорий. Птицы – одна из наиболее чувствительных групп позвоночных, быстро реагирующая на изменение среды. Мониторинг орнитофауны позволяет получать оперативную информацию о состоянии экосистем [1, 2]. Город Волноваха (административный центр Волновихского района ДНР) расположен в степной зоне северного Приазовья, на правом берегу р. Кальмиус, вблизи Великоанадольского лесного массива. Здесь сочетаются урбанизированные, сельскохозяйственные и природные биотопы, что создаёт уникальные условия для формирования разнообразных орнитокомплексов. Однако до настоящего времени систематических исследований авифауны Волновахи не проводилось.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Цель работы – охарактеризовать современное состояние пролетных и зимующих видов птиц г. Волноваха как биоиндикационного компонента городской среды.

Задачи: 1) составить фаунистические списки пролетных и зимующих видов; 2) дать количественную характеристику выявленным видам с учётом охранного статуса; 3) оценить значение полученных данных для экологического мониторинга региона.

Учёты проводили с октября 2023 по март 2024 г. на трёх постоянных маршрутах, охватывающих основные биотопы города:

маршрут 1 – одноэтажная частная застройка (4,2 км);

маршрут 2 – многоэтажные кварталы с минимальным озеленением (3,5 км);

маршрут 3 – парковая зона и пойменные насаждения вдоль р. Кальмиус (3,5 км).

Методика учёта – маршрутный учёт без ограничения ширины полосы с фиксацией дистанции до птицы (по Ю.С. Равкину). Учёты проводили дважды в месяц в утренние часы (через 1–1,5 ч после рассвета) при отсутствии осадков и ветра >5 м/с. Всего выполнено 12 учётных дней, пройдено 134 км. Для каждого вида рассчитывали встречаемость (доля учётов, в которых вид отмечен, %), плотность населения (особей/км²) – для зимнего периода, и обилие (среднее число особей на 10 км маршрута). Статус редкости определяли по Красному списку ДНР (2020) и международному списку МСОП.

Всего на пролёте зарегистрировано 10 видов соколообразных (Falconiformes) и ржанкообразных (Charadriiformes). Наиболее регулярно встречались: чёрный коршун (*Milvus migrans*) – в 67% учётов, в среднем 1,2 особи на 10 км маршрута; болотный лушь (*Circus aeruginosus*) – 50% учётов, 0,8 ос./10 км; перепелятник (*Accipiter nisus*) – 33% учётов, 0,5 ос./10 км. Редкими пролётными видами оказались полевой лушь (*Circus cyaneus*) – 5 встреч (25% учётов), зимняк (*Buteo lagopus*) – 42% учётов (появился с установлением снежного покрова), кобчик (*Falco vespertinus*) – 4 встречи (33% учётов).

Крайне редкими (единичные регистрации) являются: скопа (*Pandion haliaetus*) – одна особь отмечена 30.03.2023 в старой ивовой роще на берегу р. Мокрая Волноваха; степная пустельга (*Falco naumanni*) – две встречи (май и сентябрь). Европейский туюик (*Accipiter brevipes*) не наблюдался непосредственно, но по опросным данным возможны единичные залёты. Для скопы и степной пустельги необходима региональная охрана.

В зимний период (декабрь–февраль) зарегистрирован 31 вид. Общая плотность населения составила 396,56 ос./км². Фоновые виды:

кряква (*Anas platyrhynchos*) – 110–150 особей на незамерзающем участке Кальмиуса (плотность до 170 ос./км²); сизая чайка (*Larus canus*) – 40–60 особей; домовый воробей (*Passer domesticus*) – до 150 особей на маршруте 1; большая синица (*Parus major*) – до 60 особей на маршруте 3, но почти отсутствует на маршруте 2.

К редким и охраняемым зимующим видам относятся: филин (*Bubo bubo*) – 1 регистрация по голосу (Красный список ДНР, Красная книга РФ); болотная сова (*Asio flammeus*) – 2 встречи на пустырях (Красный список ДНР); серый сорокопут (*Lanius excubitor*) – 1 встреча (Красный список ДНР); лебедь-шипун (*Cygnus olor*) – пара зимовала на Кальмиусе с декабря по февраль (впервые задокументировано для черты города). Также отмечены нерегулярно зимующие виды: свиристель (*Bombycilla garrulus*) – стая около 50 особей в январе; крапивник (*Troglodytes troglodytes*) – 2 особи по голосу.

Распределение птиц по биотопам резко неравномерно:

маршрут 1 (частная застройка): плотность 320 ос./км², доминируют воробьи, синицы, отмечены 5 из 10 пролётных хищников;

маршрут 2 (многоэтажки): плотность 95 ос./км² (минимальная), встречены только сизый голубь, несколько воробьёв и одна серая ворона;

маршрут 3 (парк + пойма): плотность 570 ос./км², здесь сосредоточено 68% всех зимующих особей, включая всех водоплавающих, дятлов, поползней.

Трофическая структура зимующих птиц: 40,4% – наземно-кронники (воробьи, овсянки), 31,8% – кронники и кустарниковые (синицы, свиристели), 14,1% – стволово-кronовые (дятлы, поползни), 13,7% – наземные (кряква, чайки, врановые). При резком похолодании (ниже –15 °С) доля наземно-кронников снижается до 25%.

Сравнение с литературными данными [3, 4] показывает сокращение численности синиц и сорок в застройке Волновахи по сравнению с Донецком 1980–2000 гг., что связано с вырубкой дуплистых деревьев и уплотнением застройки. В то же время зимовка кряквы и лебедя-шипуна свидетельствует о сохранении кормовой базы на незамерзающих водоёмах. Присутствие филина, болотной совы и серого сорокопута указывает на остаточную природоохранную ценность окраинных биотопов (старые карьеры, пустыри, заросли).

Орнитофауна может служить дешёвым и наглядным биоиндикатором при реабилитации постконфликтных территорий. Предлагается использовать упрощённый мониторинг: учёты на трёх типовых маршрутах (частный сектор – многоэтажки – парк) в феврале

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

и апреле. Это позволит отследить динамику восстановления городских экосистем.

Выводы:

1. Пролётная группа г. Волноваха насчитывает 10 видов. Скопа, степная пустельга и европейский тювик встречаются на грани исчезновения (единичные регистрации). Наиболее обычны чёрный коршун (встречаемость 67%) и болотный лунь (50%).
2. Зимнее население насчитывает 31 вид при общей плотности 396,56 ос./км². Распределение крайне неравномерно: 68% особей сконцентрировано в парковой зоне, многоэтажные кварталы почти безжизненны.
3. Зарегистрировано 4 вида, внесённых в Красный список ДНР (филин, болотная сова, серый сорокопут, лебедь-шипун). Их присутствие указывает на сохранившуюся экологическую ценность пойменных биотопов и старых карьеров.

Перечень ссылок

1. Тараненко Л.И. Авифауна Донецкой области и тенденции её изменений // Русский орнитологический журнал. – 2014. – №1047.
2. Штирц Ю.А. Циклическая динамика трофической структуры населения птиц города Донецка // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2012. – №4. – С. 143–150.
3. Андрющенко Ю.О. Природа Северного Приазовья как среда его населения // Этнокультурный ландшафт Северного Приазовья. – Симферополь: Таврия, 2014. – С. 22–34.
4. Красный список редких и исчезающих видов животных Донецкой Народной Республики. – Донецк, 2020.

УДК 544.723.212:552.573: 661.743.1

АДСОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МОДИФИЦИРОВАННОГО ЩАВЕЛЕВОЙ КИСЛОТОЙ АКТИВИРОВАННОГО ПАРОМ АНТРАЦИТА

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

Аннотация. Термообработкой в среде азота активированного паром антрацита, пропитанного насыщенным раствором щавелевой кислоты, получены сорбенты. Выполнена оценка их сорбционных свойств по йодному числу и метиленовому голубому. Предложено применять такой способ для получения углеродных сорбентов с увеличенным содержанием мезопор.

Annotation. The sorbents were obtained by heat treatment in nitrogen soaked in a saturated solution of oxalic acid activated by anthracite vapor. Their sorption properties were evaluated by the iodine number and methylene blue. It is proposed to use this method to produce carbon sorbents with a high content of mesopores.

Ключевые слова: антрацит, щавелевая кислота, сорбционные свойства, микро- и мезопоры.

Keywords: anthracite, oxalic acid, sorption properties, micro- and mesopores

Согласно литературным данным [1], модифицирование антрацита щавелевой кислотой, в отличие от воздействия сильными активаторами, например, HNO_3 , позволяет как избежать уменьшения размера пор и удельной поверхности получаемого адсорбента, так и увеличивать содержание кислородсодержащих функциональных групп на его поверхности. Поэтому щавелевая кислота использовалась для получения адсорбентов летучих органических соединений [2], соединений хрома (VI) [3] и паров воды [1], а также катализаторов в химии возобновляемых источников энергии [4], окисления 1-(4-хлорфенил)-пиразолидин-3-она кислородом воздуха до 1-(4-хлорфенил)-1Н-пиразол-3-ола на катализаторе Co(II)@AC (приготовлен путем нанесения кобальта (II) на активированный уголь, модифицированный $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ для увеличения удельной поверхности и повышения кислотности поверхности последнего) [5]. Оптимальные

условия модификации: концентрация щавелевой кислоты для пропитки – 0,5 моль/л, время пропитки – 24 ч, температура пропитки – 60°C, температура карбонизации – 600°C при ее продолжительности – 2 ч [3]. Для исследования свойств модифицированного активированного угля использовали инфракрасную спектроскопию с преобразованием Фурье, рентгеновскую фотоэлектронную спектроскопию и сканирующую электронную микроскопию – энергодисперсионную рентгеновскую спектроскопию и титрование по Бему [1-3, 5]. Однако данные по адсорбционной активности исследованных материалов в этих работах отсутствуют. Поэтому цель настоящей работы – получение антрацита, модифицированного щавелевой кислотой, и определение основополагающих параметров его адсорбционных свойств.

Родоначальник образцов – антрацит ГП «Торезантрацит» шахты «Шахтерская-Глубокая» (код А) (г. Шахтерск, пласт h8, класс П) фракции 0,63-1,0 мм.

Активированный антрацит – А, подвергнутый активации водяным паром при 900°C в течение 3 часов на установке, схема которой приведена на рис. 1 (код АА).

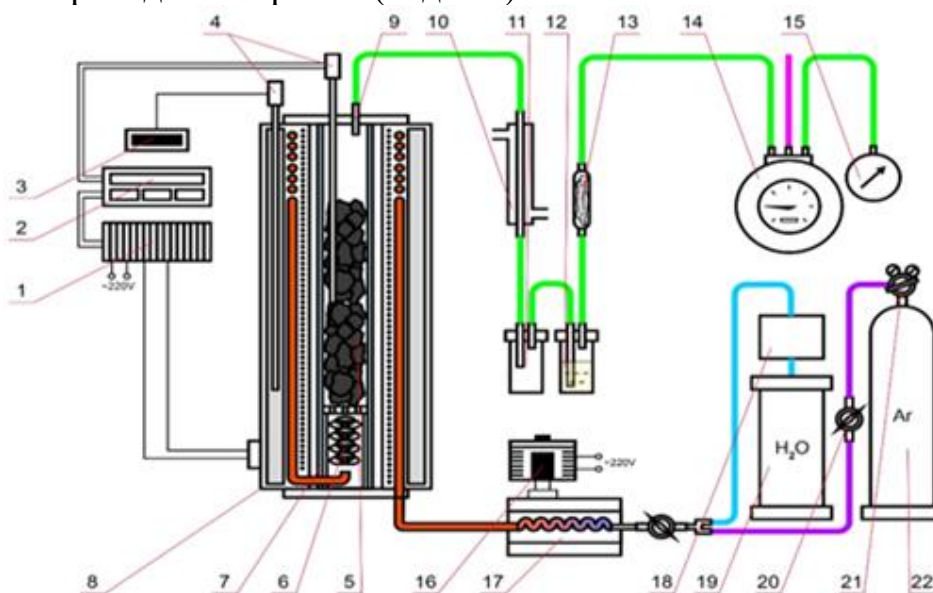


Рисунок 1. Схема лабораторной установки для активации антрацита с реактором из нержавеющей стали: 1 – твердотельное реле; 2 – прибор измерительный и регулирующий РТЭ-4.1М; 3 – прибор измерительный; 4 – хромель-алюмелевая термопара; 5 – антрацит; 6 – газонагревательная камера с насадкой; 7 – реактор; 8 – трубчатая печь; 9 – газоотводная труба; 10 – холодильник; 11 – приёмник конденсата; 12 – поглотительная склянка; 13 – поглотительная трубка; 14 – газовый счётчик; 15 – манометр; 16 – лабораторный автотрансформатор регулируемый; 17 – трубчатая печь-парогенератор; 18 – перистальтический насос; 19 – емкость с дистиллированной водой; 20 – игольчатый кран; 21 – редуктор; 22 – баллон с аргоном

Модифицированный АА – АА, обработанный щавелевой кислотой ($C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$), готовили пропиткой пробы АА в насыщенном растворе $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$ в ультразвуковой ванне на протяжении 15 мин (код АА-ОА). Порошок отфильтровывали, промывали и сушили в течение 4 часов. Термообработку образцов АА-ОА в установке, показанной на рис. 1, с отключенной подачей пара и заменой Ar на N_2 , проводили при температурах 350, 600 и 800°C (коды АА-ОА₃₅₀, АА-ОА₆₀₀ и АА-ОА₈₀₀, соответственно) и двухчасовой выдержкой при максимальной температуре.

Для оценки сорбционных свойств полученных образцов модифицированного антрацита определяли йодное число (ЙЧ) и адсорбционную способность по метиленовому голубому (МГ). Перед оценкой пробы сушили при температуре 105°C в течение 2 часов.

Определение ЙЧ проводили титриметрическим методом согласно стандартной методике ГОСТ 33618-2015. В соответствии с этим методом под ЙЧ активированного угля понимают количество йода (в мг), которое может адсорбировать 1 г угля в порошкообразной форме из разбавленного водного раствора йода, при этом остаточная равновесная концентрация йодного раствора должна быть 0,02 н.

В конические колбы вместимостью 250 мл помещали навески массой 1 г и добавляли 100 мл раствора йода (0,1 М), закрывали пробкой и энергично встряхивали содержимое колб в течение 30 секунд. Затем фильтровали через однослойный фильтр «синяя лента», расположенный на фильтре Шота, с помощью вакуумного насоса. Далее отбирали 25 мл раствора в коническую колбу вместимостью 50 мл и титровали раствором тиосульфата натрия (0,1 М) до перехода окраски в бледно-жёлтый цвет, после чего добавляли 1 мл крахмала и титровали до полного обесцвечивания.

Йодное число и остаточную концентрацию йодного раствора рассчитывали по формулам 1, 2:

$$\frac{X}{M} = \frac{\left[C(I_2) \times V(I_2) - \left(C(Na_2S_2O_3) \times V(Na_2S_2O_3) \times \frac{V_{\text{общ.}}}{V_{\text{аликв.}}} \right) \right]}{m_{\text{нав.}}} \times M \left(\frac{1}{2} I_2 \right), \quad (1)$$

где X/M – масса адсорбированного йода, мг, в расчете на 1 г активированного угля; $C(I_2)$ – концентрация раствора йода, моль/дм³; $V(I_2)$ – объём раствора йода, взятый для сорбции углём, см³; $C(Na_2S_2O_3)$ – концентрация раствора тиосульфата натрия, моль/дм³; $V(Na_2S_2O_3)$ – объём раствора тиосульфата натрия, израсходованный на титрование раствора йода, после обработки углём, см³; $V_{\text{общ.}}$ – объём раствора йода, после обработки углём, см³; $V_{\text{аликв.}}$ – объём

раствора йода, после обработки углём, взятый для титрования, см³; $m_{\text{нав.}}$ – масса навески угля, г; $M(1/2 I_2)$ – молярная масса эквивалента йода, г/моль.

$$C_{\text{ост.}}(I_2) = \frac{C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \times V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{V(I_2)}, \quad (2)$$

Адсорбционную активность по метиленовому голубому (количество поглощённого красителя МГ, выраженного в мг на 1 г угля) определяли спектрофотометрическим методом по ГОСТ 4453-74.

Для проведения анализа готовили раствор индикатора массовой концентрацией 1500 мг/дм³, разбавлением которого строили градуировочный график. Оптическую плотность приготовленных растворов сравнения измеряли на фотоэлектроколориметре, используя светофильтр с длиной волны 400 нм в кюветах с толщиной поглощающего свет слоя 10 мм. В качестве контрольного раствора применяли дистиллированную воду.

Навеску пробы помещали в коническую колбу вместимостью 100 см³, прибавляли 25 см³ раствора метиленового голубого массовой концентрацией 1500 мг/дм³, закрывали пробкой и взбалтывали на механическом встряхивателе в течение 20 мин при интенсивности 100–125 колебаний в минуту. Полученную угольную суспензию дополнительно центрифугируют в течении 15 минут.

Отбирали пипеткой 1 см³ осветленного раствора и переносили в мерную колбу вместимостью 100 см³. Раствор в колбе разбавляли дистиллированной водой до метки и проводили измерение на фотоэлектрокалориметре, используя светофильтр с длиной волны от 390 до 410 нм в кюветах с толщиной поглощающего свет слоя 10 мм. В качестве контрольного раствора применяли дистиллированную воду. По полученному значению оптической плотности, используя градуировочный график, находили остаточную массовую концентрацию раствора метиленового голубого в разбавленном растворе. Адсорбционную активность угля по индикатору X в миллиграммах на 1 г продукта вычисляли по формуле 3:

$$X = \frac{(C_1 - C_2 K) \cdot 0,025}{m}, \quad (3)$$

где C_1 – массовая концентрация исходного раствора индикатора, мг/дм³; C_2 – массовая концентрация раствора после контакта с активным углем, мг/дм³; K – коэффициент разбавления раствора; 0,025 – объем раствора - индикатора, взятого для осветления, дм³; m – масса навески активного угля, г.

Полученные результаты представлены в табл. 1.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

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

Показатель	Образцы			
	АА-ОА ₃₅₀	АА-ОА ₆₀₀	АА-ОА ₈₀₀	АА
йодное число, мг/1г угля	236	317	310	406
адсорбционная способность по МГ	451	395	359	354

Из приведенных результатов следует, что йодное число образцов серии АА-ОА ниже, чем у исходного АА и увеличивается с ростом температуры обработки, тогда как адсорбционная способность по МГ этих образцов выше, чем у не модифицированного предшественника и снижается в ряду образцов $АА-ОА_{350} > АА-ОА_{600} > АА-ОА_{800}$.

Поскольку принято, что йод, имеющий размер молекулы 0,2 нм, сорбируется в микропорах (размером менее 2 нм), а метиленовый голубой с диаметром молекулы 1,5 нм в мезопорах (размером 2–50 нм), можно полагать, что модифицирование АА $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$ приводит к увеличению числа мезопор и снижению количества микропор в образцах серии АА-ОА, коррелирующее с температурой обработки. Сделанное предположение согласуется с литературными данными [1].

Выводы. Модифицирование активированного паром антрацита щавелевой кислотой приводит к образованию сорбента, характеризующегося более низким значением адсорбционной активности по йодному числу, но увеличенным показателем по метиленовому голубому. Такой эффект модификатора может быть применен для получения углеродного сорбента с уменьшенным содержанием микропор и увеличенным количеством мезопор.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках бюджетной темы FRES-2026-0015 «Получение и анализ супрамолекулярных и легированных углеродных структур с промышленно полезными свойствами».

Перечень ссылок

1. Xu J., Zhang H., Ji X., Lan Q., Fan Q. Activated carbon modified by ester hydrolysis of ethyl acetate for water vapor adsorption enhancement// Processes. – 2022. – V. 10. – ID 1527. – 15 p. <https://doi.org/10.3390/pr10081527>
2. Bu N., Liu X., Li T., Li R., Zhen Q. Oxalic acid-modified activated carbons under hydrothermal condition for the adsorption of the 2-butanone// Environ. Sci. Pollut. Res. Int. – 2023. – 30(50). – P. 109606–109617. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-30095-6>.
3. Jin X.-y., Chen P.-yu., Dou X.-w., Wang X.-n., Long X. Adsorption of Cr(VI) ions on the activated carbon derived from oxalic acid treated coconut shell// Int. J. Environ. Anal. Chem. – 2022. – V. 103. – Is. 19. P. 1–15 <https://doi.org/10.1080/03067319.2021.1983554>
4. Dutta S. Multifunctional roles of biogenic acids in the chemistry of renewables: From catalysts and reagents to reaction media// Bioresour. Technol. Rep. –

2025. – V. 32. – ID 102389. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2025.102389>

5. Jiang Yu-ch., Zhu B.-g., Long X.-l. Activated carbon modified with oxalic acid as a loader for Co(II)@AC catalyst in the oxidation of 1-(4-Chlorophenyl)-pyrazolidin-3-one to 1-(4-Chlorophenyl)-1H-pyrazol-3-ol by Air// 2025. – V. 10, Is. 21. – ID e01335. <https://doi.org/10.1002/slct.202501335>

.

УДК 543.053

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ МИРАМИСТИНА В СОСТАВЕ
ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ МЕТОДОМ
АМПЕРОМЕТРИЧЕСКОГО ТИТРОВАНИЯ

Н.А. Руженко-Мизовцова, Ю.В. Гаврилюк
ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет
им. Владимира Даля»,
г.Луганск, ЛНР

Аннотация. Предложена экспресс-методика количественного определения содержания мирамистина в фармацевтической и косметико-гигиенической продукции методом амперометрического титрования с использованием гетерополианиона (ГПА) 12-молибденфосфатной гетерополикислоты, которая отличается высокой чувствительностью (10^{-4} моль/л), селективностью, простотой выполнения.

Annotation. A rapid method for quantitative determination of the content of miramistin in pharmaceutical and cosmetic-hygienic products is proposed by the method of amperometric titration using a heteropolyanion (HPA) of 12-molybdenum phosphate heteropoly acid, which is characterized by high sensitivity (10^{-4} mol/l), selectivity, and ease of implementation.

Ключевые слова: амперометрическое титрование, мирамистин, гетерополикислота, гетерополианион.

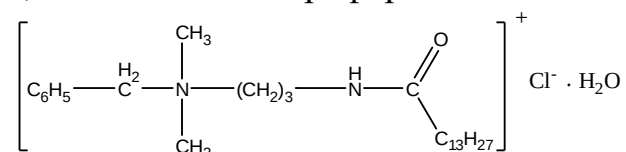
Keywords: amperometric titration, miramistin, heteropolyacid, heteropolyanion.

Возрастающие требования к качеству лекарственных препаратов, способствуют непрерывному развитию и усовершенствованию методов их аналитического контроля. Это в значительной мере относится к оценке качества фармацевтических, лечебно-косметических и антисептических средств. Лечебная косметика и антисептические препараты занимает особое место среди фармацевтических препаратов и обычной косметики.

Основная задача лечебно-профилактической косметики и антисептических средств – это очищение, тонизирование, защита и лечение. Для решения этих задач в состав большинства таких средств включают четвертичные аммониевые основания и их соли (ЧАС), так как они сочетают в себе поверхностно-активные и бактерицидные свойства. Эти вещества могут быть как основными, так и

вспомогательными в составе препарата.

Мирамистин – один из широко применяемых представителей ЧАС, который используется в ряде препаратов, как основное действующее вещество, так и как эмульгатор и антимикробный консервант. Мирамистин или Бензидилметил[3-(миристоиламино)пропил]аммоний хлорид, моногидрат – это белый мелкокристаллический порошок без запаха, легко, но медленно растворимый в воде, 95% спите и хлороформе:



Мирамистин имеет свойства катионного детергента и при взаимодействии с липидным слоем мембран микроорганизмов вызывает их разрушение и увеличивает проницаемость, что, в конечном счете, индуцирует цитоллиз. В отличие от других антисептиков мирамистин обладает высокой избирательностью действия, поэтому практически не действует на клеточные оболочки человека.

Химический анализ Мирамистина, как и большинства ЧАС, основан на его кислотно-основных свойствах. Галогениды четвертичных аммониевых солей можно определять как основания путем неводного титрования хлорной кислотой при добавлении ацетата окисной ртути. Однако в кремах, мазях и суппозиториях такой метод затруднен. Из-за гидрофильной природы ЧАС сложно отделить от гидрофильной основы мази или суппозитория. Чаще всего мешает влияние действующих компонентов, содержащихся в препарате в больших количествах, а также компонентов основы [1,2].

Одним из наиболее эффективных методов выделения и концентрирования различных ЧАС является сорбция (метод твердофазной экстракции). Для определения содержания солей четвертичных аммониевых оснований в мазях и суппозиториях, наряду с другими физико-химическими методами анализа, представляют интерес и приобретают все большую практическую значимость методы гетерофазного титрования, экстракционно-фотометрический, метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). В многокомпонентных препаратах, содержащих первичные, вторичные амины, определение четвертичных аминов методом экстракционного титрования затруднено, поскольку происходит завышение результатов [2,3].

Все перечисленные методы анализа ЧАС являются дорогостоящими, требуют использования токсичных растворителей,

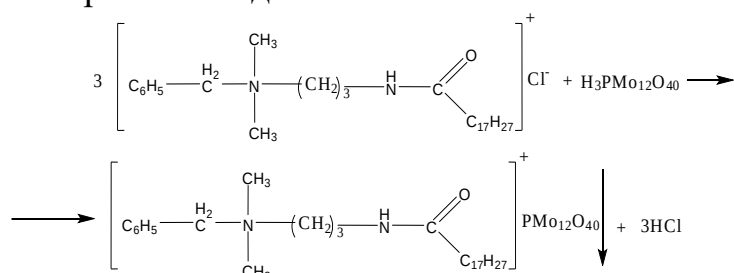
имеют сложную пробоподготовку.

В настоящее время наиболее актуальными становятся безопасные, менее дорогостоящие экспресс-методы анализа, к которым относятся электрохимические методы – потенциометрическое, амперометрическое титрования и ионометрия.

Амперометрический метод анализа (амперометрия) — метод электрохимического анализа, основанный на измерении силы тока при фиксированном значении потенциала в области предельного тока. В некоторых случаях амперометрический метод используется для амперометрического титрования — метода количественного анализа, при котором конечная точка титрования определяется по изменению тока между погружёнными в анализируемый раствор электродами в зависимости от количества прибавляемого титранта. Один из электродов — индикаторный, второй — электрод сравнения, обладающий постоянным потенциалом.

В практике аналитических исследований в качестве аналитических реагентов широко используются гетерополиокислоты (ГПО) структуры Кеггина такие как 12-молибденофосфорная (МФК), 12-молибденокремниевая (МКК), 12-вольфрамофосфорная (ВФК) кислоты для определения многих элементов и азотсодержащих органических соединений. Но, несмотря на преимущества использования гетерополианионов (ГПА) этих кислот в анализе многих веществ, сведения в научной литературе разрозненные, отсутствуют углубленные систематические исследования [4].

Использование гетерополиокислот структуры Кеггина в амперометрическом титровании базируется с одной стороны на окислительно-восстановительных свойствах гетерополианионов, их способности электрохимически восстанавливаться; а с другой стороны, на способности ГПА осаждать значительное количество неорганических и органических катионов с образованием устойчивых малорастворимых соединений:



Таким образом, сочетание реакции осаждения между ГПА структуры Кеггина с органическими основаниями, содержащими азот и наличие эффективного аналитического сигнала – предельного

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

диффузионного тока при электрохимическом восстановлении ГПА, позволяют использовать амперметрическое титрование для анализа предложенных веществ (рисунок 1).

Вольтамперометрическое изучение электрохимического поведения органического катиона показало, что при катодной поляризации в интервале от +0,5В до -0,5В это соединение не является электроактивным, в то время как ГПА структуры Кеггина с молибденовым лигандным окружением на фоне 0,1М раствора сульфата натрия дают четкий сигнал электровосстановления двух атомов молибдена при $E = -0,1 \text{—} +0,4\text{В}$:

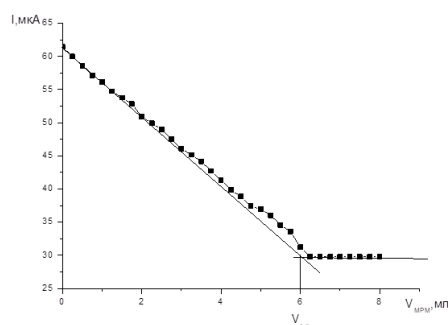
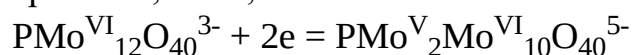


Рисунок 1. Кривая амперметрического титрования мирамистина
($V_{\text{мрм}}=6 \text{ мл}$, $C_{\text{мрм}}=10^{-3} \text{ М}$, $C_{\text{ГПК}}=10^{-3} \text{ М}$)

В ассоциатах, образованных органическими катионами мирамистина и ГПА $\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}^{3-}$ наблюдается устойчивое соотношение ГПА : органический катион равный 3:1, что подтверждает ассоциативный электростатический характер взаимодействия.

Таблица 1. Ассоциативный электростатический характер взаимодействия ГПА с органическим катионом.

ЭАВ	Соотношение ОК:ГПА	Масса навески, г		Произведение растворимости
		Мирамистин	Кристаллическая ГПК	
$(\text{МРМ})_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$	$6 \cdot 10^{-5} : 2 \cdot 10^{-5}$	0,027	0,04588	$(6,57 \pm 0,1) \cdot 10^{-28}$

Воспроизводимость и правильность работы метода представлена в таблице 2.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Таблица 2. Определение мирамистина методом прямого амперометрического титрования ($n=5$, $P=0,95$)

Антисептик	Введено Δm , г	Найдено Δm , г	Метрологические характеристики
МРМ	0,0469	0,0459	$X=0,0459; \delta = 0,00114; Sr=0,019;$ $x \pm \delta = 0,0459 \pm 0,00114; \gamma=2,4\%$

Таким образом, разработанный метод электрохимического анализа мирамистина характеризуется высокой чувствительностью (10^4 моль/л), экспрессностью (10-15 мин) и хорошей воспроизводимостью результатов. Кроме того, данный метод позволяет использовать для анализа растворы без предварительной длительной пробоподготовки.

Перечень ссылок

1. Руженко-Мизовцова Н.А. «Применение физико-химических методов анализа для количественного определения катионных поверхностно-активных веществ в различных объектах»//ВЕСТНИК Луганского национального университета имени Владимира Даля —Луганск, 2025.
2. Руженко-Мизовцова, Н. А. Мембранный Потенциометрический сенсор для определения Деквалиния хлорида в лечебно-профилактической продукции / Н. А. Руженко-Мизовцова, В. В. Мирошников // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2021. – № 9(51). – С. 40-45. – EDN JFBDZY.
3. Руженко-Мизовцова, Н. А. Мембранный потенциометрический сенсор для определения цетилпиридиния хлорида / Н. А. Руженко-Мизовцова // Научный форум: медицина, биология и химия : сборник статей по материалам LXXVIII международной научно-практической конференции, Москва, 19 июня 2025 года. 5(78). – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Международный центр науки и образования", 2025. – С. 4-13. – EDN OWHQJJ.
4. Ткач В.І., Карандєєва Н.І. Використання гетерополіаніонів структури Кеггіна в аналізі органічних та неорганічних сполук. Монографія. — Дніпропетровськ: УДХТУ, 2002.—184с.

УДК 546.05

ПОЛУЧЕНИЕ ШПИНЕЛИ $MgAl_2O_4$ МЕТОДОМ
САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО
СИНТЕЗА

О.Ю. Светлаков, А.Н. Шавшина, В.О. Громенко, В.В. Моряков,
С. Боднарюк
ФГБНУ «НИИ «РЕАКТИВЭЛЕКТРОН»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. Изучен процесс получения шпинели $MgAl_2O_4$ методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза из $MgSO_4$ и $Al_2(SO_4)_3$ в присутствии Na_2O_2 . Анализ дифрактограмм и микроструктуры показал, что повышение температуры отжига способствует увеличению размера частиц, формированию более крупных агломератов и улучшению кристалличности шпинели.

Annotation. The process of obtaining $MgAl_2O_4$ spinel by self-propagating high-temperature synthesis from $MgSO_4$ and $Al_2(SO_4)_3$ in the presence of Na_2O_2 has been studied. Analysis of diffractograms and microstructure showed that an increase in the annealing temperature contributes to an increase in particle size, the formation of larger agglomerates, and an improvement in spinel crystallinity.

Ключевые слова: самораспространяющийся высокотемпературный синтез, шпинель, температура отжига, седиментация, кристалличность.

Keywords: self-propagating high-temperature synthesis, spinel, annealing temperature, sedimentation, crystallinity.

Магний-алюминиевая шпинель имеет кубическую сингонию, анионы кислорода находятся в плотнейшей кубической упаковке, при этом восьмая часть тетраэдрических пустот занята магнием, а половина октаэдрических – алюминием (рис.1). $MgAl_2O_4$ представляет интерес для исследования в связи со своими радиационными, химическими, термическими свойствами и разработкой на ее основе функциональных материалов. Для данной шпинели характерны высокая температура плавления и твёрдость, химическая устойчивость при сравнительно небольшой плотности (около $3,58 \text{ г/см}^3$) и сравнительно небольшом коэффициенте термического расширения [1].

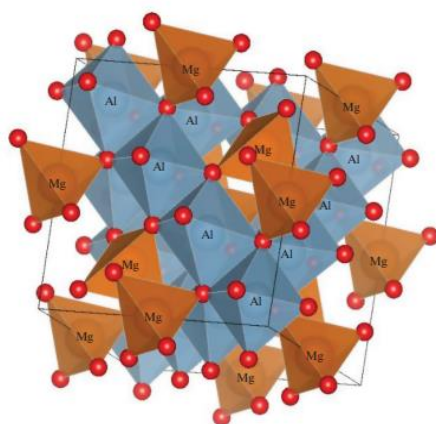


Рисунок 1 – Кристаллическая структура нормальной шпинели MgAl_2O_4 [2]

В процессе получения керамических изделий на основе алюмо-магниевого шпинели важно выбрать оптимальную температуру спекания, время изотермической выдержки, подходящие виды и количество минерализаторов, чтобы улучшить физико-механические характеристики готовых изделий. Реакция получения алюмо-магниевого шпинели:



Инициирование взаимодействия в системе $\text{MgSO}_4 - \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 - \text{Na}_2\text{O}_2$ регистрируется на кривой ДТА, что сопровождается мощным тепловым эффектом при температуре 260 °С в форме выраженного экзотермического пика, сопряженного с интенсивной потерей массы, что объясняется выделением пероксидного кислорода (рис. 2).

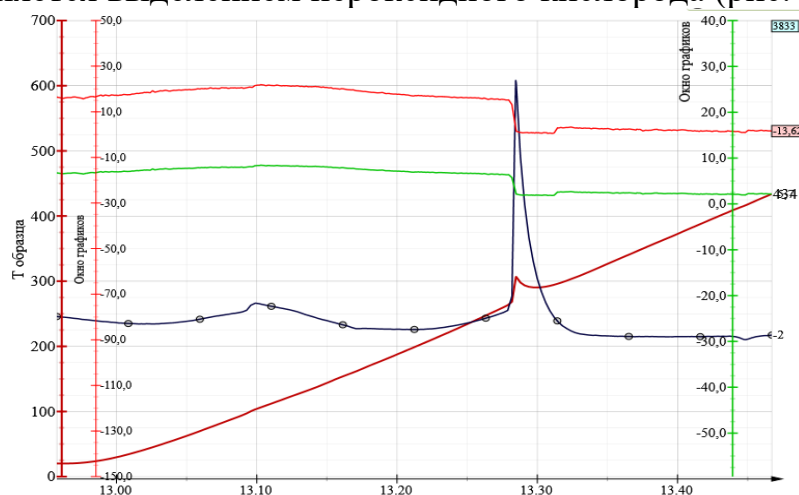


Рисунок 2 – Термограмма смеси $\text{MgSO}_4 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Na}_2\text{O}_2$ при мольном соотношении компонентов равном 1:1:4

Помол безводных порошков MgSO_4 и $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ с пероксидом

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

натрия в мольном соотношении 1:1:4 проводили в воздушной среде в мельнице шаровой барабанно-валковой, при скорости вращения барабана 400 об/мин, в течении 10 мин. Предварительно отдельному помолу при данных параметрах подвергался каждый компонент шихты, кроме пероксида натрия. Из полученной смеси порошков прессовали таблетку диаметром 23 мм и высотой 21-25 мм на электрогидравлическом прессе при давлении прессования 0,8 т/см².

Реализацию самораспространяющегося взаимодействия, определение скоростей горения и температуру горения таблетки проводили на установке для измерения скорости горения. Начальная высота таблетки 26 мм, скорость горения образца 71 мм/мин, температура горения составляет 836 °С.

Полученный в результате горения системы $\text{MgSO}_4 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Na}_2\text{O}_2$ порошок промывали дистиллированной водой для отделения сульфата натрия, сушили и проводили седиментационный анализ.

Пробу образца для седиментации готовят в виде малоконцентрированной суспензии: небольшую порцию порошка (~0,0260 г) предварительно размешивают с раствором диспергатора до состояния пасты и качественно, и количественно переносят в кювету, предварительно заполненную жидкостью.

Данные по седиментационному анализу порошка магниевой шпинели, полученной в результате горения в системе $\text{MgSO}_4 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Na}_2\text{O}_2$ с последующим отжигом при температурах 950 и 1100 °С с выдержкой в течение 2 часов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Размерное распределение частиц порошка MgAl_2O_4 , полученного при разных температурах и времени осаждения

Вид обработки	Длительность осаждения, мин	Размер зерна, мкм	Концентрация раствора, %
После СВС	10	5,7	74
	20	4,0	56
	30	3,3	53
	60	2,6	49
Отжиг $t=950\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau=2\text{ ч}$	10	6,3	79
	20	4,4	71
	30	3,6	63
	60	2,5	53
Отжиг $t=1100\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau=2\text{ ч}$	10	6,2	81
	20	4,4	69
	30	3,1	58
	60	2,4	52

Фазовый состав изучали на рентгеновском дифрактометре

HAOYUAN DX-27MINI (Cu-K α излучение 1,54056 Å). Качественный анализ фазового состава осуществляли с помощью базы данных PDF-2 в программном комплексе Jade 6.5 (ИОНХ РАН, г. Москва).

Микрофотографии образца были получены на растровом электронном сканирующем микроскопе TESCAN AMBER GMH, позволяющем получать изображения поверхности образца разрешением 1.3 нм при ускоряющем напряжении 1 кВ (ИОНХ РАН, г. Москва).

Анализ данных таблицы 1 и рисунка 2 показал, что после СВ-синтеза видна структура, образованная мелкими частицами, с высокой степенью агломерации. Частицы не имеют четких границ и образуют рыхлый конгломерат. Структура шпинели после отжига при 950 °С приобретает большую упорядоченность, частицы немного укрупняются, проявляются более четкие границы. Агломерация остается значительной, но наблюдается тенденция к формированию более крупных агломератов. Наблюдается значительное изменение структуры шпинели после отжига при 1100 °С. Частицы заметно укрупнены, образуют более плотные и крупные агломераты, присутствуют крупные поры между агломератами.

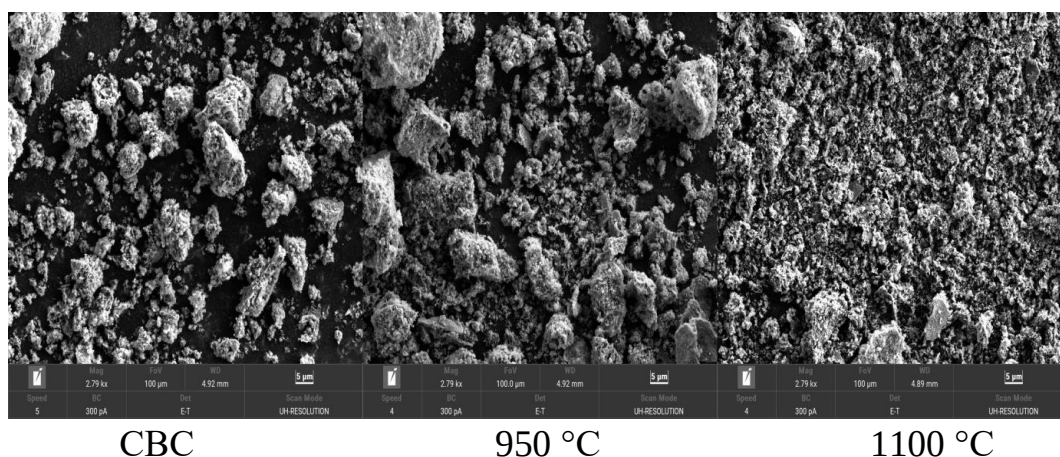


Рисунок 2 – Микроструктура шпинели MgAl₂O₄

Данные рентгенофазового анализа представлены на рисунке 3. После СВ-синтеза присутствуют фазы MgAl₂O₄ соответствующие карточке PDF 21-1152, а также Al₂O₃ (оксид алюминия) – идентифицирован как PDF 50-0741 и корунд - Al₂O₃ (карточка PDF 46-1212). Дифрактограмма характеризуется широкими пиками низкой интенсивности, что указывает на низкую степень кристалличности образца после СВС. Это типично для материалов, полученных методами быстрого синтеза, так как времени на формирование кристаллической структуры недостаточно.

После отжига при 1100 °С видны фазы MgAl_2O_4 (карточка PDF 21-1152), а также MgO (магнезит) соответствует карточке PDF 65-0476. Дифрактограмма демонстрирует четкие, узкие и интенсивные пики, что свидетельствует о высокой степени кристалличности образца после прокаливания при 1100 °С.

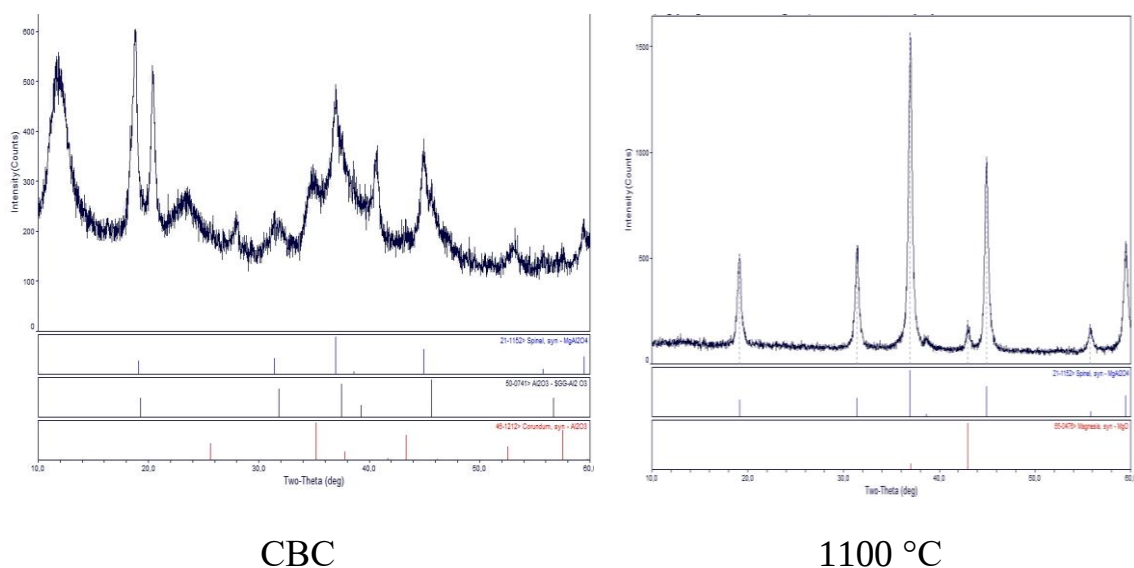


Рисунок 3 – Дифрактограмма образца магниевой шпинели

Таким образом, температура и продолжительность отжига оказывает заметное влияние на микроструктуру и целостность магниевой шпинели. Повышение температуры приводит к увеличению размера частиц и укрупнению агломератов, и формированию более четких пиков шпинели на дифрактограмме. Существенные изменения происходят при отжиге при 1100 °С, где формируется более крупнозернистая структура и происходит более интенсивное спекание частиц.

Перечень ссылок

1. Сушанек, Л.Я. Динамика решетки и оптические свойства магний алюминированной шпинели с неупорядоченным распределением катионов по позициям / Л.Я. Сушанек, Ю.В. Шапова, А.Н. Киряков, А.Ф. Зацепин // X Международная молодёжная научная конференция «Физика. Технологии. Инновации. ФТИ-2023» - С. 338-339.
2. Momma K., Izumi F. // J. Appl. Crystallogr. 2011. V. 44. P. 1272.

УДК 628.313

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ОТБОРА ПРОБ ВОДЫ
ИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОЕМОВ**

А.Л. Складов

Государственное бюджетное учреждение
«Макеевский научно-исследовательский институт по безопасности
работ в горной промышленности»
г. Макеевка, ДНР

***Аннотация.** ГБУ «МАКНИИ» выполняется работа по оценке влияния на химический состав поверхностных водоемов сбрасываемых шахтных вод. Для отбора проб воды разработана «Программа отбора проб воды из поверхностных водоемов».*

***Annotation.** The State Budgetary Institution "MAKNII" is carrying out work to assess the impact of discharged mine water on the chemical composition of surface water bodies. A "Water Sampling Program from Surface Water Bodies" has been developed for sampling water.*

***Ключевые слова:** программа, вода, отбор проб, поверхностный водоем, химический анализ, показатель.*

***Keywords:** program, water, sampling, surface water body, chemical analysis, indicator.*

Для оценки влияния на химический состав поверхностных водоемов сбрасываемых шахтных вод, из указанных водоемов необходимо осуществлять отбор проб воды. Согласно п. 4.2 ГОСТ Р 59024-2020 [1], требуется разработать программу, в соответствии с которой должен производиться отбор проб.

Цель – изложить результаты разработки ГБУ «МАКНИИ» «Программы отбора проб воды из поверхностных водоемов» (далее – «Программа...»).

При разработке «Программы...» использованы требования стандартов [1,2]. Структура «Программы...» включает 8 разделов: «Общие положения», «Нормативные ссылки», «Места отбора проб», «Транспортирование проб», «Прием проб в химической лаборатории», «Хранение проб», «Перечень показателей для химического анализа проб воды», «Ответственность», а также два приложения: «Места (точки) отбора проб», «Форма журнала приема проб в химической лаборатории».

В первом разделе указано, что «Программа...» определяет требования к местам отбора проб воды, транспортированию проб,

документальному оформлению их приема в химической лаборатории, их хранению, а также перечню показателей для химического анализа. Изложенные в «Программе...» требования являются обязательными для работников, осуществляющих отбор проб воды.

В «Нормативных ссылках» приведен перечень нормативных правовых актов, стандартов и методических документов, которые использованы в «Инструкции...» (Водный кодекс Российской Федерации, Федеральный закон Российской Федерации «Об охране окружающей среды», ГОСТ Р 59024-2020 «Вода. Общие требования к отбору проб» и др.).

Третий раздел содержит ссылку на приложение А, в котором в виде схем приведены места (точки) отбора проб воды.

В четвертый раздел сведены следующие требования к транспортированию отобранных проб воды. Транспортирование проб в химическую лабораторию осуществляется любым видом транспорта или вручную. При необходимости, для транспортирования проб используют различные виды упаковки (контейнеры, корзины, ящики, футляры, пакеты и т.п.), препятствующие загрязнению и повреждению емкостей с пробами и самопроизвольному открытию пробок (крышек) емкостей. При транспортировании отобранных проб воды в химлабораторию должны быть приняты меры по их защите от внешнего воздействия (солнечного излучения, загрязнения, механического повреждения), по предотвращению их дополнительного нагревания или переохлаждения (замораживания).

Порядок приема отобранных проб воды в химической лаборатории изложен в пятом разделе. Пробы должны быть зарегистрированы в Журнале приема проб (его форма приведена в приложении Б к «Программе...»). Допускается использовать компьютерные системы регистрации и хранения информации, в том числе разработанные лабораторией на основе офисных программ. При заполнении Журнала приема проб допускается использовать сокращения. Пробы, не имеющие маркировки (номер акта отбора), лабораторией не принимаются.

В шестом разделе изложены требования к хранению проб. Если к выполнению анализа не приступают сразу после доставки и регистрации проб, их хранят в условиях, исключающих любое изменение в составе проб. При нарушении условий хранения анализ пробы на показатели, для которых эти условия нарушены, проводить не рекомендуется. Способы консервации и условия хранения проб воды должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 59024-2020 [1].

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

В седьмом разделе приведен перечень определяемых показателей в процессе химического анализа проб воды: железо общее, марганец, алюминий, медь, хром общий, кремний, кальций, магний, натрий, калий, стронций, барий, аммоний, хлориды, сульфаты, фосфаты, нитриты, нитраты, содержание взвешенных веществ, сухой остаток, жесткость общая, щелочность общая, водородный показатель pH, минерализация, фториды, литий.

В восьмом разделе указывается, что ответственность за соблюдение требований «Программы...» работники несут в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на совершенствование способов и методов химического анализа отобранных проб воды.

Выводы. ГБУ «МАКНИИ» разработана «Программа по отбору проб воды из поверхностных водоемов», которая включает 8 разделов: «Общие положения», «Нормативные ссылки», «Места отбора проб», «Транспортирование проб», «Прием проб в химической лаборатории», «Хранение проб», «Перечень показателей для химического анализа проб воды», «Ответственность», а также два приложения: «Места (точки) отбора проб», «Форма журнала приема проб в химической лаборатории».

Перечень ссылок

1. ГОСТ Р 59024-2020. Вода. Общие требования к отбору проб: национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 сентября 2020 г. № 640-ст : дата введения 2022-06-01. – Москва, 2020. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=9&documentId=470433> (дата обращения 29.04.2026). – Текст : электронный.

2. ГОСТ 17.1.5.04-81. Охрана природы. Гидросфера. Приборы и устройства для отбора, первичной обработки и хранения проб природных вод. Общие технические условия: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 30 декабря 1981. № 5788 : дата введения 1984-01-01. – Москва, 1981. – URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/bc9/4294835624.pdf> (дата обращения 29.04.2026). – Текст : электронный.

УДК 502.3:504.064

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ МЕР
ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ В СФЕРЕ ОХРАНЫ
АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ
РЕСПУБЛИКИ**

О.В. Ткаченко

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

Аннотация. В работе проведен анализ состояния атмосферного воздуха Донецкой Народной Республики, в ходе которого выявлено, что большая часть населения проживает в городах с высоким уровнем загрязнения. Предложены перспективные направления мер государственной поддержки, ориентированные на комплексное улучшение качества атмосферного воздуха.

Annotation. This study analyzes the state of natural air in the Donetsk People's Republic, revealing that a significant portion of the population resides in cities with elevated pollution levels. Prospective directions for state support measures, aimed at comprehensively improving the quality of natural air, are proposed.

Ключевые слова: атмосферный воздух, валовые выбросы, загрязняющие вещества.

Keywords: natural air, total emissions, pollutants.

Сеть мониторинга загрязнения атмосферного воздуха Донецкой Народной Республики (ДНР) включает 16 стационарных пунктов регулярных наблюдений, размещённых в пяти городах: Горловка, Донецк, Енакиево, Макеевка и Мариуполь. Наибольший вклад в формирование уровня загрязнения вносят такие вещества как формальдегид, взвешенные вещества, диоксид азота, оксид азота, аммиак, фенол, сероводород, бенз(а)пирен, оксид углерода.

По состоянию на 2024 г. 75% населения ДНР проживают в городах с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха, в числе которых Горловка, Донецк, Енакиево и Макеевка [1].

Анализ минерализации атмосферных осадков в г. Донецке и г. Волновахе за 2024 г. (рис. 1) показал, что в ионном составе осадков обеих территорий преобладали гидрокарбонаты (более 30%), что отражает высокую степень запылённости атмосферного воздуха. Содержание сульфатов в атмосферных осадках составляет около 20% от общей суммы ионов. В пробах, отобранных в апреле и июле в

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Донецке, а также в августе в Волновахе, зафиксированы повышенные концентрации нитратов (более 25 мг/л), что может быть обусловлено техногенным воздействием, связанным с производством удобрений, азотной кислоты и взрывчатых веществ [2].

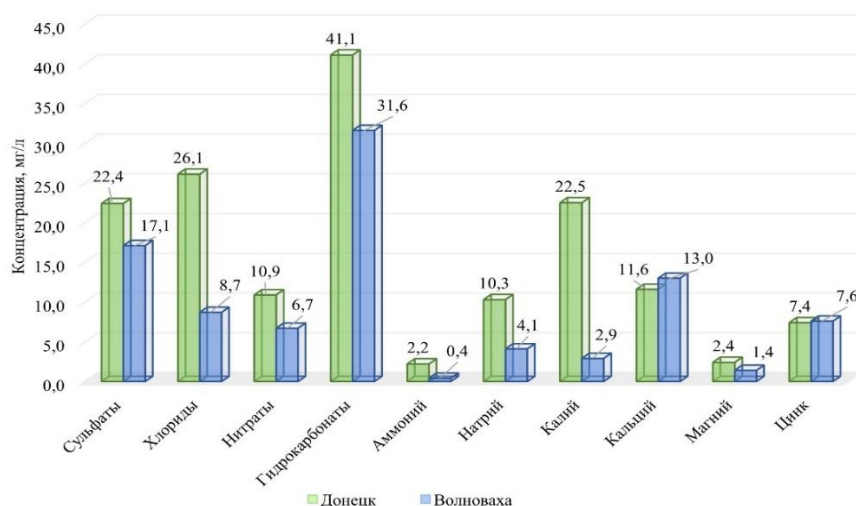


Рисунок 1. Химический состав атмосферных осадков в г. Донецке и г. Волновахе за 2024 г.

Сравнительный анализ долей проб атмосферного воздуха с превышением ПДК приоритетных загрязняющих веществ в ДНР в 2024 г. и в среднем по РФ за 2023 г. (рис. 2) показал, что доля проб с превышением ПДК по взвешенным веществам в ДНР в 3,6 раза выше, чем в среднем по РФ, по диоксиду азота – в 5 раз, по диоксиду серы – в 14 раз, по оксиду углерода – ниже в 2 раза [3, с. 44].

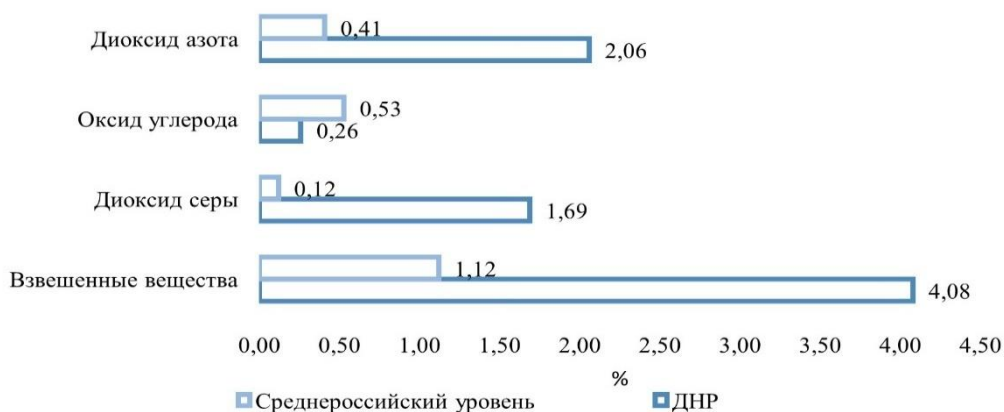


Рисунок 2. Сравнение долей проб атмосферного воздуха с превышением ПДК приоритетных загрязняющих веществ в 2024 г., %

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Такая разница по количеству проб, не соответствующих установленным нормативам, по отношению к среднероссийскому уровню, вероятно, является результатом влияния военных действий и их последствий (в частности, движение военной техники, разрушение инфраструктуры и др. объектов, взрывы и пожары), климатических особенностей (засушливый климат и сильный ветер), возможных различий в методологии измерений и полноты данных, а также экономических факторов (недостаточное финансирование экологических мероприятий и ослабление экологического контроля в условиях боевых действий и нестабильности).

Следует отметить, что в 2024 г. в Республике увеличился уровень загрязнения атмосферного воздуха на автомагистралях, расположенных в зоне жилой застройки. Доля проб, не соответствующих установленным нормативам, составила 1,66%, что в 1,8 раз превышает показатель 2023 г. (0,94%) [3, с. 45]. Это может быть обусловлено увеличением транспортной нагрузки, активными строительными и ремонтными работами (в т.ч. перевозкой сыпучих материалов), а также метеорологическими условиями.

Сложившаяся ситуация с загрязнением атмосферного воздуха в ДНР требует усиления мер государственной поддержки, перспективные направления которой должны включать:

1. Стимулирование перехода на экологически чистые технологии (предоставление налоговых вычетов для инвесторов, вкладывающих средства в проекты, связанные с экологически чистыми технологиями; предоставление налоговых льгот предприятиям, переходящим на возобновляемые источники энергии; упрощение процедур лицензирования и сертификации экологически чистых технологий, создание технопарков и кластеров, поддерживающих развитие экологически чистых технологий и др.).

2. Развитие экологически ориентированной транспортной инфраструктуры (предоставление субсидий, грантов или льготных кредитов компаниям, устанавливающим зарядные станции; субсидирование закупки автобусов, троллейбусов, трамваев и другого общественного транспорта, работающего на электроэнергии, газе или других экологически чистых видах топлива; строительство велосипедных дорожек, велопарковок, пунктов проката велосипедов; проведение информационных кампаний, направленных на повышение осведомленности населения о преимуществах экологически чистого транспорта и др.).

3. Поддержку научных исследований и разработок в области очистки выбросов (предоставление грантов и субсидий научным

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

организациям для проведения исследований в области очистки выбросов, включая разработку новых фильтров, катализаторов, абсорбентов, а также технологий улавливания и хранения углерода; создание технопарков, кластеров и других инновационных площадок, объединяющих научные организации, компании и органы власти для совместной работы над проектами в области очистки выбросов; предоставление налоговых льгот и преференций предприятиям, внедряющим новые технологии очистки выбросов и др.).

4. Повышение уровня экологической грамотности населения (проведение образовательных программ для различных возрастных групп о причинах загрязнения атмосферного воздуха, его влиянии на здоровье человека и окружающую среду, а также о мерах по его снижению; обеспечение доступа к информации о качестве атмосферного воздуха; стимулирование участия общественности в принятии решений в области охраны атмосферного воздуха, создание общественных советов и механизмов обратной связи и др.).

Выводы. Загрязнение атмосферного воздуха в ДНР представляет собой серьезную экологическую проблему, затрагивающую значительную часть населения, проживающего в городах с высоким уровнем загрязнения, таких как Горловка, Донецк, Енакиево и Макеевка. Для улучшения качества атмосферного воздуха в регионе предлагается комплекс мер государственной поддержки, включающих экономическое стимулирование внедрения экологически чистых технологий, развитие экологически ориентированной транспортной инфраструктуры, поддержку научно-исследовательских разработок в области очистки выбросов, а также повышение уровня экологической грамотности населения.

Перечень ссылок

1. Ежегодник Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2024 г. [Электронный ресурс]. – URL: [http://voeikovmgo.ru/images/stories/publications/2025/Ежегодник%20Состояние%20загрязнения%20атмосферы%20в%20городах%20на%20территории%20России%20за%202024%20г%20\(2\).pdf](http://voeikovmgo.ru/images/stories/publications/2025/Ежегодник%20Состояние%20загрязнения%20атмосферы%20в%20городах%20на%20территории%20России%20за%202024%20г%20(2).pdf)
2. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2024 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.meteorf.gov.ru/product/infomaterials/90/>
3. Ветров С.Ф. Гигиеническая оценка состояния воздушной среды и влияние её химического состава на здоровье населения Донецкой Народной Республики / С.Ф. Ветров, М.П. Романченко, Р.Н. Андреев, Д.Г. Клишкан, М.И. Ежелева, А.А. Горохова // Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема. – 2025. – № 2 (57). – С. 39-48.

УДК 502.3:504.064

**ПРИОРИТЕТНЫЕ МЕРЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ
В СФЕРЕ ОХРАНЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ДОНЕЦКОЙ
НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ**

О.В. Ткаченко

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

***Аннотация.** В работе проведен анализ водохозяйственной отрасли Донецкой Народной Республики в условиях нарастающего дефицита водных ресурсов и ухудшения экологической обстановки водных объектов. Обоснован комплекс первоочередных мер государственной поддержки, направленный на стабилизацию и реабилитацию водных объектов региона.*

***Annotation.** This study analyses the water management sector of the Donetsk People's Republic amid growing water scarcity and the deteriorating environmental state of water bodies. It substantiates a package of priority state support measures designed to stabilize and rehabilitate the region's water resources.*

***Ключевые слова:** водохозяйственная отрасль, сточные воды, гидротехнические сооружения.*

***Keywords:** water management industry, wastewater, hydraulic engineering structures.*

В условиях дефицита водных ресурсов и напряженной экологической обстановки в Донецкой Народной Республике (ДНР) вопросы сохранения и реабилитации водных объектов приобретают первостепенную значимость.

Водохозяйственная отрасль ДНР находится в стабильно тяжелом состоянии, что является следствием исторически сложившейся модели водопользования: на протяжении длительного времени водные объекты являлись источниками водозабора и одновременно приемниками сточных вод, в значительной степени не прошедших очистку. Это привело к деградации русел рек, активному зарастанию и заболачиванию, а также к нарушению водотоков и подавлению процессов естественного самоочищения. Усугубляет положение предаварийное состояние гидротехнических сооружений, вызванное длительным периодом эксплуатации без должного технического обслуживания и требующее незамедлительного

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

капитального ремонта [1].

Поверхностные водные объекты Республики характеризуются превышением предельно допустимых концентраций (ПДК) по показателям общей минерализации, сульфатов и других загрязняющих веществ, что обуславливает необходимость применения специальных методов водоподготовки. Уровень загрязнения имеет тенденцию к увеличению на участках нижнего течения рек. На качество водных объектов оказывают значительное влияние сбросы очистных сооружений, смыв удобрений и пестицидов с сельскохозяйственных угодий, фильтрат мусорных полигонов, находящихся в пределах водоохранных зон [2].

В таблице 1 представлены данные по содержанию химических элементов в водных объектах ДНР.

Таблица 1 Содержание химических элементов в водных объектах ДНР

Гидрологическая станция		Содержание металлов, мкг/дм ³					
		Свинец	Мышьяк	Кадмий	Ртуть	Марганец	Железо общее
Старобешевское водохранилище	1	0,62	<2,5	<0,10	0,058	65	130
	2	0,46	9,0	<0,10	0,032	6,4	67
Павлопольское водохранилище	3	<0,40	4,1	<0,10	0,038	15	67
	4	<0,40	4,2	<0,10	0,013	16	66
Николаевское водохранилище	5	0,44	<2,5	<0,10	0,029	7,0	54
	6	0,40	<2,5	<0,10	0,053	8,0	62
Зуевское водохранилище	7	0,66	<2,5	<0,10	<0,010	18	79
	8	0,57	3,6	<0,10	0,093	38	109
Река Кальчик	9	<0,40	<2,5	<0,10	<0,010	22	77
	10	0,45	<2,5	<0,10	<0,010	12	75
Река Крынка	11	0,50	42	<0,10	<0,010	59	98
	12	0,72	20	<0,10	0,082	14	79
ПДК		6	50	5	0,01	10	100

В большинстве отобранных проб наблюдается превышение ПДК по ртути. Загрязнение может быть обусловлено как антропогенными факторами – стоки от промышленных предприятий (химическая отрасль, горная добыча на ртутьсодержащих месторождениях), сжигание топлива и неправильная утилизация ртутьсодержащих отходов, так и природными – выветривание.

Значительное превышение ПДК по марганцу наблюдается в Старобешевском и Зуевском водохранилищах, а также в реке Крынка. Загрязнение марганцем может быть обусловлено промышленными стоками (металлургия, химическая промышленность, производство

удобрений), выщелачиванием марганцевых минералов из почв и пород под действием осадков, а также сельскохозяйственными стоками, содержащими марганцевые микроудобрения.

Превышение ПДК по железу отмечено в Старобешевском и Зуевском водохранилищах, основными источниками которого являются природные процессы (выветривание) и антропогенные (стоки металлургической, химической и горнодобывающей промышленности, а также сельскохозяйственные стоки) [3, с.59].

К числу ключевых проблем водохозяйственной отрасли ДНР также относится существенное снижение уровня воды в реках и водохранилищах. Характерным примером служит полное обмеление Ханженковского водохранилища в 2025 г. [4], которое ранее являлось резервным источником водоснабжения для Донецка, Макеевки и Харцызска. Это обусловлено комплексом антропогенно-климатических факторов, включая дефицит осадков, высокие температуры, загрязнение гидрографической сети и неблагоприятные морфометрические параметры водоема.

Таким образом, совокупность указанных выше проблем, свидетельствует о необходимости реализации комплекса мер государственной поддержки, направленных на стабилизацию и оздоровление водохозяйственной отрасли ДНР, включающих:

1. Создание системы государственно-частного партнёрства в сфере модернизации и эксплуатации гидротехнических сооружений с целью привлечения внебюджетных инвестиций.

2. Внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами и диспетчеризации на гидротехнических сооружениях для оперативного реагирования на аварийные ситуации и оптимизации режимов эксплуатации, что позволит снизить износ оборудования.

3. Увеличение объемов и темпов работ по расчистке русел рек, включение в план дополнительных водных объектов.

4. Проведение дноуглубительных работ и мероприятий по ликвидации заторов, что является особенно актуальным для нижних участков рек, где скапливается основная масса загрязнителей и происходит заиливание.

5. Внедрение экономических стимулов для предприятий, внедряющих современные системы очистки и замкнутые циклы водоснабжения (налоговые льготы, субсидирование части затрат на модернизацию и др.).

6. Дифференцирование тарифов на водопотребление и водоотведение (повышение тарифов за сброс недостаточно

очищенных стоков, сверхлимитное водопользование и др.).

7. Создание цифровой карты водоохранных зон в формате геоинформационной системы с открытым доступом для бизнеса и населения, что позволит застройщикам и землепользователям учитывать ограничения при планировании деятельности и предотвращать непреднамеренные правонарушения.

8. Развитие системы грантовой поддержки общественных экологических инициатив и проектов.

Выводы. Результаты анализа состояния поверхностных водных объектов ДНР свидетельствуют об их критическом состоянии, вызванном многолетней практикой водопользования. Для стабилизации и реабилитации водохозяйственной отрасли требуется реализация комплекса мер: внедрение государственно-частного партнёрства, цифровая инвентаризация водоохранных зон, интенсификация расчистки и дноуглубления рек, а также экономические стимулы для предприятий, направленные на сокращение сброса загрязняющих веществ.

Перечень ссылок

1. Интервью с Председателем Государственного комитета водного и рыбного хозяйства ДНР Андреем Судьиным [Электронный ресурс]. – URL: https://vk.com/video-66833222_456298781

2. Белая книга: оставшиеся от Украины незаконные угольные отвалы отравляют реки ДНР [Электронный ресурс]. – URL: <https://tass.ru/ekonomika/26892729>

3. Алексеева Н.В. Экологическое состояние водных объектов Донецкой Народной Республики / Н.В. Алексеева, П.Б. Должанов, Ю.В. Косенко, В.О. Корниенко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2025. – № 4. – С. 54-69.

4. Экологическая катастрофа: в ДНР полностью пересох пресный водоем, питающий три крупных города [Электронный ресурс]. – URL: <https://bloknot-donetsk.ru/news/ekologicheskaya-katastrofa-v-dnr-polnostyu-peresokh-1908741>

УДК 628.312.5:311.218

ПРИМЕНЕНИЕ ДИАГРАММЫ «ЯЩИК С УСАМИ» ДЛЯ
ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ХИМИЧЕСКИХ
АНАЛИЗОВ ПРОБ СТОЧНОЙ ФЕНОЛЬНОЙ ВОДЫ

В.С. Федорова
ФГБОУ ВО «Донбасский государственный технический
университет»,
г. Алчевск, ЛНР

Аннотация. В данной работе рассматривается применение диаграммы «Ящик с усами» в Microsoft Excel как эффективного инструмента для визуализации данных химических анализов проб сточной фенольной воды. Благодаря этой диаграмме возможно быстрое и наглядное сравнение распределения данных, выявление выбросов и определение медиан, что делает данный метод особенно полезным для аналитиков в области экологии и промышленного мониторинга.

Annotation. This paper discusses the use of the box-plot diagram in Microsoft Excel as an effective tool for visualizing chemical analysis data from wastewater phenolic water samples. This diagram makes it possible quick and visual comparing the distribution of data, identifying emissions and determining medians, which makes this method especially useful for analysts in the field of ecology and industrial monitoring.

Ключевые слова: диаграмма «Ящик с усами», сточные воды, фенолы, экологический мониторинг, выбросы.

Keywords: boxplot, wastewater, phenols, environmental monitoring, emissions.

Сточные воды, содержащие фенолы, представляют серьезную экологическую проблему [1]. Сложность их анализа заключается в многообразии химических веществ и необходимости точного определения концентраций для оценки риска для экосистем и здоровья человека. Визуализация результатов химических анализов позволяет лучше понять данные и принять обоснованные решения. Один из эффективных способов визуализации распределения данных – диаграмма «Ящик с усами» или «коробчатая диаграмма» (boxplot), которая позволяет отобразить распределение значений, выявить выбросы и сравнить различные группы данных [2]. Основными элементами диаграммы являются ящик, показывающий интерквартильный размах (IQR) — диапазон между первым (Q1) и

третьим квартили (Q3); линия внутри ящика, представляющая медиану (Q2); усы, которые демонстрируют диапазон данных за пределами интерквартильного размаха, фиксируя минимальные и максимальные значения с учетом выбросов. Указанная диаграмма обладает рядом преимуществ, такими как, простота использования; информативность, позволяя выявить важные статистические параметры и аномалии в данных; эффективность, предоставляя возможность быстро сравнивать несколько групп данных. Наибольшее преимущество «коробчатой диаграммы» – это возможность быстро увидеть, как распределены данные выборки: где имеется стабильность, а где аномальные отклонения.

Целью данного исследования является апробирование метода визуализации результатов химического анализа проб сточной фенольной воды с использованием диаграммы «Ящик с усами» в Microsoft Excel для повышения точности интерпретации результатов, эффективности оценки распределения концентраций фенолов и улучшения процессов управления водными ресурсами.

Проведенное исследование показало, что диаграммы «Ящик с усами» позволяют наглядно определить медиану, квартильные значения, диапазон вариации и наличие выбросов в данных химического анализа.

Согласно полученным результатам химических анализов проб сточной фенольной воды, поступающей на очистку на биохимическую установку цеха Улавливания ООО «ЮГМК» с 2019-2023 гг., построены диаграммы «Ящик с усами» для распределений загрязняющих веществ: рН, фенолов, роданидов, общего аммиака, летучего аммиака, цианидов, масел и смол, что показано на рисунках 1–3.

В результате было выявлено, что для цианидов, масел и смол, аммиака летучего наблюдается значительная правосторонняя асимметрия. Это вызвано выбросами в виде нескольких месяцев с очень высокими значениями показателей загрязнения. Для роданидов наблюдается выраженная правосторонняя асимметрия за счет длины правого уса, подтверждающее, что 25 % данных выборки имеют высокие значения по сравнению с остальными материалами. Для фенолов и аммиака общего наблюдается небольшая правосторонняя асимметрия. Данные выборки для фенолов более равномерно распределены. Небольшая правосторонняя асимметрия данных выборки для аммиака общего обусловлена наличием выбросов как с очень высокими показателями, так и с очень низкими показателями, что свидетельствует о нестабильности распределения.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Правосторонняя асимметрия указывает на периодические всплески показателей загрязнения.

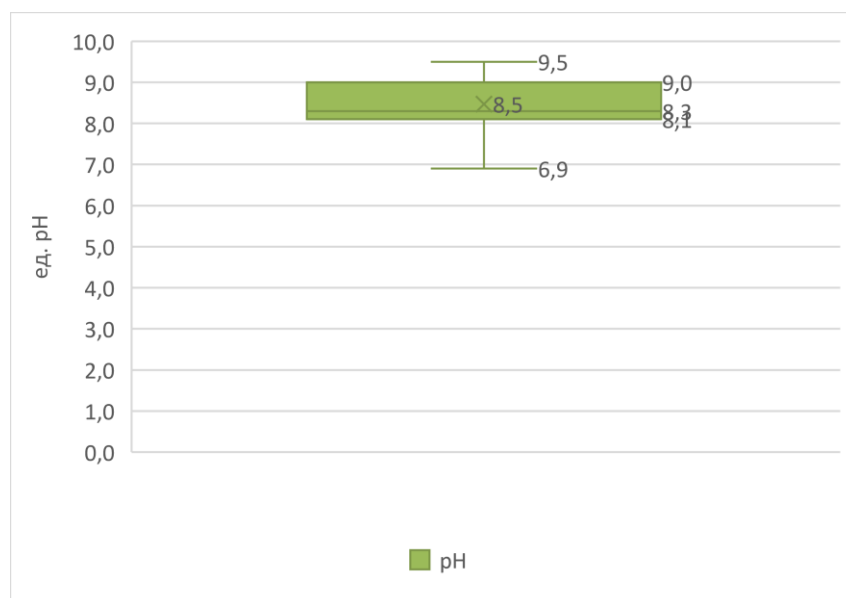


Рисунок 1 – Диаграмма «Ящик с усами» для pH

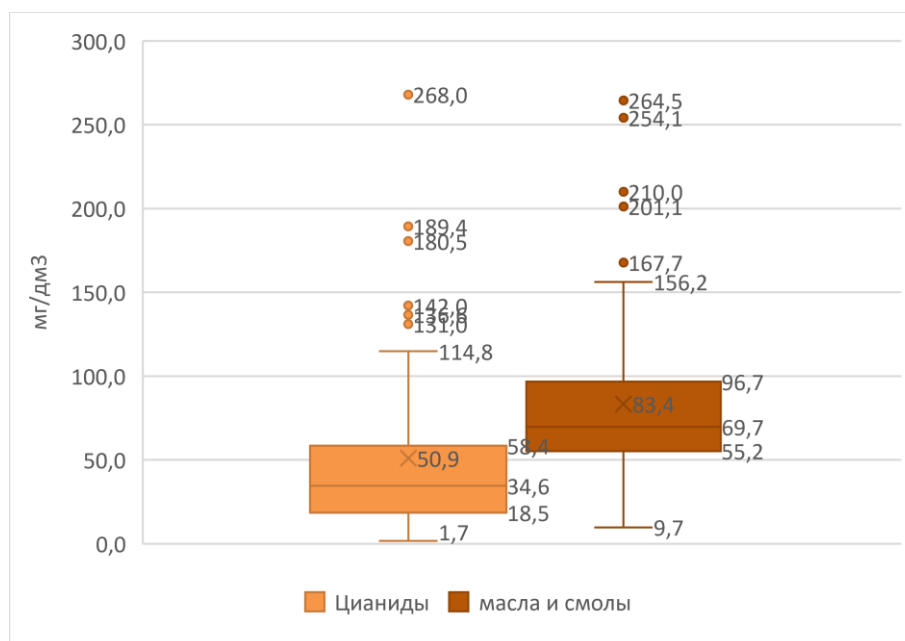


Рисунок 2 – Диаграмма «Ящик с усами» для цианидов, масел и смол

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

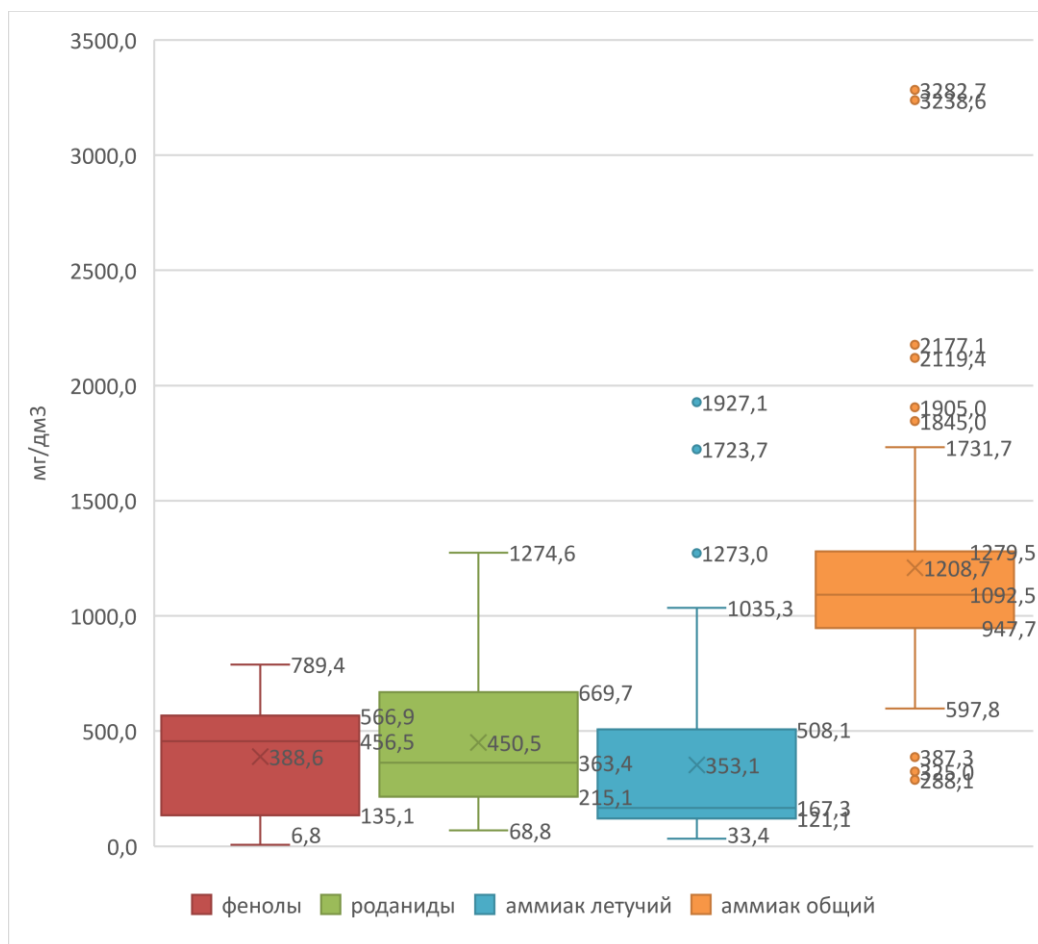


Рисунок 3 – Диаграмма «Ящик с усами» для фенолов, роданидов, аммиака летучего, аммиака общего

Диаграмма «Ящик с усами» лишь выделяет потенциальные выбросы, но не определяет их природу. Необходимо дополнительное исследование, чтобы установить, являются ли они ошибками, аномальными, но реальными значениями, или требуют особого внимания.

Таким образом, использование диаграммы «Ящик с усами» для визуализации результатов химических анализов сточной фенольной воды позволяет не только наглядно представлять данные, но и выявлять важные тенденции и аномалии. Это делает ее ценным инструментом в химическом анализе и экологическом мониторинге качества воды. Использование такого метода может значительно упростить процесс анализа данных и помочь в принятии обоснованных решений, направленных на защиту окружающей среды и здоровья населения.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Перечень ссылок

1. Федорова, В. С. Биохимическая очистка сточной фенольной воды на коксохимическом производстве / В. С. Федорова, О. В. Гаврилишина // Пути совершенствования технологических процессов и оборудования промышленного производства : Сборник тезисов докладов VIII международной научно-технической конференции, Алчевск, 23–24 октября 2024 года. Алчевск: Донбасский государственный технический университет, 2024. – С. 290-292.

2. Сальникова, К. В. Анализа массива данных с помощью инструмента визуализации "Ящик с усами" / К. В. Сальникова // Universum: экономика и юриспруденция. – 2021. – № 6 (81). – С. 11-17. – DOI 10.32743/UniLaw.2021.81.6.11778.

УДК 639.3:597.432

**БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЫВОРОТКИ КРОВИ
ГИБРИДОВ ОСЕТРОВЫХ РЫБ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В
АКВАПОННЫХ СИСТЕМАХ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

В.С. Федорова, С. С. Швыдченко, И. А. Дубовик, Д. С. Швыдченко
ФГБОУ ВО «Донбасский государственный технический
университет»,
г. Алчевск, ЛНР

***Аннотация.** В данной работе рассматриваются биохимические показатели сыворотки крови гибридов осетровых рыб, выращиваемых в аквапонных системах замкнутого водоснабжения. Результаты исследований показали, что аквапонные системы обеспечивают оптимальные условия для роста гибридов осетровых, способствуя улучшению их физиологического состояния и здоровья, а, следовательно, адаптации к условиям замкнутого цикла.*

***Annotation.** This paper examines the biochemical parameters of blood serum of sturgeon fish hybrids grown in aquaponic closed-circuit water supply systems. The research results have shown that aquaponic systems provide optimal conditions for the growth of sturgeon hybrids, contributing to the improvement of their physiological state and health and, consequently, adaptation to closed-circuit conditions.*

***Ключевые слова:** гибриды осетровых рыб, РОЛО, ЛенКа, бестер, аквапонная установка замкнутого водоснабжения.*

***Keywords:** sturgeon fish hybrids, ROLO, LenKa, bester, aquaponic installation of closed water supply*

Введение. Интенсификация рыбоводства неразрывно связана с развитием рециркуляционной аквакультуры — разведением и выращиванием рыбы в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ). Совершенствуются системы выращивания — на смену традиционно укомплектованным УЗВ приходят интегрированные аквакультурные системы с гидропонными модулями для выращивания растений, биофлук-технологиями очистки воды, резервуарами для разведения ракообразных и моллюсков, культиваторами живых кормов [1]. Особый интерес представляет выращивание в аквапонных УЗВ осетровых рыб. Современные технологии аквапоники, объединяющие рыбоводство и выращивание растений в замкнутых системах, позволяют повысить эффективность производства при снижении экологической нагрузки [2].

Важным аспектом успешного выращивания является мониторинг физиологического состояния рыб, для чего широко применяются биохимические показатели сыворотки крови [3]. Биохимический состав сыворотки крови у рыб видоспецифичен, и даже у гибридов имеет отличие от исходных родительских форм [4]. На биохимию крови влияет половое состояние рыб. У осетровых рыб биохимический состав сыворотки крови перед нерестом отличается от такового после нереста [5]. Также на биохимический состав крови оказывает влияние температурный режим, состав кормов, добавление в пищу пробиотиков и биологически активных добавок [6, 7]. Настоящее исследование направлено на оценку адаптационных особенностей гибридов осетровых рыб при выращивании в условиях аквапонных систем замкнутого водоснабжения.

Целью данной работы является изучение биохимических характеристик сыворотки крови гибридов осетровых рыб, выращиваемых в аквапонных системах замкнутого водоснабжения.

Материалы и методы. Объектом исследования стали гибриды осетровых рыб РОЛО (русский осетр × ленский осетр) и ЛенКа (ленский осетр × калуга), которые широко используются в рыбоводстве благодаря сочетанию положительных качеств родительских форм. Исследования проводились на аквапонной установке замкнутого водоснабжения АНО «ДонНИИ экотехнологий» (г. Алчевск).

Для анализа биохимических показателей сыворотки крови прижизненно отбирали образцы венозной крови у здоровых особей в возрасте одного года. Биохимический анализ крови рыб проводился на биохимическом анализаторе «Mindray BS-240VET» в ветеринарной клинике «Поливет» (г. Луганск). Определяли показатели белкового и липидного обменов, содержание электролитов.

Вода в системе подвергалась регулярному контролю по основным параметрам (температура, pH, концентрация растворенного кислорода, аммиак, нитриты, нитраты, фосфаты, железо, взвешенные вещества, сухой остаток, БПК₅). Физико-химические показатели воды определяли по общепринятым методикам.

Статистическая обработка результатов осуществлялась с применением программы Microsoft Office Excel.

Результаты исследований. В нижеприведенной таблице представлены результаты биохимического анализа сыворотки крови у гибридов осетровых рыб — ленского осетра с калугой и русского осетра с ленским осетром.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Таблица — Биохимический состав сыворотки крови гибридов осетровых рыб

№№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	РОЛО	ЛенКа
1	Общий белок	g/L	33,16 ± 0,77	22,16 ± 0,72
2	Альбумин	g/L	11,38 ± 0,53	4,46 ± 0,46
3	Глобулины	g/L	21,78 ± 0,31	17,70 ± 0,44
4	Соотношение ALB/GLOB		0,52 ± 0,02	0,25 ± 0,02
5	Аланинаминотрансфераза	U/L	126,84 ± 3,06	101,96 ± 11,26
6	Аспартатаминотрансфераза	U/L	427,14 ± 38,88	510,88 ± 33,05
7	Коэффициент де Ритиса, AST/ALT		3,35 ± 0,24	5,14 ± 0,34
8	Щелочная фосфатаза,	U/L	225,96 ± 15,64	209,10 ± 27,12
9	Гамма-глутамилтрансфераза	U/L	0,34 ± 0,24	0,30 ± 0,13
10	Мочевина	mmol/L	1,12 ± 0,12	0,34 ± 0,23
11	Креатинин	μmol/L	21,30 ± 6,22	2,71 ± 0,04
12	Мочевая кислота	mmol/L	57,00 ± 10,32	13,92 ± 2,40
13	Общий билирубин	μmol/L	0,10 ± 0,07	23,40 ± 4,35
14	Глюкоза	mmol/L	3,01 ± 0,15	2,14 ± 0,35
15	Натрий	mmol/L	137,88 ± 1,40	131,50 ± 1,95
16	Калий	mmol/L	2,62 ± 0,22	2,27 ± 0,18
17	Хлор	mmol/L	120,44 ± 1,31	113,36 ± 2,30
18	Кальций	mmol/L	2,76 ± 0,09	2,18 ± 0,03
19	Фосфор	mmol/L	4,98 ± 0,32	3,62 ± 0,27
20	Холестерин (холестерол) общий, CHOL	mmol/L	2,78 ± 0,37	2,95 ± 0,22
21	Липопротеины высокой плотности, HDL	mmol/L	0,21 ± 0,04	0,15 ± 0,01
22	Липопротеины низкой плотности, LDL	mmol/L	0,00	0,15 ± 0,10
23	Липопротеины очень низкой плотности, VLDL	mmol/L	5,50 ± 0,27	3,27 ± 0,47
24	Триглицериды, TG	mmol/L	11,91 ± 0,54	7,15 ± 1,01
25	Коэффициент атерогенности КА= (CHOL – HDL)/HDL		10,91 ± 3,64	18,79 ± 0,96

Результаты показали статистически значимые различия в некоторых показателях, что отражает особенности метаболизма и может служить основой для оптимизации условий выращивания каждого гибрида.

Гибрид РОЛО характеризуется несколько более высоким уровнем глюкозы, что может свидетельствовать о гораздо активном энергетическом обмене или ответе на стрессовые факторы. Также РОЛО демонстрирует более высокий общий белок и стабильный

уровень минерального обмена (калий, натрий хлор, фосфор и кальций), что может отражать лучшие показатели метаболизма и формирования костной ткани. Липидный обмен у гибридов имеет небольшие статистически значимые различия, что свидетельствует о сходных условиях и отсутствии нарушений жирового обмена. Полученные различия следует учитывать при разработке диет и условий содержания, чтобы обеспечить оптимальный рост и здоровье каждого гибрида.

Полученные данные свидетельствуют о хорошем физиологическом состоянии гибридов осетровых рыб в условиях аквапонных систем замкнутого водоснабжения. Стабильность биохимических показателей подтверждает адаптацию рыб к условиям замкнутого цикла, что обеспечивает их нормальный рост и развитие. Кроме того, мониторинг крови является важным инструментом для своевременного выявления стрессовых состояний и заболеваний.

Выводы. Анализ биохимического состава сыворотки крови гибридов РОЛО и ЛенКа выявил значимые различия в некоторых показателях глюкозы. Эти данные свидетельствуют о биохимической специфике гибридов и могут служить основой для совершенствования технологий их выращивания в УЗВ.

Таким образом, аквапонные системы замкнутого водоснабжения демонстрируют высокую эффективность для выращивания гибридов осетровых рыб с сохранением стабильных биохимических показателей крови. Это подтверждает перспективность применения таких технологий в промышленном рыбоводстве и способствует развитию устойчивых методов природопользования.

Финансирование: работа выполнена при финансовой поддержке АНО «Донбасский научно-исследовательский институт экотехнологий» в соответствии с соглашением о научном сотрудничестве № 008-09-05/25 от 31.03.2025 г.

Перечень ссылок

1. Матишов, Г.Г. Способ совместного выращивания объектов аквабиокультуры и растений / Пат. 2738382 Российская Федерация, МПК А01G 31/00 (2006.01). / Матишов Г. Г.; заявитель и патентообладатель Федеральный исследовательский центр «Южный научный центр Российской академии наук». — № 2019106291 ; заявл. 22.12.2016 ; опубл. 11.12.2020. — 19 с. : ил. 2.
2. Федорова, В. С. Экономическая эффективность выращивания осетровых рыб в малогабаритных установках замкнутого водоснабжения / В. С. Федорова, С. С. Швыдченко // Экологический вестник Донбасса. – 2021. – № 3. – С. 5–15.
3. Выращивание рыбы в установках замкнутого водоснабжения: методические рекомендации для обучающихся направления подготовки «Водные биоресурсы и аквакультура» / сост.: Гуркина О.А., Руднева О.Н., Рубанова М.Е. – Саратов: Саратовский источник, 2024. – 62 с.
4. Ладыш, И.А. Гематологические показатели осетровых рыб, выращенных

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

в условиях аквакультуры / И.А. Ладыш, А.С. Кравченко, В.Н. Бублик // Орел, Вестник аграрной науки. – 2024. – № 6 (111). – С. 69–74.

5. Рекомендации по воспроизводству осетровых рыб в рыбоводных индустриальных комплексах с применением инновационных методов / Н. В. Барулин, В. Ю. Плавский, К. Л. Шумский [и др.]. – Горки, Беларусь : УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», 2016. – 204 с.

6. Семькина, А.С. Анализ биохимических показателей крови ленского осетра при использовании в кормлении препарата «Виусид-Вет» / А.С. Семькина, А.А. Васильев, В.С. Григорьев // Аграрный научный журнал. – 2018. – № 8. – С. 43–46.

7. Козлова, Т.В. Влияние новых растительных компонентов комбикормов на биохимические показатели крови ленского осетра (*Acipenser baeri* (Brandt)) / Т.В. Козлова, Н.П. Дмитриевич // Веснік Палескага Дзяржаўнага Ўніверсітэта. Серыя прыродазнаўчых навук. – 2023. – №1. – С. 54–60.

УДК 661.185: 547.992.2

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛЕЙ
МОДИФИЦИРОВАННЫХ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ

С.Л. Хилько, М.И. Рогатко
ФГБНУ «Институт физико-органической химии и углехимии
им. Л.М. Литвиненко»
Донецк, ДНР, Россия

Аннотация. Показана высокая стабилизирующая способность солей гуминовых кислот при образовании водных пен и эмульсий. Модифицированные формы солей гуминовых кислот проявляют более выраженные возможности стабилизации дисперсных систем по сравнению с нативным образцом. Предложены возможные пути применения солей гуминовых кислот на практике.

Annotation. The high stabilizing capacity of humic acid salts in the formation of aqueous foams and emulsions is demonstrated. Modified forms of humic acid salts exhibit greater stabilization capabilities for dispersed systems compared to their native counterparts. Potential applications of humic acid salts in practice are proposed.

Ключевые слова: Соли гуминовых кислот, этоксилированный гумат натрия, аминированный гумат натрия, пенообразование, эмульгирование.

Keywords: Humic acid salts, ethoxylated sodium humate, aminated sodium humate, foaming, emulsification.

Соли гуминовых кислот (гуматы натрия, ГН) относятся к слабым природным полиэлектролитам и проявляют свойства анионных ПАВ.

Проблема стабилизации пен и эмульсий остаётся актуальной в плане промышленного применения из-за широкого спектра использования этих систем в дисперсных системах различного назначения. Пены и эмульсии находят применение во многих отраслях промышленности, например, при флотации минералов [1, 2], в качестве моющих средств [3] и др.

Целью работы было исследование возможности использования солей гуминовых кислот в технических направлениях.

Гуматы натрия получали из аналитической пробы бурого угля Александровского месторождения.

Модифицированные гуминовые кислоты получали методом

твёрдофазного механохимического синтеза. Взаимодействием гуминовых кислот с полиэтиленгликолем (ПЭГ-6000) получали этоксигумат натрия. При взаимодействии ГК мочевиной получали аминокумат натрия. Реакции проводили в вибрационном аппарате 75Т-ДрМ (Теплогорский завод гидрооборудования, Луганск).

Пены получали при барботировании воздуха с расходом 50–60 мм³/с и давлением 1350 Па. Способность к пенообразованию (А, %) оценивали как отношение объема пены, оставшейся по истечении 10 минут (V_t), к начальному объему пены, V_0 , выраженное в процентах.

Эмульсии получали перемешиванием в течение 10 мин механической лопастью мешалкой со скоростью оборотов 3000 об/мин при соотношении углеводорода и воды 1:1. После отстаивания в течение 1 суток определяли способность данных компонентов к образованию эмульсий величиной отношения объема образовавшейся эмульсии ($V_{эм}$, мл), к общему объему двух жидкостей (масла и воды), взятых для эмульгирования ($V_M + V_B$, мл), в процентах: В качестве масляной фазы использовали толуол и октан.

На рисунке 1 приведены зависимости устойчивости пен, образованных нативным, этоксилированным и аминированным гуматами натрия. Устойчивость пен возрастает с ростом концентрации солей гуминовых кислот, причем максимум устойчивости наблюдается в строго определенном диапазоне концентраций, $C = 0,2 - 0,3$ мас. %. Этоксигумат натрия проявляет более выраженную способность к пенообразованию.

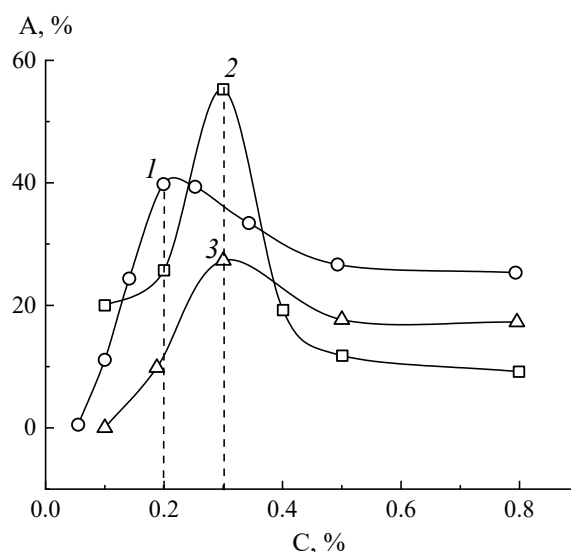


Рисунок 1. Изменение устойчивости пен, образованных солями гуминовых кислот:

1 – ГН, 2 – ГН_{ГК+ПЭГ}, 3 – ГН_{ГК+мочевина}.

Как следует из данных, приведенных на рисунке 2, количество образовавшейся устойчивой эмульсии возрастает при увеличении концентрации стабилизаторов. Количество устойчивой эмульсии (толуол + вода + ГН) значительно выше по сравнению с эмульсиями (октан + вода + ГН) для нативного гумата натрия. Это может быть связано с выраженной ароматической составляющей соли гуминовой кислоты и поэтому лучшей адсорбцией ее на каплях ароматического углеводорода. Максимальное количество эмульсии, $A = 35-45 \%$, образуется при концентрации $C_{ГН} \geq 0.5 \%$.

Стабилизирующая способность этоксилированных гуматов натрия существенно отличается от действия нативного гумата. Наличие в макромолекуле ГН выраженной этоксилированной составляющей увеличивает количество алифатических фрагментов в макромолекулах и поэтому усиливает способность к адсорбции на каплях, как ароматического углеводорода, так и на каплях алифатического углеводорода. Эмульсия с добавками в водную фазу этоксилированного гумата натрия достигает 90% в эмульсиях (ГН_{ГК+ПЭГ}+толуол+вода) и 85% в эмульсиях (ГН_{ГК+ПЭГ}+октан+вода) при концентрации полиэлектролита $C_{ГН} \geq 0.5 \%$.

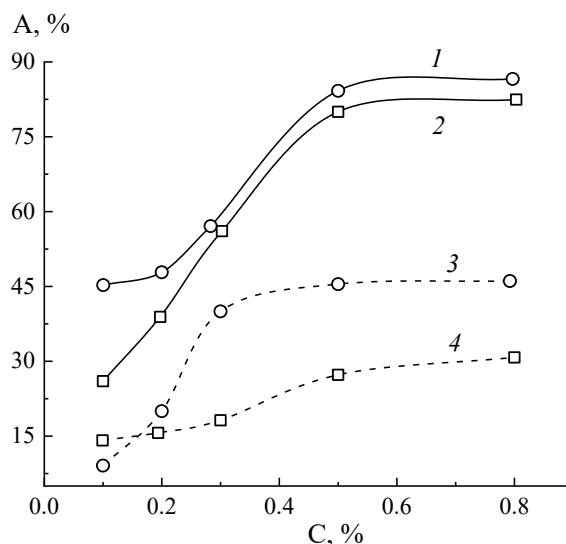


Рисунок 2. Зависимость устойчивости эмульсий от концентраций растворов солей гуминовых кислот: ГН_{ГК+ПЭГ} в системах – толуол+вода (1), октан+вода (2), ГН в системах - толуол+вода (3), октан+вода (4).

Наличие выраженных способностей солей гуминовых кислот к пенообразованию и эмульгированию может найти различные применения.

Одним из важных направлений возможного использования

солей ГК является их моющее действие. Это происходит из-за мицеллярной организации полимеров гуминовых веществ. В водном растворе они образуют псевдомицеллы – агрегаты, схожие с мицеллами. Как и классическая мицелла ПАВ, псевдомицелла ГК имеет гидрофобную внутреннюю часть и более гидрофильную поверхность, как показано на рисунке 3. Это обеспечивает способность растворять неполярные вещества загрязнений по механизму солубилизации [3].

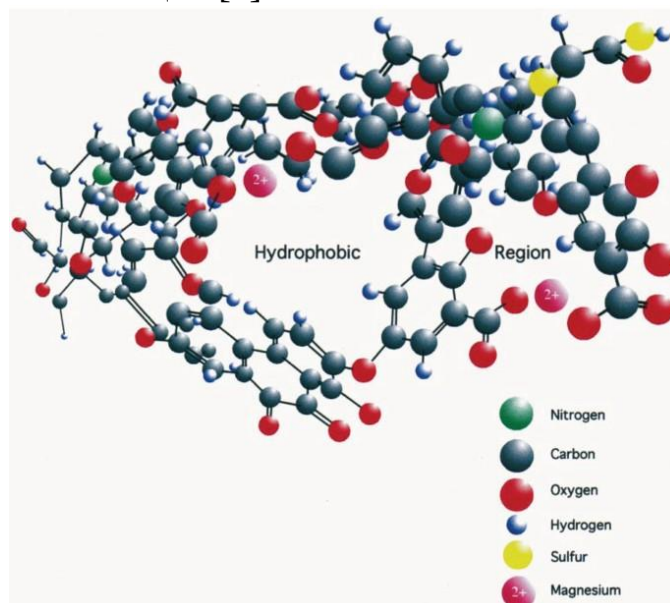


Рисунок 3. Схема строения фрагмента псевдомицеллярной структуры ГК [3].

Патентный поиск показал, что имеются рецепты изготовления мыла с солями ГК, которые с другими различными моющими, дезинфицирующими, косметическими компонентами, оказывающими благоприятное воздействие на кожу человека. При этом такое мыло обладает гипоаллергенными, антибактериальными, противовирусными, фунгицидными и ранозаживляющими свойствами [4].

Этоксилированные гуматы натрия обладают более выраженными поверхностно-активными (диспергирующими), пенообразующими и эмульгирующими свойствами, а соли аминокислот натрия из-за присутствия аминогрупп в составе макромолекул гуминовых кислот ожидаемо должны обладать более выраженными антибактериальными, противовирусными и фунгицидными свойствами по сравнению с нативными гуматами натрия.

Одним из многих возможных направлений использования ГК является детоксицирующая способность биоконпозиций на основе микроорганизмов-нефтедеструкторов в сочетании с природными

диспергаторами – гуминовыми кислотами – по отношению к отработанному синтетическому моторному маслу. Биоконпозиция влияет на дисперсное состояние отработанного синтетического моторного масла в воде, а также способствует деградации его компонентов [5].

Известно, что соли гуминовых кислот могут использоваться в качестве флотореагентов при обогащении углей и других минералов [1, 2]. В литературе описаны преимущества в процессе флотации при использовании флотореагентов с изостроением углеводородных радикалов и наличием оксиэтилированных групп в структуре молекулы (реагент «Синтерон», изононилфеноксидекаэтиленокси карбонат натрия) [6].

Этоксилированный гумат натрия является веществом с изостроением углеводородных радикалов и обладает выраженными пенообразующими и эмульгирующими свойствами. Такой препарат может быть рекомендован в качестве флотореагента при пенной и эмульсионной флотации различных минералов.

Преимуществом флотореагента на основе этоксилированного гумата натрия по сравнению с другими синтетическими поверхностно-активными веществами является его низкая стоимость, поскольку сырьем для его получения служит дешевый бурый уголь, который широко распространен в природе. Полиэтиленгликоль (ПЭГ-6000) и гидроксид натрия (NaOH), которые необходимы для получения этоксилированного гумата натрия относятся к дешевым и доступным химическим реактивам, которые выпускаются в России и широко представлены на рынке.

Получение этоксилированного гумата натрия методом твердофазного механохимического синтеза в виброаппарате является экологически чистым и экономически выгодным способом.

Перечень ссылок

1. Мандров Г.А., Клишин В.И., Патраков Ю.Ф., Шиляев А.В. Оценка флотационной активности продуктов электрохимического окисления лигно-гуминовых кислот при обогащении высокозольных угольных шламов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № S6. С. 383-386.
2. Бабенко С.А. Влияние гуминовых кислот на флотацию ильменита и циркона // Известия Томского политехнического института. 1975. Т. 250. С. 43-47.
3. Wandruszka R. Humic acids: Their detergent qualities and potential uses in pollution remediation // Geochemical Transactions. 2000. Vol. 1. Art. № 10.
4. Патент 2710362 Россия, МПК C11D 9/04, C11D 9/20, C11D 9/44, C11D 9/22. Мыло туалетное. Заявл. 26.03.2019. Оpubл. 26.12.2019 / Сороколетов О.Н., Федосеев В.И., Федосеев Д.В. Бюл. № 36. 8 с.
5. Гречищева Н.Ю., Дмитриева Е.Д., Стародубцева К.А., Заворотный В.Л.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Детоксикация отработанных синтетических моторных масел биокomпозициями на основе гуминовых кислот в воде // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2024. Т. 67. Вып. 2. С. 119-125.

6. Саблин А.В. Интенсификация флотации углей на основе применения реагентов с изостроением углеводородных радикалов и оксиэтилированными группами Автореферат дисс... Магнитогорск, 2009. 147.

Исследования проводились в рамках финансируемой НИР «FRES-2026-0012».

УДК 628.3:504.064.4

ОЦЕНКА И СНИЖЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МИКРОПЛАСТИКА В ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОДАХ

Юй Сивэнь, Маргарита Редина
ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов
имени Патриса Лумумбы», г. Москва, Россия

Аннотация. В работе рассмотрена проблема микропластика в городских сточных водах. Предложена краткая схема мониторинга на очистных сооружениях и обозначены меры снижения выноса частиц с очищенной водой и осадком.

Annotation. The paper considers microplastics in municipal wastewater, proposes a monitoring scheme for wastewater treatment plants and outlines measures to reduce particle discharge with treated water and sludge.

Ключевые слова: микропластик; сточные воды; очистные сооружения; мониторинг; активный ил; осадок; доочистка.

Keywords: microplastics; wastewater; wastewater treatment plant; monitoring; activated sludge; sewage sludge; tertiary treatment.

Введение. Микропластик является одним из актуальных загрязнителей водной среды. Обычно под ним понимают синтетические полимерные частицы размером менее 5 мм, представленные волокнами, фрагментами, пленками и гранулами. Для городских сточных вод особенно характерны микроволокна синтетического текстиля, частицы износа полимерных изделий, фрагменты упаковки, а также частицы, поступающие с поверхностным стоком.

Городские очистные сооружения не проектировались специально для задержания микропластика, однако они являются важным барьером между источниками загрязнения и природными водоемами. При этом снижение содержания частиц в очищенной воде не всегда означает полное устранение риска, так как значительная доля микропластика может переходить в осадок сточных вод.

Цель работы – рассмотреть подходы к оценке микропластика в городских сточных водах и определить направления снижения его поступления в окружающую среду. Для достижения цели обобщены основные источники загрязнения, предложены точки отбора проб и выделены технологические меры, применимые при модернизации

очистных сооружений.

Материалы и методы. Методическая основа работы включает анализ публикаций по обнаружению и удалению микропластика на очистных сооружениях, а также общие принципы отбора и подготовки проб. Международный стандарт ISO 24187:2023 подчеркивает необходимость сопоставимости результатов и контроля качества при анализе микропластика в экологических матрицах [1].

Для мониторинга целесообразно отбирать пробы в четырех точках: на входе сточных вод, после механической очистки, после биологической очистки и на выходе очищенной воды. Дополнительно следует анализировать осадок, поскольку именно в нем может концентрироваться удаленный из воды микропластик. Такая схема позволяет оценить вклад каждой стадии очистки и выявить возможный вторичный вынос частиц.

Особое значение имеет предотвращение вторичного загрязнения проб. Синтетические волокна могут попадать в образцы из воздуха лаборатории, одежды персонала, пластиковой посуды и расходных материалов. Поэтому необходимы холостые пробы, стеклянная или металлическая тара, закрытые емкости и аккуратная фиксация условий анализа.

Подготовка проб обычно включает фильтрацию или просеивание, удаление органического вещества, разделение по плотности и последующее описание частиц. Микроскопия позволяет оценить форму, цвет и размер частиц, но не всегда подтверждает их полимерную природу. Поэтому для надежной идентификации желательно использовать инфракрасную или рамановскую спектроскопию, позволяющую различать полиэтилен, полипропилен, полиэстер и другие полимеры.

Результаты и обсуждение. Основными источниками микропластика в городских сточных водах являются бытовые стоки, поверхностный сток и отдельные промышленные процессы. При стирке синтетической одежды образуются микроволокна, которые поступают в канализацию. С городских дорог могут попадать частицы износа шин, дорожной разметки и фрагменты пластикового мусора. Такое разнообразие источников требует не разового измерения, а регулярного мониторинга.

На стадии механической очистки преимущественно задерживаются более крупные фрагменты. В биологической очистке важную роль играет активный ил: частицы могут прикрепляться к иловым хлопьям и переходить из водной фазы в осадок. Поэтому очистные сооружения одновременно снижают концентрацию

микропластика в воде и формируют задачу безопасного обращения с осадком.

Для мелких частиц и микроволокон могут применяться методы доочистки: песчаная и дисковая фильтрация, коагуляция, флотация, мембранные процессы. Коагуляция способствует укрупнению частиц и их последующему удалению, фильтрация задерживает частицы на фильтрующей поверхности, а мембраны эффективны для тонкой очистки. Однако выбор технологии должен учитывать не только процент удаления, но и стоимость, энергопотребление, устойчивость работы и состояние конкретных очистных сооружений.

Рациональная стратегия снижения микропластика должна включать четыре направления. Первое – контроль источников: уменьшение пластиковых отходов, улучшение сбора мусора, фильтры для крупных прачечных и предварительная очистка производственных стоков. Второе – мониторинг на ключевых стадиях технологической схемы. Третье – оптимизация существующих процессов, включая режим активного ила и предотвращение выноса взвешенных веществ. Четвертое – контроль осадка как возможного вторичного источника загрязнения.

Практическая значимость работы состоит в том, что предложенный подход может использоваться при экологическом обследовании коммунальных объектов, выборе приоритетов модернизации и подготовке программ мониторинга. Для регионов, где важны восстановление инфраструктуры и экологическая безопасность, контроль микропластика может стать частью более широкой стратегии устойчивого развития.

Выводы. 1. Городские сточные воды являются важным путем поступления микропластика в окружающую среду. 2. Для достоверной оценки необходимы правильный отбор проб, контроль вторичного загрязнения и инструментальное подтверждение типа полимера. 3. Очистные сооружения способны снижать содержание микропластика в воде, но необходимо учитывать его переход в осадок. 4. Наиболее рациональна комплексная стратегия, объединяющая мониторинг, контроль источников, доочистку и управление осадком.

Перечень ссылок

1. ISO 24187:2023. Principles for the analysis of microplastics present in the environment. Geneva: ISO, 2023. 21 p.
2. Sun J. et al. Microplastics in wastewater treatment plants: Detection, occurrence and removal // Water Research. 2019. Vol. 152. P. 21–37.
3. Liu W. et al. A review of the removal of microplastics in global wastewater treatment plants // Environment International. 2021. Vol. 146. 106277.
4. Miino M.C. et al. Microplastics removal in wastewater treatment plants // Science of The Total Environment. 2024. Vol. 930. 172488.
5. Bodzek M. et al. Microplastics in Wastewater Treatment Plants: Characteristics, Occurrence and Removal Technologies // Water. 2024. Vol. 16(24).

УДК 502.31

НОВОГОДНЯЯ ЕЛКА — СИМВОЛ НОВОГО ГОДА

М.А. Бобейко А.А. Фролов, Ю.С. Бакуменко
ФГБОУ ВО «Донбасский государственный технический
университет»
г. Алчевск, ЛНР

***Аннотация.** В работе выполнено исследование популярности Новогодних елок для празднования Нового года. Составлена анкета и проведено опрос населения. Выявлены основные проблемы, связанные с использованием живых хвойных для украшения. Предложены решения, способствующие рациональному природопользованию и своевременной переработки новогодних деревьев.*

***Annotation.** The paper studies the popularity of Christmas trees for celebrating the New Year. A questionnaire was developed and a survey was conducted among the population. The main problems associated with the use of live conifers for decoration were identified. Solutions were proposed to promote sustainable environmental management and timely recycling of Christmas trees.*

***Ключевые слова:** новогодняя елка, интеграция региона, живое хвойное дерево*

***Keywords:** Christmas tree, regional integration, live coniferous tree*

Актуальность. Новый год — самый любимый и ожидаемый праздник, который отмечают практически все. Для россиян Новый год — это не просто смена календаря, а символ обновления, семейного уюта и надежды на лучшее. Празднование Нового года в Луганской Народной Республике (ЛНР) сохраняет свою актуальность и значимость, особенно в контексте интеграции региона в Российскую Федерацию [1].

В основном городские власти стараются приобрести искусственную красавицу для многоразового использования, но в небольших населенных пунктах или отдаленных парках сохраняется традиция украшения живой сосны или ели.

Вариантов украшения дома, улицы, банкетного зала множество. Нами рассмотрены несколько из них:

- украшение без Новогодней елки;
- украшение с искусственной Новогодней елкой;
- украшение с живыми хвойными ветками;
- украшение искусственной Новогодней елкой и ветками.



Рисунок 1 – Новогодняя елка в г. Луганск

При этом использование как живой, так и искусственной елки имеет как положительное так и отрицательное влияние на человека и окружающую среду. В таблице представлены отрицательные и положительные стороны Новогодних украшений.

Таблица 1. Положительные и отрицательные стороны установки
Новогодней елки

№ п/п	Вариант Новогодней елки	Положительное влияние	Отрицательное влияние
1	Живая ель или сосна	Натуральный аромат, выделение эфирных масел, экологичность психологический эффект,	Риски аллергических реакций, заражения насекомыми, появление плесневых грибков, заноз и царапин
2	Искусственное дерево	Многоразовое использование, удобство, разнообразие	Экологический след, токсичность материалов, пожароопасность, длительный период разложения

При выборе живой хвои, как обязательного атрибута Новогодних праздников можно сделать небольшой букет из веток. Данный вид украшения имеет следующие преимущества: экологичность, экономия пространства, безопасность, удобство ухода и утилизации, меньше мусора и аллергенов, символичность.

Сезон рубки елок и сосен начинается в декабре месяце. Несмотря на рост популярности и выбора искусственных елок масштабы рубки хвойных деревьев перед Новым годом в России остаются значительными. По оценкам пользователей и экологов, общее

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

число срубленных под Новый год ёлок в России может достигать 10 миллионов, включая как законные, так и незаконные рубки. Стоимость хвойных в 2025 году в Алчевске варьировалась от 50 р. за маленькую веточку и достигала десятков тысяч рублей за лесных красавиц. Все не проданные деревья с ярмарок и базаров 1 января перемещаются на местные стихийные свалки и места сбора мусора.

Второй этап массового выноса хвойных начинается с 8 января и длится практически до марта...

Масштабы ненужной рубки хвойных деревьев можно оценить по количеству нераспроданных и выброшенных деревьев после Нового года. По данным экспертов, после праздников в России остаётся нераспроданными от 1% до 5% всех заготовленных ёлок (Рисунок 2).



Начало декабря - Новогодние праздники - Вторая половина января

Рисунок 2 — Этапы жизни Новогодней елки

В ходе исследования был проведен опрос населения по вопросам отношения к празднованию Нового года. Опрос прошли 262 человека в возрасте от 6 до 90 лет (таблица 2).

Таблица 2. Результаты анкетирования населения по вопросам
Новогодних елок

№ вопроса	Вопрос	Варианты ответа (%, количество респондентов ответивших)
1	2	3
1	Любите ли Вы праздник Новый год?	Да (93,7%)
		Не задумывался об этом (3,3%)
		Нет (3%)
2.	Считаете ли Вы елку символом Нового года?	Да (95,9%)
		Нет (1,1%)
		Не задумывался об этом (3%)
3	Какая елка была у вас в детстве?	Живая (77%)
		Искусственная (14,5%)

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

1	2	3
		Ветка живого дерева (0,7%)
		Не ставили елку совсем (0,4%)
4	Какую елку вы ставите (будете ставить) в самостоятельной взрослой жизни?	Искусственную (46,1%)
		Живую елку (10,4%)
		Живую сосну (7,4%)
		Живые ветки (3,7%)
		Не ставлю вообще 5,6%
		Искусственную елку и ветки живой (26,8%)
5	Какой период у Вас стоит Новогодняя елка	1-5 дней (2,6%)
		6-14 дней(16,7%)
		до месяца (67,7%)
		до весны (13%)
6	Каким образом Вы утилизируете живую елку	Не покупаю живую елку (53,2%)
		Выношу на место сбора мусора и кладу в сторону(32,3%)
		Выношу на место сбора мусора в общую кучу (6,3%)
		Отдаю ее на корм животным (6,7%)
		Выбрасываю с балкона (1,5%)
7	Знаете ли Вы места в городе (республике) куда можно сдать елку с пользой для природы?	Да (5,6%)
		Нет (78,4%)
		Не думал об этом (16%)

Согласно результатам опроса наблюдается тенденция к снижению популярности живых новогодних елок (таблица 2). Более 80% опрошенных избавляются от Новогодней елки в срок от 6 дней до 1 месяца, 13% любят елку до весны. Большая часть покупателей живых елок (104 человека) выбрасывает елки на место сбора мусора. Большая часть опрошенных хотела бы чтобы елки приносили пользу после праздников, но не знают куда ее можно отнести.

Основная проблема настоящего в вопросах рационального использования Новогодних елок это отсутствие механизма их рациональной вырубki и дальнейшей утилизации.

Для улучшения ситуации предлагаем следующие решения:

1. Приобретать качественные искусственные елки экологически

безопасные по составу и имеющие длительный срок эксплуатации.

2. Если для Вас символ нового года это запах живой ели – покупать несколько веточек вместо большого дерева.

3. Производить вырубку деревьев по предварительному заказу (не рубить лишние деревья).

4. Учредить дни сбора елок после праздников (допустим 15, 20, 30 января) и организовать массовый сбор деревьев для дальнейшей переработки или вывоза их на фермерские хозяйства для кормления животных.

Заключение. Рациональное природопользование в настоящее время заключается не только в переработке отходов производства, но и в бытовых привычках населения. Чистота города и объемы зеленых насаждений напрямую зависят от мировоззрения и восприятия каждого жителя. Оставаться людьми необходимо не только в будни, но и в праздники.

Перечень ссылок

1. Гурьянов, К. В. Новый год и ёлка: становление современных традиций / К. В. Гурьянов, Я. С. Шатило // Базис. – 2019. – № 2(6). – С. 49-63. – EDN YCERUR.

УДК 628.313

**РАЗРАБОТКА ИНСТРУКЦИИ ПО ОТБОРУ ПРОБ ВОДЫ
ИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОЕМОВ**

А.В. Володин

Государственное бюджетное учреждение
«Макеевский научно-исследовательский институт по безопасности
работ в горной промышленности»
г. Макеевка, ДНР

***Аннотация.** Приведены результаты разработки ГБУ «МАКНИИ» «Инструкции по отбору проб воды из поверхностных водоемов», которая будет использована при выполнении работы по оценке влияния сбрасываемых шахтных вод на химический состав поверхностных водоемов.*

***Annotation.** The results of the development of the «Instructions for sampling water from surface water bodies» by the State Budgetary Institution «MAKNII» are presented, which will be used in the assessment of the impact of discharged mine water on the chemical composition of surface water bodies.*

***Ключевые слова:** инструкция, вода, отбор проб, поверхностный водоем, химический анализ, пробоотборник.*

***Keywords:** instructions, water, sampling, surface water body, chemical analysis, sampler.*

Оценка влияния сбрасываемых шахтных вод на химический состав поверхностных водоемов требует проведения отбора проб воды. Согласно п. 4.7 ГОСТ Р 59024-2020 [1], необходимо разработать соответствующую инструкцию.

Цель – изложить результаты разработки ГБУ «МАКНИИ» «Инструкции по отбору проб воды из поверхностных водоемов» (далее – «Инструкция...»).

При разработке «Инструкции...» использованы требования стандартов [1,2]. Структура «Инструкции...» включает 8 разделов: «Общие положения», «Нормативные ссылки», «Требования к работникам, осуществляющим отбор проб», «Оборудование для отбора и хранения проб», «Подготовка к отбору проб», «Отбор проб», «Меры безопасности», «Ответственность», а также приложение «Форма акта отбора проб».

В разделе «Общие положения» указывается, что «Инструкция...» определяет требования к подготовке к отбору, отбору и

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

документальному оформлению отобранных проб воды для последующего химического анализа. Изложенные в ней требования являются обязательными для работников, осуществляющих отбор проб воды.

В «Нормативных ссылках» приведен перечень нормативных правовых актов, стандартов и методических документов, которые использованы в «Инструкции...» (Водный кодекс Российской Федерации, Федеральный закон Российской Федерации «Об охране окружающей среды», ГОСТ Р 59024-2020 «Вода. Общие требования к отбору проб» и др.).

В разделе «Требования к работникам, осуществляющим отбор проб» регламентируется, что к отбору проб воды допускаются лица, ознакомленные с «Инструкцией...», и которые должны:

- не иметь медицинских противопоказаний к выполнению данной работы;
- уметь оказывать первую доврачебную помощь пострадавшим в результате несчастных случаев.

Четвертый раздел содержит следующие требования. Отбор проб должен производиться ручными пробоотборными устройствами (пробоотборниками), отвечающими установленным требованиям. При отборе проб воды из поверхностного слоя (0,5 м) обеспечение герметичности камеры с пробой в пробоотборном устройстве не требуется. Для этого могут применяться бутылки, ковши, черпаки, ведра, бидоны, канистры, батометры и другие емкости и пробоотборные устройства, удовлетворяющие требованиям проводимого исследования. Отбор проб может осуществляться с помощью емкости с подвешенным грузом или прикрепленной к шесту (держателю). При необходимости (отбор проб с моста, из плавсредства и т.д.) пробоотборники и емкости могут быть прикреплены к тросу или шесту (держателю) достаточной длины. Применяемые пробоотборники и емкости должны быть изготовлены из материалов, исключающих возможность изменения состава проб. В качестве емкостей следует применять стеклянные бутылки, эмалированные ведра, пластиковые емкости и емкости из нержавеющей стали. Периодичность и объем технического обслуживания пробоотборников выполняются согласно требованиям эксплуатационной документации. Емкости для отбора и хранения проб должны удовлетворять следующим требованиям: неизменность состава и свойств воды от момента ее отбора до анализа, предохранение состава пробы от потерь определяемых показателей и от загрязнения другими веществами, герметичность, прочность и

другим требованиям, приведенным в методике (методе) отбора проб и определения показателей.

Пятый раздел регламентирует подготовку к отбору проб воды, которая осуществляется с учетом стандартов на методы определения показателей. При подготовке к отбору проб пробоотборников и емкостей следует соблюдать осторожность, чтобы не допустить их загрязнения. Пробоотборники и емкости должны быть тщательно промыты.

Шестой раздел содержит требования к отбору проб воды из поверхностных водоемов. В соответствии с целью проводимого исследования должен производиться разовый отбор поверхностных проб в месте сброса шахтной воды в водоем, а также выше и ниже этого места. Место отбора пробы сбрасываемой в водоем шахтной воды должно быть максимально приближено к точке сброса. В случае невозможности отбора проб из запланированных мест отбора в связи с недоступностью места отбора, обнаружением признаков опасности для жизни и здоровья работников, отбор осуществляется из ближайшего доступного (безопасного) места. Отбор пробы может производиться погружением емкости в воду, а также с помощью насоса с заполнением водой емкости, находящейся на берегу, с последующим переливом пробы в емкость, удовлетворяющую требованиям к транспортированию и хранению. Способ отбора проб выбирается исходя из конкретных условий места отбора, и должен исключать (сводить к минимуму) возможные изменения определяемого показателя в процессе отбора. Для проводимого исследования минимальный объем одной пробы воды должен составлять не менее 4 литров.

Отбор проб должен оформляться актом, форма которого приведена в приложении к «Инструкции...». Акты должны иметь сквозную нумерацию арабскими цифрами и в дальнейшем храниться в папке «Акты отбора проб воды». После отбора каждой пробы воды, на емкость с пробой наносят маркировку (номер акта) таким способом, чтобы пробу было легко идентифицировать.

Отбор проб воды с берега должен осуществляется группой работников в составе не менее 2-х человек. В состав группы, отбирающей пробы воды с плавсредств, должны входить не менее 3-х человек. Один из группы работников назначается старшим за проведение работ, о чем делается соответствующая отметка в актах отбора проб.

При отборе проб воды может производиться фото- и видеofиксация процедуры отбора.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

В седьмом разделе изложены меры безопасности при выполнении работ по отбору проб воды из поверхностных водоемов.

В восьмом разделе указывается: ответственность за соблюдение требований «Инструкции...» несет работник, осуществляющий отбор проб воды, в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на совершенствование способов и средств отбора проб воды из поверхностных водоемов.

Выводы. ГБУ «МАКНИИ» разработана «Инструкция по отбору проб воды из поверхностных водоемов», которая включает 8 разделов: «Общие положения», «Нормативные ссылки», «Требования к работникам, осуществляющим отбор проб», «Оборудование для отбора и хранения проб», «Подготовка к отбору проб», «Отбор проб», «Меры безопасности», «Ответственность», а также приложение «Форма акта отбора проб».

Перечень ссылок

1. ГОСТ Р 59024-2020. Вода. Общие требования к отбору проб: национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 сентября 2020 г. № 640-ст : дата введения 2022-06-01. – Москва, 2020. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=9&documentId=470433> (дата обращения 29.04.2026). – Текст : электронный.

2. ГОСТ 17.1.5.04-81. Охрана природы. Гидросфера. Приборы и устройства для отбора, первичной обработки и хранения проб природных вод. Общие технические условия: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 30 декабря 1981. № 5788 : дата введения 1984-01-01. – Москва, 1981. – URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/bc9/4294835624.pdf> (дата обращения 29.04.2026). – Текст : электронный.

УДК 504.05:622.33(477.6)

**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ В ЭКОЛОГИИ ДОНБАССА:
АНАЛИЗ СИТУАЦИИ ПО СОСТОЯНИЮ НА 2026 Г.**

Д.Е. Слободяников, А.А. Бабич
СКФУ «Северо-кавказский федеральный университет»,
г. Ставрополь, Ставропольский край

***Аннотация.** Полтора века Донбасс был крупнейшим центром угледобычи и тяжелой промышленности. К началу 2026 года регион несёт на себе тройной груз: десятилетия техногенного прессинга, разрушенную инфраструктуру и вышедшие из-под контроля гидродинамические процессы в затопленных шахтах. В статье разбираются ключевые узлы этого клубка: неуправляемое затопление горных выработок, отравление водных ресурсов, критическое состояние воздуха, коллапс системы отходов и деградация почв.*

***Annotation.** For a century and a half, the Donbas region was the largest center of coal mining and heavy industry. By the beginning of 2026, the region is facing a triple challenge: decades of industrial pollution, destroyed infrastructure, and uncontrolled hydrodynamic processes in flooded mines. This article explores the key issues of this complex situation, including the uncontrolled flooding of mine workings, the contamination of water resources, the critical state of the air, the collapse of the waste management system, and the degradation of the soil.*

***Ключевые слова:** Донбасс, ДНР, экологические проблемы, затопленные шахты, загрязнение воды, качество воздуха, промышленные отходы*

***Keywords:** Donbas, DPR, environmental problems, flooded mines, water pollution, air quality, industrial waste*

Донбасс- один из старейших и самых насыщенных индустрией районов планеты. Полтора столетия интенсивной разработки Донецкого угольного бассейна (площадь свыше 60 тыс. км²), металлургия, химия и энергетика создали ландшафт, перенасыщенный техникой. Когда с 2014 года шахты начали массово закрываться, а затем этот процесс ускорился, запустилась цепь опасных геодинамических и гидрогеологических изменений. Закрытые шахты из законсервированных объектов превратились в неконтролируемые источники экологической угрозы.

К 2026 году эксперты характеризуют ситуацию как

предкатастрофическую. Исследования показывают: 95% техногенного подземного пространства ликвидированных шахт Восточного Донбасса уже заполнено подземными водами. Начался выход рудничных газов на поверхность, миграция высокоминерализованных токсичных вод в водоносные горизонты, пошли провалы и просадки грунта - процессы приобрели необратимый характер. К этому добавились последствия разрушения водохранилищ, каналов, водопроводных сетей и непрекращающееся загрязнение воздуха неочищенными выбросами металлургических и химических заводов, работающих без должного экологического контроля.

Задача статьи - собрать воедино главные экологические угрозы Донбасса на начало 2026 года и оценить, насколько реально рассчитывать на их преодоление в рамках уже запущенных программных механизмов.

Затопленные шахты как источник многофакторной опасности

Главная проблема, которая тянет за собой все остальные, - неуправляемое затопление закрытых угольных шахт. Только в Ростовской области (Восточный Донбасс), по данным региональных природоохранных ведомств, насчитывается 47 бывших угледобывающих предприятий с общей площадью горных отводов 89,4 тыс. га. Практически все эти объекты полностью обводнены.

Из-за остановки водоотлива сформировались три типа угроз.

1) Выделение рудничных газов. В 2024 году на территории 11 шахтных отводов зафиксировали опасный уровень углекислого газа при низком содержании кислорода. В жилых кварталах городов Шахты, Новошахтинск, Донецк и хутора Тацин, стоящих на подработанных грунтах, стабильно регистрируют вредные концентрации рудничного газа. Горные инженеры прогнозируют: к 2026–2027 годам вода достигнет устьев стволов и начнётся массовый выход метана на поверхность. По оценкам, к 2060 году закрытые шахты региона могут выбросить в атмосферу до 6 млн тонн метана.

2) Загрязнение подземных и поверхностных вод. В шахтных водах - гремучая смесь: тяжёлые металлы (свинец, кадмий, мышьяк, ртуть), высокие концентрации сульфатов, нефтепродукты, радионуклиды, остатки органических токсикантов вроде моноснитрохлорбензола. Всё это мигрирует в водоносные горизонты, из которых берут питьевую воду, и делает её непригодной.

Особая история - шахта «Юнком» в Енакиево. В 1979 году там провели подземный ядерный взрыв. Откачку воды прекратили ещё в 2018 году (по некоторым данным - после того как территория вышла из-под украинского контроля). Выработки затопило, и теперь

существует риск разгерметизации радиоактивной капсулы. Специалисты предупреждают: если подземная радиация попадёт в водоносные горизонты, любая очистка воды станет технически неосуществимой.

3) Геомеханическая дестабилизация. Под землёй проседают и обрушаются старые выработки. На поверхности появляются провалы, трескаются мосты, дороги, здания. Прямая угроза жизни людей и коммуникациям.

Кризис водных ресурсов

Проблема воды в Донбассе - два переплетённых кризиса: воды просто мало, а та, что есть, отравлена.

Количественный дефицит. Водохранилища, канал Северский Донец – Донбасс, распределительная сеть и Южно-Донбасский водовод - все эти объекты повреждены. Крупные города, включая Донецк, сидят на остром водном голоде.

Качественная деградация. На этом фоне кое-кто пытается продвигать шахтные воды как «временное решение» для питьевого водоснабжения. Однако эксперты не оставляют места для компромисса: по уровню минерализации, содержанию тяжёлых металлов и радионуклидов шахтные воды Донбасса - технические, не питьевые. Существующие технологии не убирают из них радионуклиды и ядовитую органику.

Пить такую воду - значит напрямую травить людей. Тяжёлые металлы накапливаются в печени и костях, вызывают анемию, разрушают почки, бьют по нервной системе. У детей повышается риск задержки развития и рака.

Показательный пример - Енакиевский металлургический завод (ЕМЗ), которому 127 лет. В 2024 году здесь запустили доменную печь №5, и город накрыла красная пыль - оксиды железа оседают на стенах, машинах, одежде. У пациентов с заболеваниями дыхательных путей сразу пошли обострения. В больницах Луганщины и Донетчины регистрируют рост числа пациентов с хроническим бронхитом и онкологией органов дыхания.

Служба за воздухом пока жидковата. Восстановили всего 18 метеостанций и 21 пункт наблюдения за загрязнением. Для региона, где промышленная застройка тянется на тысячи квадратных километров, это капля в море. В феврале 2025 года, по официальным данным, из 299 проб превышения нормативов зафиксировали лишь в 0,67% случаев. Но эта цифра мало о чём говорит: слишком мало точек измерений, и, возможно, они расставлены так, что самые грязные зоны остаются вне контроля.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Проблема промышленных и твердых коммунальных отходов

Система вывоза мусора на Донбассе долгое время просто не работала. Ежегодно ДНР, ЛНР, Херсонская и Запорожская области производят около 1,5 млн тонн твёрдых коммунальных отходов. К началу 2025 года они превратились в горы стихийных свалок. Только за первые месяцы года в ДНР ликвидировали 8,5 тыс. таких точек общим объёмом 388 тыс. м³. Из них 4,1 тыс. свалок (241 тыс. м³) пришлось на один Донецк.

Но ещё опаснее породные отвалы угольных шахт. Их площадь измеряется десятками тысяч гектаров. Ветром с них сдувается минеральная пыль, дождями в реки смываются токсичные вещества. Отвалы горят изнутри, и в воздух идут продукты горения.

Учёные предложили биогеохимическую технологию рекультивации таких отвалов с использованием сорбентов (биочар, диатомит, вермикулит, торф) и засухоустойчивых травосмесей. В 2024 году эксперимент на материале отвала шахты «Аютинская» дал обнадеживающие результаты. Но дальше опытного участка дело пока не двинулось.

Перспективы: программа экологической реабилитации

Осознание масштаба угроз заставило всерьёз сесть за программу экологического восстановления Донбасса и Новороссии. В ноябре 2025 года на Докучаевской экологической конференции первый замглавы Минприроды РФ К. Цыганов представил план из 7 направлений и 27 мероприятий. До 2030 года на него обещают выделить свыше 60 млрд рублей.

Что конкретно заложено в программе.

- Обращение с отходами. Цель - сортировать и перерабатывать весь объём ТКО, отправляя на захоронение не более половины. Построят 11 объектов мусорной инфраструктуры; проекты четырёх из них должны пройти госэкспертизу уже в 2026 году. Шесть старых полигонов, включённых в реестр опасных объектов накопленного вреда, ликвидируют в первую очередь. В регионы уже завезли почти 35 тыс. контейнеров и 695 единиц спецтехники.

- Водные ресурсы. Реконструируют и построят новые очистные, расчистят около 213 км русел рек (в том числе Кальмиуса до самого Азовского моря - старт в 2026 году). Уже определены береговые линии и водоохранные зоны на более чем 300 км рек.

- Сохранение биоразнообразия. В 2026 году добавят ещё шесть особо охраняемых природных территорий.

- Лесовосстановление. Только в ДНР в 2025 году высадили около 270 га леса: 97 га по федеральному проекту «Сохраним лес»,

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

170 га - по программам компенсационного лесовосстановления за счёт саженцев, переданных промпредприятиями из других регионов России.

- Институциональное развитие. Восстановлены 18 гидрометстанций и 21 пункт контроля загрязнения воздуха, создаются региональные гидрометслужбы. ДНР с 2025 года вошла в федеральные проекты «Генеральная уборка», «Экономика замкнутого цикла», «Вода России» и «Сохранение лесов». По нацпроекту «Экологическое благополучие» регион получил более 150 млн рублей.

Нормативно-правовая база и переходный период

Экологическое законодательство Донбасса переходит на российские рельсы поэтапно. В декабре 2025 года приняли федеральный конституционный закон, продлевающий до 1 марта 2028 года особенности применения норм в сфере охраны окружающей среды, обращения с отходами и признания разрешительных документов, выданных до вхождения ДНР, ЛНР, Запорожской и Херсонской областей в состав РФ.

С 8 августа 2025 года заработал закон «Об интегрированном предотвращении и контроле промышленного загрязнения», внедряющий положения Директивы 2010/75/ЕС. Параллельно на уровне регионов утверждают порядки регулирования выбросов в периоды неблагоприятных метеоусловий (приказ Минприроды ДНР от 26.05.2025 №97). До 1 сентября 2025 года предприятия обязаны разработать и согласовать экологическую документацию по новым правилам нормирования.

Переходный период - штука двойственная. С одной стороны, он создаёт определённый правовой вакуум. С другой - даёт окно возможностей: можно с ходу внедрить современные экологические стандарты, не тратя годы на раскачку, как это обычно бывает в старых промзонах.

Заключение

К 2026 году экология Донбасса напоминает тугой узел: потянешь за одну нитку - рванёт всё. Затопление шахт запустило каскад угроз - метан идёт в жилые кварталы, ядовитые воды убивают водоносные горизонты, поверхность проседает. Заводы без нормальных фильтров продолжают гнать отраву в воздух, а мусорная система, рухнувшая много лет назад, оставила после себя тысячи стихийных свалок и дымящиеся терриконы.

И всё же 2025–2026 годы - это уже не просто констатация катастрофы. Появилась программа действий. 60 млрд рублей до 2030 года, конкретные пункты: мусороперерабатывающие заводы,

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

расчистка рек, рекультивация отвалов. Осторожный оптимизм здесь уместен ровно до того момента, пока не начнутся задержки. Промедление с ликвидацией накопленного вреда и решением гидрогеологических проблем затопленных шахт - самый опасный риск. Если не успеть, процессы уйдут в необратимую фазу. Экологическая реабилитация Донбасса в ближайшие годы станет жёстким экзаменом и для прикладной экологии, и для всей государственной природоохранной политики.