

X МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ

X Международная научно-практическая конференция

Инновационные перспективы Донбасса

X Международная научно-практическая конференция
Научно-технические аспекты инновационного развития транспортного комплекса

XV Международная научно-техническая конференция

Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование

XXIV Всероссийская научно-техническая конференция

Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых

X Всероссийская научно-техническая конференция молодых ученых и студентов

Металлургия XXI столетия глазами молодых

Том 4. Перспективные направления развития экологии и химической технологии

**ФГБОУ ВО "ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ" (ДОННТУ)**

СОВЕТ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ ДОННТУ

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

НИЦ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПАРТНЕРСТВА ГОСУДАРСТВА И БИЗНЕСА

ИННОВАЦИОННЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ДОНБАССА

**Материалы 10-й Международной научно-
практической конференции
Том 4. Перспективные направления развития
экологии и химической технологии**

г. Донецк

28-30 мая 2024 года



Донецк – 2024

ББК 65.30
УДК 330.341 (477.61/62)

И 66 Инновационные перспективы Донбасса, г. Донецк, 28-30 мая 2024 г. –
Донецк: ДонНТУ, 2024.
Т. 4: Перспективные направления развития экологии и химической технологии. – 2024. – 128 с.

Представлены материалы 10-й Международной научно-практической конференции “Инновационные перспективы Донбасса”, состоявшейся 28-30 мая 2024 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 обучающихся высших учебных заведений.

Редакционная коллегия

Ректор ДонНТУ А.Я. Аноприенко, ректор ДонГТУ Д.А. Вишневский, 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, канд. техн. наук А.А. Булгаков, канд.техн.наук Д.И. Морозов, д-р техн. наук С. П. Еронько, канд.техн.наук А.М. Зинченко, канд. хим. наук Ю.Н. Ганнова, канд.фарм.наук В.С. Федорова, канд. техн. наук А.А. Кравченко, д-р экон. наук Я.В. Хоменко, канд. техн. наук И.В. Филатова, канд.техн.наук Д.В. Пронский, председатель Совета молодых ученых ДонНТУ М.П. Руденко

Под общей редакцией Горбатко С.В.

Контактный адрес редакции
НИЦ ДонНТУ, ул. Артема, 58, Донецк, 283001
Тел.: +7 (856) 305-35-67. Эл. почта: ipd.donntu@bk.ru
Интернет: <http://ipd.donntu.ru>

© ФГБОУ ВО “Донецкий национальный технический университет”, 2024

**Перспективные направления развития экологии и
химической технологии**

СОДЕРЖАНИЕ

<i>И.А. Бураков, А.Ю. Бураков, И.С. Никитина, Е.Н. Егоров, А.И. Горбунов.</i> Комплексное использование вод высокоминерализованных источников.....	6
<i>Н.С. Лозинский, Я.А. Мороз.</i> Влияние микроструктуры толстопленочных рутениевых резисторов на воспроизводимость их электрофизических свойств.....	11
<i>Л.С.Макарова, Ф.Б.Шевляков</i> Выделение хлорорганических соединений из нефти.....	16
<i>А.Т. Павленко, Э.П. Левченко, А.А. Ноженко, М.Э. Левченко.</i> Повышение оперативности тушения степных пожаров на территории Донбасса с использованием карьерных вод.....	19
<i>В.Н.Третьяков, С.Д.Евменов.</i> Утилизация полимерных отходов предприятий углебогащения.....	23
<i>М.Н. Трофимова.</i> Получение и исследование удобрений на основе карбамида и сульфата аммония.....	30
<i>Е.И. Волкова.</i> Совершенствование природоохранной деятельности в коксохимическом производстве.....	35
<i>Д.В. Витковский, М.В. Графкина.</i> Инновации в технологии очистки сточных вод для снижения негативного воздействия на окружающую среду.....	41
<i>Ю.Н. Ганнова, С.В. Горбатко, А.В. Вержаковский, В.В. Моряков.</i> Ресурсосберегающая технология утилизации породных отвалов горнодобывающих производств.....	46
<i>Е.С. Давыдов, А.А. Холодова, Т.С. Попова.</i> Эко-технологии на базе искусственного интеллекта и их роль в достижении устойчивого экологического развития.....	51
<i>С.С. Курилин, Т.Я. Пазенко, Т.А. Курилина.</i> Очистка промышленных стоков от солей тяжелых металлов современными реагентами.....	56

**Перспективные направления развития экологии и
химической технологии**

<i>А.Е. Шурдова.</i> Влияние скорости дутьевого потока и времени пропускания углекислого газа на его сорбцию отработанными углеродными нефтесорбентами.....	59
<i>Я.О. Белецкий, А.И. Сердюк.</i> Определения состава утильного катода литий-ионного аккумулятора.....	64
<i>В.В. Мороз, Ю.С.Бакуменко.</i> Районирование города по водообеспеченности.....	70
<i>Е.С. Легочева, А.В. Тихомирова.</i> Выделение ценных компонентов из отходов угольной промышленности.....	74
<i>А.С. Пивень, И.Н. Доценко, О.В. Касьянова.</i> Исследование технологических свойств композиционных материалов полученных из крупнотоннажных отходов.....	79
<i>Д.Р. Аминев.</i> Анализ экологических и технологических аспектов закачки CO ₂ в пласт: перспективы развития и применения.....	84
<i>О.В. Бакаев.</i> Интеллектуальный аналитический комплекс анализа химического состава аглошихты в потоке.....	87
<i>В.В. Гнатовская, О.Н. Осколкова, Д.И. Бугорская, Д.Т. Куриленко, Е.С. Карташинская, В.А. Глазунова, В.В. Бурховецкий.</i> Сравнительный анализ 3D-структуры восстановленных оксидов графита.....	91
<i>А.В. Олина, Н.А.Золотухина.</i> Исследование золошлаковых отходов котельной АО «ЦОФ Березовская».....	96
<i>К.М. Пасичник, М.В. Савсюк.</i> Профилактические мероприятия при зимнем содержании автомобильных дорог.....	101
<i>И.Н. Шульгин, А.С. Козодаев.</i> Очистка сточных вод от полициклических ароматических углеводородов.....	106

**Перспективные направления развития экологии и
химической технологии**

- Я.А. Казакова, Е.А. Трошина.* О Дефосфатизации сточных вод Старобешевской ТЭС..... 111
- Д.А. Трубицына, А.А. Хорешок.* Разработка инновационной методики и системы мониторинга уровня пылеосаждений для усиления мер безопасности против пылевых взрывов на угольных шахтах РФ..... 115
- Н.И. Гулейчук, И.И. Гомаль.* Обобщенная качественная оценка влияния угольных предприятий на гидроэкосистему Донбасса.. 122

УДК 662.742

**КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОД
ВЫСОКОМИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

И.А. Бураков¹, А.Ю. Бураков², И.С. Никитина¹, Е.Н. Егоров¹,
А.И. Горбунов¹

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет
«МЭИ», г. Москва, РФ

²ООО «АкваАналитика», г. Москва, РФ

***Аннотация:** В работе рассмотрена возможность комплексного использования высокоминерализованных подземных водных источников для нужд энергетических объектов. Проанализирован опыт эксплуатации рассолодобывающих скважин в целях регенерации Na-катионитных фильтров на территории Москвы и Московской области. Оценены результаты работы по применению высокоминерализованных вод в качестве тяжёлой среды для обогащения углей.*

***Annotation:** The paper considers the possibility of integrated use of highly mineralized underground water sources for the needs of energy facilities. The experience of operating desalting wells for the regeneration of Na-cationite filters in Moscow and the Moscow region is analyzed. The results of the work on the use of highly mineralized waters as a heavy medium for coal enrichment are evaluated.*

***Ключевые слова:** природные подземные хлоридные натриевые рассолы, ТЭС, уголь, обогащения, регенерация, энерготехнологический комплекс, водоподготовка*

***Keywords:** natural underground sodium chloride brines, thermal power plants, coal, enrichment, regeneration, energy technology complex, water treatment*

Анализируя данные советской картографии, а именно, карты-схемы распространения и использования минеральных (лечебных) вод СССР можно сделать вывод о том, что территория ДНР является территорией повсеместного распространения минеральных вод хлоридной, сульфатной, хлоридно-сульфатной и хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатной групп. В данном случае речь идёт о подземных источниках минеральных вод – природных подземных рассолах. На территории Москвы и Московской области указанные воды нашли применение в системе энергетических объектов – их используют в качестве регенерационного раствора для восстановления (регенерации)

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

рабочего материала Na-катионитных фильтров (предназначены для умягчения технических вод). В качестве преимуществ применения высокоминерализованных подземных вод перед техническими растворами NaCl в качестве регенерационных растворов выделяют следующее: отсутствие затрат на приобретение и транспортировку химических реагентов – сухой соли; отсутствие дополнительных затрат для операций по подготовке регенерационного раствора к использованию в процессе регенерации Na-катионитного фильтра [1].

Условия для проведения процессов регенерации природными подземными рассолами сформулированы в [1 – 3] следующим образом:

для достижения наиболее эффективного использования подземных природных рассолов их концентрация по Na^+ должна быть равна 14 %;

применение 14% регенерационного раствора обеспечивает процент разрушений гранул катионита, соответствующий нормам, указанным в [4];

при регенерации скорость пропуска рассола через катионит должна соответствовать диапазону 4 – 6 м/ч. Увеличение скорости пропуска регенерационного раствора ведёт к значительному снижению обменной ёмкости катионита;

время контакта катионита с рассолом должно составлять не менее 25 мин;

для исключения усиления противоионного эффекта величина общей жесткости рассола не должна превышать значения 500 мг-экв/дм³ при общей минерализации 100 – 150 г/дм³, и не должна превышать значения 1500 мг-экв/дм³ при общей минерализации 250 – 300 г/дм³;

природный подземный рассол должен иметь хлоридный натриевый состав.

Описанные преимущества применения при регенерации Na-катионитных фильтров природных подземных хлоридных натриевых рассолов перед использованием технической соли NaCl на энергетических объектах позволило обеспечить широкую эксплуатацию рассолодобывающих скважин на территории Москвы и Московской области. В настоящее время рассолодобывающие скважины эксплуатируются на указанных в табл. 1 тепловых электрических станциях (ТЭС).

**Перспективные направления развития экологии и
химической технологии**

Таблица 1. Использование природных подземных хлоридных натриевых рассолов на энергетических объектах г. Москвы [1, 5]

Участок эксплуатации рассолов	Средняя минерализация рассолов, г/дм ³
Энергетический объект №1	223,81
Энергетический объект №2	227,85
Энергетический объект №3	214,78
Энергетический объект №4	240,90
Энергетический объект №5	225,35
Энергетический объект №6	228,66
Энергетический объект №7	229,19
Энергетический объект №8	227,60
Энергетический объект №9	228,60
Энергетический объект №10	231,70
Энергетический объект №11	234,01
Энергетический объект №12, скважина №1	261,61
Энергетический объект №12, скважина №2	261,22
Энергетический объект №13	220,34

Однако, эксплуатация высокоминерализованных источников не ограничивается системами водоподготовки ТЭС. В рамках работ [5 – 8] рассматривался вопрос применения природных подземных хлоридных натриевых рассолов, бишофита, сточных вод На-катионитных фильтров и вод поверхностных высокоминерализованных источников (в частности вод озера Баскунчак) в качестве тяжёлой среды, для проведения процессов обогащения углей. Рассматривалась система лабораторного гравитационного тяжёлосреднего сепаратора корытного типа. На территории ДНР согласно справочным данным из [9] имеются угли, зольность на сухую массу которых достигает 40 – 45%. Таким образом, вопрос реализации эффективных процессов обогащения для территории ДНР является актуальным.

В рамках работы по обогащению углей в качестве исходных углей анализировались ископаемые месторождений Тигиит, Калева, Чжо Сейн, Синтаунг, Та Пей Чун Республики Союз Мьянма; угли месторождений Багануур, Налайих, Шивэ-Ово – Монголии; угли Эльгинского месторождения, Подмосковного и Кузнецкого угольных бассейнов – все Российская Федерация (РФ); угли месторождения Зиди, расположенного на территории Таджикистана. В исходном и обогащённом угле определялись зольность и теплоты сгорания (выборочно), по полученным экспериментальным данным

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

рассчитывались технологические характеристики процессов обогащения. Сводные данные представлены в табл. 2.

Таблица 2. Технологические показатели процессов обогащения углей [5 – 8]

Месторождение угля, страна	Средняя плотность угля, кг/м ³	Плотность тяжёлой среды, кг/м ³	Извлечение в концентрат, %	Максимальная эффективность обогащения, %
Калева, Мьянма	1490	1096 – 1300	до 61,7	до 63,6
Тигиит, Мьянма	1228	1096 – 1300	до 55,7	до 56,1
Чжо Сейн, Мьянма	1098	1160 – 1165	до 76,0	до 65,1
Та Пей Чун, Мьянма	1728	1200 – 1300	до 7,9	до 4,16
Синтаунг, Мьянма	1084	1096 – 1165	до 83,6	до 66,5
Багануур, Монголия	1388	1165	до 74,6	до 36,1
Шивэ-Ово, Монголия	1160	1165	до 84,8	до 58,6
Налайих, Монголия	1333	1165	до 65,9	до 44,5
Зидди, Таджикистан	1229	1210	до 65,8	до 67,8
Кузнецкий (Дп), РФ	1339	1125 – 1165	до 58,0	до 47,8
Эльгинское, РФ	1262	1125 – 1165	до 58,0	до 49,8
Подмосковный (Б), РФ	1220	1125 – 1175	до 63,0	до 56,5

Экспериментальная работа для ряда углей показывает увеличение значений теплоты сгорания в концентрате обогащённого угля по сравнению с исходным углём в 1,1 – 1,45 раза [8] в зависимости от крупности обогащаемого угля, вида угля и вида тяжёлой среды, применяемой при обогащении.

Описываемые результаты позволяют говорить об эффективности применения высокоминерализованных вод источников в комплексе для нужд ТЭС.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Выводы

По результатам работы показана:

- возможность комплексного применения высокоминерализованных водных источников для нужд ТЭС на территории ДНР;
- возможность применения высокоминерализованных вод для регенерации Na-катионитных фильтров на территории ДНР;
- возможность применения высокоминерализованных вод для обогащения углей на территории ДНР.

Перечень ссылок

1. И.А. Бураков. Разработка и обоснование рекомендаций по применению подземных природных рассолов для регенерации параллельноточных натрий-катионитных фильтров / И.А. Бураков, А.Ю. Бураков, И.С. Никитина, С.Д. Федорович, С.В. Аладушкин, А.С. Илюшин // Новое в российской электроэнергетике. №11. 2018. с. 15 – 24.
2. I.A. Burakov. Comparison contemporary methods of regeneration sodium-cationic filters / I.A. Burakov, A.Y. Burakov, I.S. Nikitina, A.E. Verkhovsky, A.S. Pyushin, S.V. Aladushkin // IOP Conf. Series: Journal Of Physics: Conf. Series, 891 (2017) 012266.
3. И.А. Бураков. Оценка разрушения катионита в результате воздействия на него природными подземными хлоридными натриевыми рассолами / И.А. Бураков, А.Ю. Бураков, И.С. Никитина, С.Д. Федорович, С.В. Аладушкин // Научные горизонты. №11 (15). 2018. ч. II. с. 57 – 70.
4. Водоподготовка и водный режим парогенераторов. Справочник химика-энергетика под общей редакцией С.М. Гурвича. // т. 1. Издание 2. М.: Энергия. 1972 – 456 с.
5. Аунг К.М. Разработка технологии использования высокоминерализованных сточных вод энергетических объектов в процессе обогащения углей для условий Мьянмы // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Москва, НИУ «МЭИ», 2024 – 131 с.
6. Аунг Х.Н. Разработка методов повышения эффективности получения экологически чистого топлива на основе переработки твёрдого топлива для условий Мьянмы // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Москва, НИУ «МЭИ», 2023 – 111 с.
7. Ёе В.А. Исследование эффективности применения процессов энерготехнологической переработки твёрдого топлива для его дальнейшего использования на тепловых электрических станциях в условиях Мьянмы // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Москва, НИУ «МЭИ», 2023 – 125 с.
8. И.А. Бураков. О преимуществах применения процессов обогащения с использованием высокоминерализованных водных растворов в системе ТЭС / И.А. Бураков, А.Ю. Бураков, И.С. Никитина, А.А. Дудолин, Аунг Х.Н., Ёе В.А., Аунг К.М. // Промышленная энергетика. №2. 2023. с. 32 – 37.
9. А.Д. Смирнов. Справочная книжка энергетика / А.Д. Смирнов, К.М. Антипов // М.: Энергоатомиздат. 1987. – 568 с.

УДК 621.316.8:546.96

**ВЛИЯНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ТОЛСТОПЛЕНОЧНЫХ
РУТЕНИЕВЫХ РЕЗИСТОРОВ НА ВОСПРОИЗВОДИМОСТЬ ИХ
ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ**

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

Аннотация: Показано, что воспроизводимость электрофизических свойств (удельного поверхностного сопротивления (ρ_s) и температурного коэффициента сопротивления – ТКС) толсто пленочных резисторов (ТПР) предопределяется их микроструктурой, формирующейся под воздействием размеров частиц токопроводящей фазы (ТПФ) и постоянного связующего (ПС).

Annotation: It is shown that the reproducibility of the electrophysical properties (specific surface resistance (ρ_s) and temperature coefficient of resistance (TCR) of thick-film resistors (TFR) is predetermined by their microstructure, which is formed under the influence of the particle sizes of the conductive phase (CP) and glass for binders (GB).

Ключевые слова: толсто пленочные резисторы, воспроизводимость свойств.

Keywords: thick-film resistors, reproducibility of properties.

Ранее нами была исследована микроструктура ТПР на основе RuO_2 и $\text{Pb}_2\text{Ru}_2\text{O}_{7-x}$, полученных из порошков ТПФ и ПС с различными размерами частиц (критерий – удельная поверхность порошка, $S_{\text{уд}}$) и показано, что частицы ТПФ в объеме таких ТПР распределяются неравномерно (статистически) [1]. Полагают [2], что это приводит к не удовлетворительной воспроизводимости ρ_s и ТКС получаемых пленок.

Поэтому настоящая работа посвящена исследованию характера влияния микроструктуры, изменяющейся при варьировании содержания и размера частиц порошковых ингредиентов резистивных паст (РП) на воспроизводимость ρ_s и ТКС (критерий – разброс значений) ТПР.

Известно, что сильный разброс значений ρ_s получаемых ТПР вызывает неоднородный состав порошков ТПФ и ПС (особенно с крупными частицами – порошки с низкими значениями $S_{\text{уд}}$) в РП [3]. При этом в микроструктуре ТПР частицы ТПФ, например, RuO_2 ,

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

распределяются вдоль поверхности раздела частиц ПС, образуя проводящие цепи, которые тем тоньше, чем меньше размер частиц последнего (рисунок 1) [4, 5].

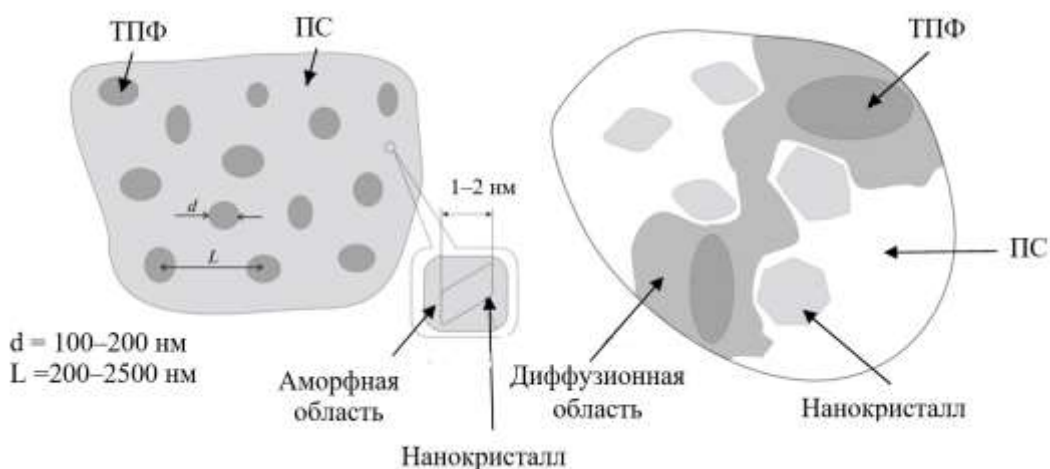


Рисунок – 1. Микроструктура ТПР в микро- и наномасштабах [5]

ТПР получены по традиционной технологии (максимальная температура вжигания 1123 K , изотермическая выдержка – 10 мин , суммарный цикл вжигания – 45 мин) из паст, свойства исходных ингредиентов которых приведены в таблице 1.

Содержание ТПФ в неорганических композициях паст составляло (об.%): в сериях 1 и 2 – 12, 18, 20, 25, 30, 33, 40, 50, 60 и 67; в серии 3 – 10, 12, 14, 16, 18, 20 и 22; в серии 4 – 12, 15, 18, 20, 25, 30, 35, 40, 50 и 57, соответственно.

Данные таблицы 1 свидетельствуют о том, что стекло С-1 по сравнению со стеклом С-2, является более тяжелым (плотность – d выше) и тугоплавким (температура начала размягчения – $T_{н.р.}$ выше), имеет более высокий температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) и более основным (обобщенная электроотрицательность по Малликену – χ , выше).

Результаты по разбросу ρ_s для ТПР, полученных из паст серий 1–4, приведены на рисунке 2. Из приведенных данных следует, что зависимость ρ_s от концентрации ТПФ носит степенной характер не зависимо от составов ТПФ и ПС. При этом, с увеличением размера частиц ПС (значения $S_{уд}$ порошка уменьшается) и уменьшением размера частиц ТПФ (значения $S_{уд}$ порошка увеличивается) разброс ρ_s ТПР снижается (серии 1 и 2), как и при смене ТПФ с $Pb_2Ru_2O_6$ на RuO_2 , а ПС с С-1 на С-2 (серии 3 и 1; серии 4 и 1, соответственно).

**Перспективные направления развития экологии и
химической технологии**

Таблица 1 – $S_{уд}$, d , ρ_s , ТКС, ТКЛР, температуры (T – разложения – T_P и
плавления $T_{П}$) и χ исходных материалов для приготовления
резистивных паст.

№№ п/п	Материал	$S_{уд}$, м ² /кг	$d \cdot 10^3$, кг/м ³	$\rho \cdot 10^7$, Ом·м	ТКС · 10 ⁶ , 1/К	Для приготовления паст серий
1	Pb ₂ Ru ₂ O ₆	1364, 0	8,37	2,7–840	1700–2770	1
2		768,5				2
3		1079, 5				4
4	RuO ₂	1079, 5	6,97	3,4–7	3600–5800	3
5	Стекло С-1	280,2	7,25	~10 ¹¹	–70000	4
6	Стекло С-2	818,2	4,74	1,5 · 10 ¹¹ ₀	–10000	1, 3
7		962,5				2

Продолжение таблицы 1

№№ п/п	Материал	ТКЛР (α), 10 ⁷ К ⁻¹	T , К	χ , ЭВ
1	Pb ₂ Ru ₂ O ₆	110	1473 (T_P)	6,31
2				
3				
4	RuO ₂	100 (α_a), –230 (α_c)	1473 ($T_{П}$)	6,51
5	Стекло С-1	120	858 ($T_{Н.Р.}$)	6,16
6	Стекло С-2	72	718 ($T_{Н.Р.}$)	6,25
7				

Неорганические компоненты резистивных паст различаются физическими свойствами (таблица 1). Кроме того, ингредиенты паст серий 1 и 2 от паст серий 3 и 4 отличаются химическими свойствами. В пастах на основе первых при термообработке вытесняется RuO₂ из исходной ТПФ (Pb₂Ru₂O₆), а в последних взаимодействия не наблюдается. Поскольку размер частиц ПС в серии 2 больше ($S_{уд}$ меньше), чем в серии 1, то, возможно, кислотно-основная реакция в этих материалах протекает не в равной степени с выделением разного количества RuO₂.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

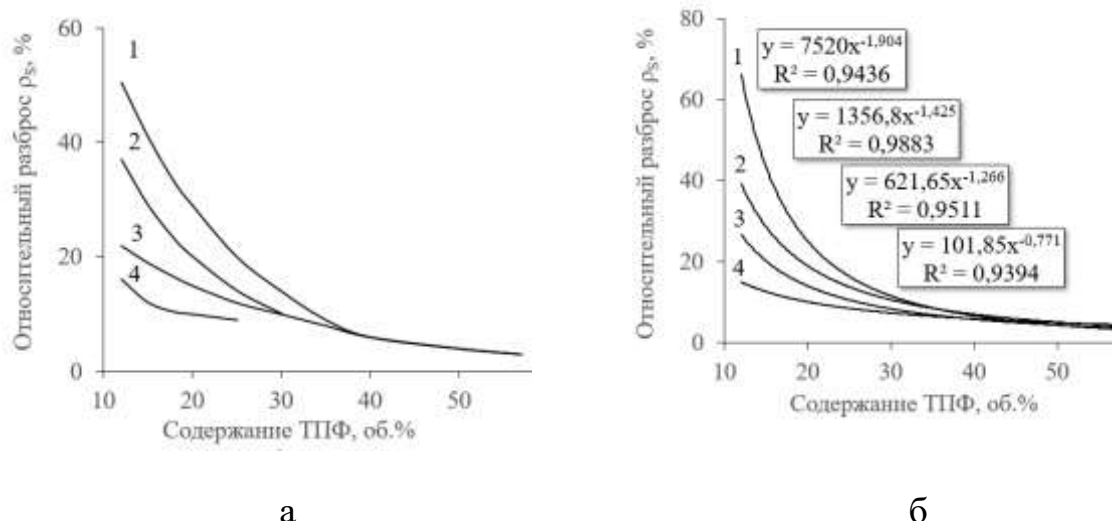


Рисунок 2 – Разброс значений ρ_S (а) и линии тренда (б) ТПР, полученных из паст: 1 – серия 2; 2 – серия 1; 3 – серия 4; 4 – серия 3

Дополнительно получена серия 5 на основе стекла С-1 и ТПФ, с разными значениями их $S_{уд.}$ (таблица 2). Содержание ТПФ поддерживалось постоянным (38 об.%). Полученные результаты собраны в таблице 2. Выбор этой серии обусловлен тем, что ТПФ и ПС в этих пастах при их термообработке не взаимодействуют друг с другом, тем самым из рассмотрения исключается еще один фактор.

Как следует из данных, приведенных в таблице 2, при постоянном значении $S_{уд.}$ порошков стекла С-1 с увеличением $S_{уд.}$ порошков ТПФ значения $\delta\rho_S$ ТПР растут, а оба $\delta TКС$ – падают. При постоянном значении $S_{уд.}$ порошков ТПФ с увеличением $S_{уд.}$ порошков стекла С-1 значения $\delta\rho_S$ ТПР растут, а значения обеих $\delta TКС$ – либо падают (для $S_{уд}$ ТПФ 1025,2 м²/кг), либо растут (для $S_{уд}$ ТПФ 793,5 м²/кг).

Выводы. Таким образом, воспроизводимость электрофизических свойств толсто пленочных резисторов предопределяется их микроструктурой, которая в свою очередь, формируется в зависимости от размеров частиц ТПФ и ПС, используемых для приготовления резистивной пасты, и их кислотно-основными свойствами. Из резистивных паст на основе RuO_2 и не взаимодействующих друг с другом неорганических компонентов получают более воспроизводимые (с меньшим разбросом значений свойств) ТПР. Такими же свойствами характеризуются резисторы, получаемые из паст на основе частиц ПС оптимально крупного и ТПФ, наоборот, оптимально мелкого размера. Оптимальность размеров частиц устанавливается эмпирически и достигается исходя из возможностей производителя.

**Перспективные направления развития экологии и
химической технологии**

Таблица 2 – Удельная поверхность порошков ПС и ТПФ и разбросы значений $\delta\rho_s$ и $\delta\text{ТКС}$ ТПР, полученных из них

№ серии	Суд., м ² /кг		$\delta\rho_s$	$\delta\text{ТКС}$ в диапазоне Т 298-398 К	$\delta\text{ТКС}$ в диапазоне Т 231-298 К
	ПС	ТПФ			
5	810,0	500,0	5,1	47,3	310
		793,5	10,9	25,5	35,6
		1025,2	17,6	2,6	2,4
	280,2	793,5	7,4	23	27
		1025,2	9,9	18,5	24
	123,9	768,2	6,9	9,9	26,4
		793,5	6,9	8,6	20
	280,2	1025,2	9,9	18,5	24
	810,0		10,9	2,6	2,4
	123,9	793,5	6,9	8,6	20
	280,2		7,4	23	27
	810,0		17,6	25,5	35,6

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, бюджетная тема «Углеродные наночастицы с заданной морфологией: синтез, структура и физико-химические свойства, FRES-2023-0006».

Перечень ссылок

1. Н.С. Лозинский, Я.А. Мороз, В.М. Тюфкий Формирование микроструктуры толсто пленочных резисторов на основе RuO₂ и Pb₂Ru₂O_{7-x}// Сборник научных трудов IX Международной научно-практической конференции «Инновационные перспективы Донбасса». – Донецк: ДонНТУ, 2023. Т. 4: Перспективные направления развития экологии и химической технологии. – С. 51–55.
2. Ming Wen, Xinchun Guan Investigation of sensing performances of thick-film resistors sintered on fluorophlogopite glass-ceramic substrates// Sens. Actuator A Phys. –2024. – V. 370. – P. 115248. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2024.115248>.
3. Караев А.К. Температурная зависимость сопротивления толсто пленочных резисторов с учетом сегрегации частиц проводящей фазы /А.К. Караев // Конструкции из композиционных материалов / Всерос. науч.-исслед. ин-т межотраслевой информации. – М. – 2006. – № 4. – С. 212–215.
4. Inokuma, T. The microstructure of RuO₂ thick film resistors and the influence of glass particle size on their electrical properties [Text] / T. Inokuma, Y. Taketa, M. Haradome // IEEE Trans. Compon., Hybrids, Manuf. Technol. 1984. Vol. CHMT-7, No. 2. – P. 166–175.
5. Abdurakhmanov Gulmurza, Dekhkanov A., Tursunov M., Tashmukhamedova D. Impurity bands and density of state in doped silicate glasses with metal oxides (RuO₂, CuO, MnO₂)// Phys. Sci. Int. J. – 2023. – V. 27, No. 6. – P. 5–15. DOI: 10.9734/psij/2023/v27i6806.

УДК 66.094.49

ВЫДЕЛЕНИЕ ХЛОРОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ НЕФТИ

Л.С.Макарова, Ф.Б.Шевляков

Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа

***Аннотация.** Разработано вещество, способное связывать хлорорганические соединения из нефти. В результате лабораторных исследований было установлено, что синтезированное вещество эффективно связывает хлорорганические соединения, образуя неорганические соли. Эффективность применения реагента была продемонстрирована моделированием процесса в Aspen Hysys*

***Annotation.** A substance has been developed that can absorb organochlorine compounds from oil. As a result of laboratory studies, it was found that the synthesized substance effectively binds organochlorine compounds, forming stable complexes. The effectiveness of the reagent was proven by modeling the process in Aspen Hysys*

***Ключевые слова:** хлорорганические соединения (ХОС), нефть, реагент*

***Key words:** organochlorine compounds (ОСС), oil, reagent*

Присутствие в нефти хлорорганических соединений (ХОС) оказывает негативное влияние на оборудование нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) при ее переработке и транспортировке [1, 2]. ХОС практически не выводятся из нефти в процессах ее подготовки, поэтому под воздействием высоких температур, характерных, например, для процессов крекинга, риформинга и гидроочистки, органические хлориды разлагаются с выделением соляной кислоты, вызывая сильную коррозию внутренних поверхностей оборудования и трубопроводов, приводящую к авариям, снижению производительности предприятия или его полной остановке. Кроме того, высока вероятность возникновения риска экспорта загрязненной нефти по магистральным трубопроводам. Все это связано с флуктуациями естественного содержания соединений хлора в добытом сырье и с возрастающим использованием нефтяниками хлорорганики в процессе добычи и переработки сырья. [3, 4].

Первый этап исследования проводился в лаборатории, в результате которого получено органическое соединение (рисунок 1), принадлежащее к группе производных дифенилметана и бисфенолов с двумя группами – ONa.

**Перспективные направления развития экологии и
химической технологии**

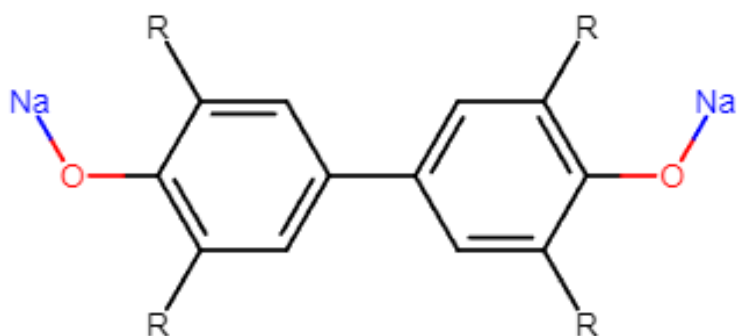
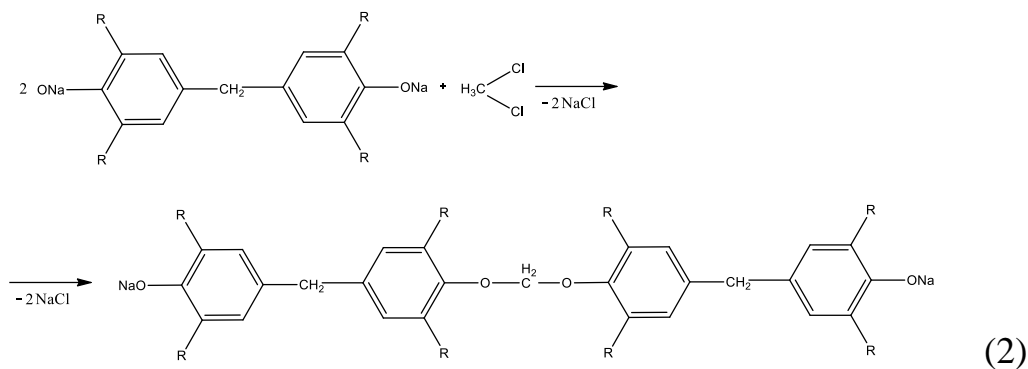
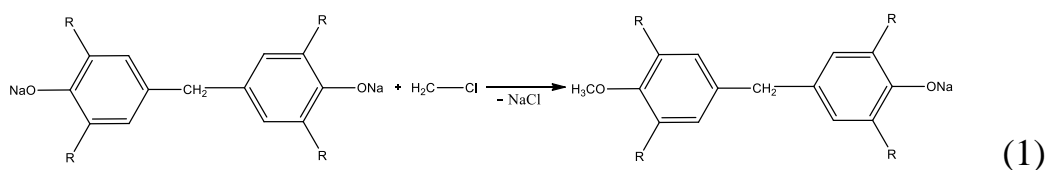


Рисунок 1 – Структурная формула синтезированного соединения

Полученный реагент был протестирован на свою способность связывать ХОС из нефти [5]. Для этого были проведены эксперименты, в которых синтезированное вещество добавлялось к образцам нефти (250 мл), содержащим ХОС (40 ppm).

Реакции (1) и (2) выделения ХОС из нефти с помощью реагента:



Результаты исследования показали, что содержание ХОС в очищенной нефти в 3,62 раза меньше, чем в загрязненной.

Используя полученные результаты исследования, была построена модель выделения ХОС с помощью данного реагента в моделирующей среде Aspen Hysys. Результаты моделирования, показали, что содержание ХОС снижается в 4 раза, тем самым подтверждая эффективность данного способа выделения ХОС из нефти.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Перечень ссылок

1. Хуторянский, Ф. М. Хлорорганические соединения в нефти. История вопроса и проблемы настоящего / Ф. М. Хуторянский // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2002. – № 3. – С. 6-7.
2. Смирнов, В. В. Очистка нефти от хлорорганических соединений / В. В. Смирнов, В. В. Медведев // Нефтяное хозяйство. – 2015. – № 2. – С. 54-57.
3. Жуков, В. А. Особенности извлечения и удаления хлорорганических соединений из нефти на предприятиях нефтепереработки / В. А. Жуков // Нефтегазовое дело. – 2016. – № 2. – С. 114-119.
4. Корольков, В. В. Особенности обработки нефти с высоким содержанием хлорорганических соединений / В. В. Корольков, Р. Р. Хасанов, В. В. Чернышев // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2018. – № 1(80). – С. 84-89.
5. Занозина, И. И. Определение хлора в нефтях и светлых фракциях / И. И. Занозина, М. В. Бабинцева, Н. В. Полищук, И. Ю. Занозин, В. В. Черентаева, Д. Е. Дискина // Химия и технология топлив и масел. – 2003. – № 3. – С. 14–15.

УДК 504.064.45

**ПОВЫШЕНИЕ ОПЕРАТИВНОСТИ ТУШЕНИЯ СТЕПНЫХ
ПОЖАРОВ НА ТЕРРИТОРИИ ДОНБАССА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
КАРЬЕРНЫХ ВОД**

А.Т. Павленко, Э.П. Левченко, А.А. Ноженко, М.Э. Левченко
ФГБОУ ВО «Донбасский государственный технический университет»
г. Алчевск, ЛНР

***Аннотация.** Проанализированы возможности и представлены предложения пополнения цистерн пожарных машин для тушения степных пожаров на территории Донбасса карьерными водами.*

***Annotation.** The possibilities of replenishing the tanks of fire engines for extinguishing steppe fires in the Donbass with quarry water are presented.*

***Ключевые слова:** степные пожары, тушение, карьерные воды, беспилотные летательные средства, Донбасс.*

***Key words:** steppe fires, extinguishing, quarry water, unmanned aerial vehicles, Donbass.*

Природные ландшафты значительных территорий Донбасса в основном характеризуются степными районами, зачастую расположенными на значительных расстояниях от населённых пунктов и дорог с твёрдым покрытием. Это создаёт крайне неблагоприятные условия для тушения природных пожаров [1] ввиду не только оперативного обнаружения источника огня и значительного времени приезда пожарной техники, но и невозможности заправки водой пожарных машин от источника централизованного водоснабжения. Следовательно, возникают существенные риски распространения степных пожаров и в значительной степени повышается наносимый ими вред природной окружающей среде [2, 3].

Анализ спутниковой карты Донбасса (рис. 1) показывает, что естественные водные природные ресурсы являются незначительными ввиду отсутствия крупных рек и иных водоёмов. Однако в последнее время территория изобилует искусственными карьерами (санкционированными и несанкционированными), которые активно разрабатывались и применяются для добычи полезных ископаемых, в основном угля и песчаника. Эти карьеры могут достигать существенных размеров в период добычи материалов, а затем подвергаются интенсивной ветровой и водной эрозии, что увеличивает их протяжённость и глубину. Со временем многие из карьеров

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

оказываются затопленными грунтовыми или осадочными водами и превращаются в естественные потенциальные источники водозабора, которые могут быть использованы для заправки цистерн пожарных машин при тушении пожаров в степных районах Донбасса.

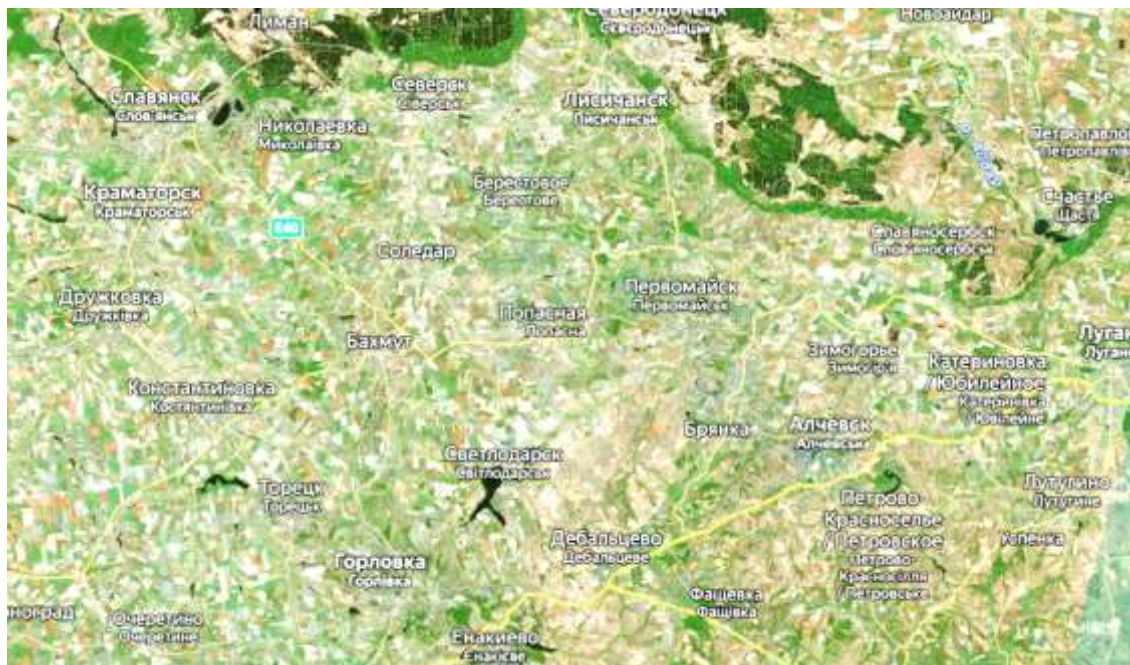


Рисунок 1 – Фрагмент спутниковой карты Донбасса

Однако успешное решение поставленной задачи возможно лишь при условии своевременной и точной разведки наличия воды в природных источниках, так как, например, изменение климата часто вызывает непостоянство уровня воды вплоть до полного пересыхания. Поэтому необходимым звеном в пожарном расчёте должно являться наличие личного состава и технических средств оперативной разведки. Рациональным является применение беспилотной авиации, как самолётного типа (для ускорения поиска источников возгорания и водоёмов), так и вертолётного типа (для уточнения условий и корректировки действий пожарного расчёта. В обязанности данной структуры может входить предварительная разведка местности, например, посредством интернет-сервиса «Google Планета Земля», в том числе для составления маршрутов движения с использованием полевых дорог. Для последующего уточнения оперативной обстановки рационально задействование коптеров, оборудованных различными камерами визуального контроля и датчиками теплового излучения. С целью непрерывного анализа полученных результатов полученные данные целесообразно хранить, например, в табличном виде (табл. 1) с

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

указанием основных показателей, характеризующих расположение источников воды, их уровня, объёма и т.д.

Таблица 1 – Пример построения таблицы расположения карьеров с водой и информацией о них

Номер карьера	Координаты места расположения		Дата измерения	Глубина источника, м	Объем, источника, м ³
	Широта	Долгота			
1	48.625	38.196	03.08.2023		
2	48.712	38.311	03.08.2023		
3	48.578	38.067	12.06.24		
4	48.456	37.987	18.05.2024		
5	48.542	38.141	18.05.2024		

На основании статистического анализа данных удобно ориентироваться на наличие водных ресурсов в конкретном водоёме и уточнять заблаговременно объем находящейся в нём воды. При положительном результате разрабатывать предварительный маршрут движения к источнику пополнения водой, в том числе с помощью разведывательного расчёта путём использования беспилотных летательных аппаратов или наземных транспортных средств.

Такая возможность является технически легко решаемой задачей, т.к. пожарные машины снабжены струйным насосом, способным осуществлять заправку цистерны водой из природных источников, при этом расстояние до водозабора может достигать до 100 м, а по высоте до 18-20 м [4]. С учётом, что цистерна объёмом 2700-9000 литров при тушении огня может быть опорожнена за 10-25 минут, следовательно, местные источники заправки водой являются очень актуальными.

Предложенные мероприятия позволят оперативно выявлять источники пожаров, разрабатывать удобные маршруты подъезда

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

пожарной техники к очагам горения и источникам пополнения цистерн пожарных машин водой, а также осуществлять с помощью беспилотных летательных аппаратов оперативное управление тушением пожаров.

Перечень ссылок

1. Левченко Э.П. Основные аспекты технической организации мер предотвращения лесных пожаров / Э.П. Левченко, В.Ю. Малкин, А.Г. Макаревич, М.Э. Левченко // Экологический вестник Донбасса. – № 6. – Алчевск: ДонГТИ, 2022. – С. 45–53.

2. Левченко Э.П. Влияние природных пожаров на окружающую среду и современные средства оценки нанесённого ими вреда / Э.П. Левченко, М.Э. Левченко // Планета – наш дом: сборник материалов XIV Международной молодёжной научной конференции. – Алчевск: ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», 2022. – С. 46–50.

3. Левченко Э.П. Основные аспекты технической организации мер предотвращения лесных пожаров / Э.П. Левченко, В.Ю. Малкин, А.Г. Макаревич, М.Э. Левченко // Экологический вестник Донбасса. – № 6. – Алчевск: ДонГТИ, 2022. – С. 45–53.

4. Преснов А.И. Учебник водителя пожарного автомобиля / А.И. Преснов, А.Я. Каменцев, И.Г. Иванов и др. — С-Пб.: СПбУ ГПС МЧС России, 2007. — 392 с.

УДК 678.5

**УТИЛИЗАЦИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЙ
УГЛЕОБОГАЩЕНИЯ**

В.Н.Третьяков, С.Д.Евменов

ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический
университет имени Т.Ф. Горбачева»,
г. Кемерово

Аннотация: Исследовалась возможность использования вышедшего из употребления сетчатого материала, изготовленного из поликапроамида (ПКА, ПА-6), который использовался для фильтрующего оборудования на углеперерабатывающих фабриках Кузбасса. В ходе проведенных исследований было установлено, что исследуемый материал из ПКА обладает необходимым набором свойств для получения товарного вторичного ПСА (ВПКА), пригодного для изготовления широкого ассортимента продукции, т.е. является ценным полимерным сырьем.

Annotation. The possibility of using a disused mesh material made of polycaproamide (PКА, PA-6), which was used for filtering equipment at Kuzbass coal refineries, was investigated. In the course of the conducted research, it was found that the studied material from PCA has the necessary set of properties to obtain a commercial secondary PCA (VPCA) suitable for the manufacture of a wide range of products, i.e. it is a valuable polymer raw material.

Ключевые слова: Поликапроамид, отходы производства, композиционные материалы, технология получения, литье под давлением.

Keywords: Polycaproamide, production waste, composite materials, production technology, injection molding

Технология утилизации отходов полимеров и вышедших из употребления изделий, включающая всю последовательность технологических стадий – от анализа сырья до получения вторичных полимерных материалов и производства из них изделий различного назначения – одно из научных направлений кафедры углехимии, пластмасс и инженерной защиты окружающей среды Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева. Объектами исследования в разное время являлись различные виды

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

отходов и вышедших из употребления изделий, в частности, пленка и тара из ПВД и ПНД, мягкая тара из плоского полипропиленового волокна, медицинский инструментарий (одноразовые шприцы), упаковки для пищевых жиров из НПВХ, ПЭТ – тара, несортированные бытовые полимерные отходы совместно с отходами деревообработки.

К еще одному предмету исследования относится поликапроамид (ПКА, полиамид ПА6) – сравнительно дорогостоящий материал, обладающий рядом ценных химических и физико-механических свойств, который входит в число важнейших конструкционных термопластов. Волокна из этого материала отличаются чрезвычайно высокой прочностью и занимают первое место по масштабу производства среди других полимеров. Одним из направлений их использования, в частности, является изготовление полотна (сеток) для фильтрующего оборудования широко используемого на углеобогатительных фабриках Кузбасса. Однако в процессе эксплуатации полотно по разным причинам выходит из употребления и размещается на полигонах, где происходит его накопление. В то же время данный материал в перспективе следует характеризовать, как ценное сырье, из которого можно получить вторичный поликапроамид (ВПКА), пригодный для изготовления широкой номенклатуры изделий, частично решая при этом экологические и экономические проблемы [1]. Для этого необходимо выполнить три задачи:

1. Определить принципиальную возможность получения вышедшего из употребления фильтровального полотна вторичного материала и областей дальнейшего его использования.

2. Разработать технологию получения ВПКА.

3. Установить возможность получения на основе ВПКА наполненных композиций и определить технологические параметры переработки полученного материала в изделия.

Для выполнения первой задачи проведен комплексный анализ образцов неиспользованного (нового) полотна (образец №1), полотна после эксплуатации, содержание угля в ячейках которого достигало 20 % по массе (образец №2), и полотна, отмытого от угля (образец №3) [2]. Образцы полотна измельчались резанием и исследовались методами термогравиметрического анализа и инфракрасной спектроскопии. Кроме этого, определялись плотность, термостабильность и влажность образцов, реологические свойства оценивались по величине показателя текучести расплава ПТР.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

В основу технологии получения ВПКА из отработанного фильтровального полотна, загрязненного частицами угля, заложена базисная схема, состоящая из нескольких стадий:

- измельчение исходного сырья;
- экструзия;
- охлаждение полученных стренг;
- резка стренг (гранулирование).

Полученный материал был также подвергнут комплексному анализу (образец №4).

Комплексное термическое исследование указанных выше образцов проведено методом дериватографии, которое включало в себя термогравиметрический (TG), дифференциально-термогравиметрический (DTG) и дифференциально-термический (DTA) анализы. Полученные результаты схожи для исследованных образцов и различаются в узком диапазоне. Например, величина температуры плавления для всех образцов находится в пределах 205-212⁰С, а для товарного первичного ПА-6 температура плавления регламентируется величиной 215⁰С. Аналогичная картина наблюдается для разных стадий термического разложения полимера. В целом на основе полученных результатов можно утверждать, что термические свойства образцов весьма близки, а процесс эксплуатации полотна не привёл к сколько-нибудь серьезному их изменению, что было подтверждено результатами ИК-спектроскопии для образцов №№1 и 2.

Для всех исследуемых образцов определена величина показателя текучести расплава (ПТР) при регламентируемых для ПА-6 условиях (температура 235⁰С и нагрузка на поршень 21,6 Н). Данный показатель для образца №3 составил 2,25 г/10мин и превысил показатель **образца №1** почти в 2 раза. Видимо, это связано со спецификой эксплуатации полотна в вакуум-фильтрах при постоянном контакте с водой, т.к. ПКА является гигроскопичным материалом и обладает повышенным водопоглощением, что приводит к росту влажности полимера и частичному протеканию процесса гидролитической деструкции. При этом несколько снижается молекулярная масса и уменьшается вязкость расплава. Полученные результаты совпадают с данными, приведенными в [3].

Значения ПТР для образца №2 с содержанием угля до 20 % и вторичного гранулированного материала (образец №4) также выше, чем у **образца №1** на 26 % и 21 % соответственно. Однако повышение

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

вязкости этих образцов по сравнению с образцом №3 скорее всего связано с наличием в композиции угля, который в данном случае играет роль наполнителя.

Проведенные исследования подтвердили, что первичное и вторичное полимерное сырьё по плотности различается незначительно. Плотность у образцов без содержания угля №№1 и 3 находится в регламентируемом для первичного ПА-6 диапазоне (1,13 – 1,15 г/см³), у образцов №№ 2 и 4 плотность несколько выше (1,17 – 1,187 г/ см³), что объясняется содержанием в материале угля.

За нормируемый показатель термостабильности T принимают отношение показателя текучести расплава полимера ПТР после его нагрева и выдержки в течение определенного времени (обычно $t = 10, 20, \text{ или } 30$ мин) к значению ПТР после его нагрева при стандартных условиях (для ПА-6 – 5 мин). Полимер считается термостабильным по вязкости, если ПТР в течение времени t изменяется не более, чем на 15-20%, т. е. величина T находится в интервале $(0,85-0,8) < T < (1,15-1,2)$.

Расплавы образцов №№1 и 3 с увеличением времени выдержки при температуре характеризуются уменьшением вязкости (ростом ПТР), период термостабильности для них составил 10 мин. Вязкость расплавов образца №2 и ВПКА (образец №4), напротив, увеличивается, а соответствующая требованиям термостабильность сохраняется до 20 мин. Полученные значения можно считать удовлетворительными, т.к. по литературным данным период термостабильности по изменению вязкости на 15 % для первичного ПА-6 при несколько большей температуре (240⁰С) находится в пределах 11–15 мин.

К недостаткам ПА-6 относят достаточно высокий уровень водопоглощения, т.е. количество воды, поглощаемое полимером за 24 часа пребывания в воде при температуре 23⁰С, которое составляет от 2,2–2,8 % до 3,5 %. Это не влияет на его использование в качестве фильтрующего материала для обезвоживания угольных флотоконцентратов и шламов, однако является существенным фактором при переработке вторичного материала в изделия. Поэтому в работе исследована кинетика набора влаги на воздухе образца №1 за период времени 0–150 минут при температуре воздуха 22⁰С. Начальная влажность полимера была равна 0,18% и оставалась постоянной в течение 30 минут. Далее предельный регламентируемый при переработке ПА-6 предел влажности 0,2 % был достигнут за 50 минут, а конечная влажность материала составила 0,31 %.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

В итоге комплексный анализ исследованных образцов ПККА показал, что процесс эксплуатации фильтровального материала не приводит к сколько-нибудь серьезному изменению термических свойств, плотности, термостабильности и кинетики набора влаги. Кроме этого, наличие в исследуемых композициях угля позволило выявить, что улучшение технологических свойств и повышение вязкости расплава можно осуществить введением в полимер наполнителей либо других модифицирующих добавок.

Для исследования возможности получения на основе ВПКА наполненных композиций в качестве твердого наполнителя принята зола уноса, образующаяся при сжигании углей Канско-Ачинского угольного бассейна, которая является одним из отходов работы теплоэлектростанций, и её применение для указанных целей может позволить частично решить проблему утилизации отходов энергетики. Основные характеристики золы (плотность, удельная поверхность и краевой угол смачивания) показали, что данный наполнитель можно использовать для получения полимерных композиционных материалов, в частности, ВПКА [5]. В процессе исследования экструзионным методом были получены композиции с содержанием золы 16, 30, 44 %, из которых методом литья под давлением изготовлены стандартные образцы для определения деформационно-прочностных характеристик.

Для исходных композиций определялись технологические свойства (плотность и ПТР), для полученных образцов – ударная вязкость, разрушающее напряжение при растяжении и изгибе, модуль упругости при растяжении и изгибе, относительное удлинение при разрыве, теплостойкость по Вика и твердость по Бринелю.

Полученные результаты показывают, что зола является активным наполнителем по отношению к ВПКА, т.к. ее введение в композицию приводит к увеличению большинства прочностных показателей материала. В частности, характер изменения величин разрушающего напряжения при растяжении и изгибе от степени наполнения хорошо согласуется с литературными данными для активных наполнителей [4]. Для указанных характеристик критическая степень наполнения, выше которой прочность композиции становится больше прочности исходного материала, составляет 21 и 27% соответственно. Учитывая весь комплекс исследуемых свойств, критическая степень наполнения ВПКА золой составляет 30%, а максимальные прочностные показатели

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

и удовлетворительную для процесса переработки величину вязкости имеет композиция, содержащая 44% золы.

Наиболее распространенным методом получения изделий из ПКА является литье под давлением. Поэтому заключительным этапом данного исследования явилась оценка влияния режимов переработки указанной выше композиции методом литья под давлением на свойства изделий и определение оптимального температурного режима, обеспечивающего получение изделий инженерно-технического назначения [5].

Эксперимент проводился на вертикальной литьевой машине поршневого типа ВЛ-40. Давление и скорость впрыска расплава в форму, время выдержки под давлением и время охлаждения приняты и рассчитаны в соответствии с известными рекомендациями для переработки термопластов. Переменными параметрами явились температура расплава (T_p) и температура литьевой формы (T_f), которые в значительной мере определяют физико-механические и теплофизические свойства изделий. Для сокращения количества опытов и повышения надежности результатов в работе использовался метод математического планирования эксперимента (двухфакторный ортогональный план). Параметры варьирования температуры расплава составили 230-290 °С, температуры формы 40-100 °С, шаг 30 °С.

Получены стандартные образцы - лопатки размером 80x5x4 и бруски - 80x10x4 мм. Дополнительно к указанным выше деформационно-прочностным характеристикам определялись плотность и усадка образцов, а также прогиб при изгибе. При математической обработке результатов эксперимента для всех указанных показателей получены уравнения регрессии.

Анализ полученных уравнений показал, что температура расплава оказывает влияние практически на все определяемые показатели. Зависимости прочности при изгибе и твердости имеют линейный характер, причем с увеличением температуры эти показатели снижаются. Остальные зависимости носят экстремальный характер, при этом все проходят через максимум, кроме усадки, которая характеризуется наличием минимума.

Влияние температуры формы также не однозначное, так прочность, модуль упругости при изгибе и твердость с ростом температуры линейно снижаются, а остальные зависимости имеют экстремальный характер проходя через максимум, кроме ударной вязкости, которая имеет минимум.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Полученные результаты достаточно убедительно объясняются тем, что ПКА является кристаллизующимся полимером, поэтому свойства получаемых изделий во многом определяются надмолекулярной структурой полимера, на формирование которой существенно влияет температурный режим переработки и скорость охлаждения материала в форме. В конечном итоге установлен оптимальный температурный режим литья под давлением исследуемого композиционного материала на основе ВПКА и золы: температура расплава $255\pm 5^{\circ}\text{C}$; температура формы 70°C .

Выводы

Фильтровальный материал из ПКА, используемый в углеобогащении, после его эксплуатации является ценным сырьем и обладает необходимым комплексом свойств для получения товарного ВПКА, пригодного для изготовления широкой номенклатуры изделий.

Установлено, что зола уноса, образующаяся при сжигании углей Канско-Ачинского угольного бассейна, может быть использована в качестве наполнителя для получения полимерных композиционных материалов.

Разработана технология получения композиции из указанных отходов, при этом введение золы в количестве от 30 до 44 % позволяет существенно улучшить эксплуатационные характеристики ВПКА, а наилучшими деформационно-прочностными свойствами обладает материал, содержащий 44 % золы.

Данный материал может перерабатываться в изделия литьем под давлением на серийно выпускаемом оборудовании, причем установленные в работе технологические параметры процесса дают возможность получить свойства изделий, которые соответствуют характеристикам изделиям инженерно-технического назначения.

Перечень ссылок

1. Штарке Л. Использование промышленных и бытовых отходов пластмасс: пер. с нем. под ред. В.А.Брагинского. – Л.: Химия, 1987. – 176 с.
2. Complex analysis of polymer wastes in coal enrichment for the purpose of their utilization. S.Evmenov, G.Evmenova, V.Tretyakov. E3S Web of Conferences 174, 01038 (2020) Vth International Innovative Mining Symposium/ DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017401038>. Publishd online: 18 June 2020.
3. Dechant J., Hoyme H., Jenaer Bdsch., 10 (1965) 210
4. Mosle H.G., Plast. und Kautsch., 1981, Jg. 28, № 7, s.409
5. Термопласты конструкционного назначения / под ред. Е.Б. Тростянской. М.: Химия. 1975. 240 с.

УДК 631-841

**ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ
КАРБАМИДА И СУЛЬФАТА АММОНИЯ**

М.Н. Трофимова
ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева»
г. Кемерово

***Аннотация:** В работе рассмотрены результаты получения удобрений на основе карбамида с добавкой сульфата аммония при массовом соотношении $(NH_2)_2CO:(NH_4)_2SO_4$ от 100:2,5 до 100:50*

***Annotation:** The paper considers the results of obtaining fertilizers based on urea with the addition of ammonium sulfate at a mass ratio of $(NH_2)_2CO:(NH_4)_2SO_4$ from 100:2,5 to 100:50*

***Ключевые слова:** карбамид, сульфат аммония, физико-химические свойства*

***Keywords:** urea, ammonium sulfate, physical and chemical properties*

В современных условиях сельское хозяйство занимает важное место в мировой экономике. В связи с увеличивающейся потребностью в продуктах питания, возрастают и требования к их качеству. С целью удовлетворения этой потребности, современные фермеры вынуждены искать новые эффективные способы повышения урожайности и улучшения качества сельскохозяйственной продукции.

Одним из самых распространенных и активно применяемых в аграрной промышленности удобрений считается мочеви́на – азотное удобрение, содержащее высокую концентрацию азота в амидной форме. Оно широко используется в сельском хозяйстве для стимуляции роста растений. Карбамид отлично растворяется в воде, что позволяет растениям более эффективно усваивать азот и использовать его для своего развития. Кроме того, карбамид обладает стабильными химическими свойствами, что обеспечивает долговременное действие удобрения.

Однако несмотря на то, что карбамид является эффективным и доступным удобрением, его использование можно усовершенствовать за счет добавления различных соединений, способствующих повышению эффективности внесения удобрений в почву и улучшению качества сельскохозяйственных культур.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Специализированный карбамид с контролируемым высвобождением становится самым динамично развивающимся сегментом удобрений на рынке, достигая 3% роста в период с 2023 по 2030 годы. Этот вид карбамида является ведущим на мировом рынке специализированных удобрений благодаря увеличению спроса на полимерное и серное покрытие в сельском и несельском хозяйстве [1].

В роли добавок применяют ПАВ, инертные изолирующие вещества, вступающие в химическое взаимодействие с мочевиной на поверхности гранул, а также вводимые в расплав перед кристаллизацией вещества, модифицирующие физическую структуру продукта [2].

При выборе модификаторов учитывают воздействия, возможные при их использовании, в частности экологические. Среди внушительного числа добавок, применяемых для устранения слеживания гранул мочевины, можно выделить три основные группы:

- различные опудривающие порошки, элементарная сера и некоторые неорганические соли, в том числе сульфат аммония. К положительным качествам реагентов данной группы можно отнести также сравнительно низкие энергозатраты, а также тот факт, что для их взаимодействия с карбамидом не требуется использование дополнительного специального оборудования;

- формальдегид, а также реагенты, которые полимеризуются конкретно на поверхности гранул мочевины при содержании формальдегида в готовом продукте в составе от 0,2 до 0,6%. К недостаткам реагентов представленной группы относятся их токсичность и канцерогенность, а помимо того и наличие специального оборудования для нанесения модификатора, которое способно обеспечить время взаимодействия в течение 20 секунд;

- поверхностно-активные вещества, обладающие анионоактивным действием, а также полимеры и композиции с ними в основе. В качестве недостатка можно привести тот факт, что подобные композиции производят только иностранные компании, а потому являются достаточно дорогостоящими [2].

Учеными активно исследуются возможности добавления различных веществ к карбамиду для увеличения питательных свойств, стимулирования роста растений, а также и к улучшению различных физических свойств полученных удобрений: растворимости, прочности и т. д. В результате проведенного эксперимента учеными из республики Узбекистан были исследованы свойства карбамида и смеси мочевины с сульфатом аммония.

Технология эксперимента заключалась в следующем:

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

- карбамид марки А плавил в металлической чашке на электроплитке;

- в полученный расплав при температуре 135-140 °С добавляли порошок сульфата аммония размером не более 0,1 мм, при этом массовое соотношение $(\text{NH}_2)_2\text{CO}:(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ составляло от 100:2,5 до 100:50;

- полученный плав выдерживали в течение 1-2 минут при постоянном перемешивании до достижения однородного состояния;

- переливали плав в гранулятор с отверстиями диаметром 1,0 мм, а после этого проводился анализ растворимости и прочности полученных гранул удобрений [3].

Из данных таблицы 1 можно сделать вывод, что путем смешения сульфата аммония с плавом карбамида получены гранулированные удобрения, содержащие от 37,83% до 45,56% азота и от 0,56% до 8,03% серы. Также можно заметить, что с увеличением количества сульфата аммония увеличивается прочность гранул продукта: 100:2,5 - 3,38 МПа; 100:5 - 3,69 МПа; 100:10 - 4,13 МПа; 100:50 - 4,80 МПа.

Таблица 1. Состав сульфатсодержащего гранулированного карбамида

Массовое соотношение $(\text{NH}_2)_2\text{CO}:(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	N, %	S, %	SO ₃ , %	Свободный H ₂ SO ₄ , %	Свободный NH ₃ , %	Биурет, %	Влага, %
(NH ₂) ₂ CO	46,20	-	-	-	0,029	1,40	0,16
(NH ₄) ₂ SO ₄	21,17	24,20	60,49	0,028	-	-	0,19
100 : 2,5	45,56	0,56	1,47	0,001	0,028	1,35	0,18
100 : 5	44,98	1,13	2,84	0,002	0,027	1,33	0,17
100 : 10	43,89	2,18	5,47	0,003	0,026	1,29	0,16
100 : 15	42,91	3,12	7,88	0,004	0,025	1,25	0,16
100 : 20	41,97	4,01	9,98	0,005	0,024	1,21	0,15
100 : 30	40,39	5,52	13,95	0,007	0,022	1,19	0,15
100 : 40	39,11	6,88	17,05	0,008	0,021	1,16	0,14
100 : 50	37,83	8,03	20,15	0,009	0,019	1,13	0,13

**Перспективные направления развития экологии и
химической технологии**

Пористость гранул чистого $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ составила 5,75%. Из таблицы 2 можно увидеть, что добавление мелких фракций сульфата аммония в плавы $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ приводит к снижению пористости и внутренней удельной поверхности гранул продукта. Таким образом, при изменении массового соотношения $(\text{NH}_2)_2\text{CO} : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ от 100:2,5 до 100:50 пористость гранул карбамида снижается с 5,75% до 4,25%.

Таблица 2. Свойства сульфатсодержащего гранулированного карбамида

Массовое соотношение $(\text{NH}_2)_2\text{CO} : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	Скорость растворения гранул в воде, сек./гранул	Прочность гранул, Мпа	pH 10%-го раствора	Температура кристаллизации, °С	Гигроскопическая точка, %	Пористость, %
$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$	92,4	2,53	8,02	128	58,4	5,75
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	-	-	5,71	235	70,2	-
100 : 2,5	104,0	3,38	6,02	124,8	56,7	5,52
100 : 5	107,8	3,69	5,98	122,6	55,9	5,39
100 : 10	113,0	4,13	5,56	121,9	55,4	5,10
100 : 15	115,2	4,29	5,23	120,4	54,7	4,95
100 : 20	119,4	4,41	4,94	119,5	54,1	4,82
100 : 30	125,6	4,64	4,72	118,1	53,6	4,65
100 : 40	131,4	4,72	4,52	117,3	52,8	4,42
100 : 50	134,6	4,80	4,49	115,7	52,3	4,25

Растворимость гранул карбамида в воде непосредственно влияет на скорость высвобождения азота из удобрения в почву. Как известно, чем меньше значение растворимости, тем дольше продолжается процесс распада азота. Исследования показывают, что в случае полного растворения производственной гранулы карбамида $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ уходит в среднем 92,4 секунды. Однако, если добавить порошок сульфата аммония в состав карбамида в количестве от 2,5 до 50 г на 100 г продукта, время растворения гранул значительно увеличится - до 134,6 секунды. Таким образом, можно сделать вывод о том, что добавление

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

сульфата аммония влияет на скорость растворения гранул карбамида [3].

Необходимо отметить, что применение смесей из карбамида и сульфата аммония в удобрениях требует точного расчета дозировки и соотношения компонентов, а также учета типа почвы и условий выращивания растений. Важно помнить, что при неправильном использовании данное удобрение может быть опасным и оказывать негативное влияние на окружающую среду [4].

Однако, использование смеси из карбамида и сульфата аммония является эффективным способом улучшения качества и повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Согласно проведенным исследованиям, оптимальное массовое соотношение между карбамидом и сульфатом аммония составляет $(\text{NH}_2)_2\text{CO}:(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 100:(10 - 20)$. При таком соотношении содержание азота в карбамиде составляет от 43,33% до 40,53%, а серы – от 4,33% до 8,09%. Прочность гранул удобрения также увеличивается с 2,53 МПа до 4,41 МПа, а растворимость возрастает с 92,4 до 119,4 секунд, что позволяет сократить потери азота при внесении удобрения в почву.

Перечень ссылок

1. Рынок карбамида (мочевины) в России. Текущая ситуация и прогноз 2022-2026 гг./ Alto Consulting Group – Пермь: 2022. – 186 с.
2. Сергеев, Ю. А. Карбамид. Свойства, производство, применение. Монография / Ю. А. Сергеев, Н. М. Кузнецов, А. В. Чирков. – Нижний Новгород: Кварц, 2015. – 544 с.
3. Усанбаев, Н. Х. Получение и изучение свойств сульфатсодержащего карбамида на основе сульфата аммония и плава карбамида / Н. Х. Усанбаев, Ш. С. Намазов, А. А. у. Сайдуллаев, Б. О. Нуьмонов // Химическая промышленность сегодня. – 2023. - № 4. – с. 58-65.
4. Каримова, Д. В. Производство карбамида как объект бережливой технологии / Д. В. Каримова, Ю. Г. Кирсанов // Весенние дни науки ВШЭМ: Сборник докладов международной конференции студентов и молодых ученых, Екатеринбург, 17–19 апреля 2019 года. – Екатеринбург: Издательство УМЦ УПИ, 2019. – с. 133-135.

УДК 504.064.47: 662.8.053.3

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИРОДООХРАННОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В КОКСОХИМИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

Е.И. Волкова

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

***Аннотация.** В статье проанализированы направления в организации природоохранной деятельности в коксохимическом производстве. Выполнены анализ степени загрязнения сточных вод коксохимического предприятия «Макеевский коксохимический завод»*

***Annotation.** The article analyzes the directions in the organization of environmental protection activities in the coke chemical industry. The analysis of the degree of wastewater pollution of the coke chemical enterprise "Makeyevsky Coke Chemical Plant" was performed*

***Ключевые слова:** инженерная защита, окружающая среда, экологический ущерб, сточные воды*

***Key words:** engineering protection, environment, environmental damage, waste water*

Инженерная защита окружающей среды представляет собой совокупность научных и инженерных принципов по улучшению природной среды, обеспечивающих чистую воду, воздух и землю для обитания человека и других организмов. Предусматривается целый комплекс природоохранных мероприятий, таких как сооружение очистных сооружений с высокой эффективностью очистки; установка фильтров с максимальной задержкой вредных пылевидных выбросов на промышленных предприятиях; обустройство защитных лесонасаждений вокруг экологически опасных производств; внедрение в производствах ресурсосберегающих технологий; внедрение передовых методов повторного использования отходов в промышленных производствах.

Инженеры-экологи осуществляют разработку, проектирование, наладку, эксплуатацию и совершенствование природоохранной техники и технологии, организуют природоохранную работу на предприятиях и территориально-промышленных комплексах, проводят экспертизу проектов, технологий и производств, осуществляют сертификацию продукции.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Система экологической безопасности имеет многоуровневый характер. Основная цель экологической безопасности состоит в достижении устойчивого развития с созданием благоприятной среды обитания и комфортных условий для жизнедеятельности и воспроизводства населения, обеспечения охраны природных ресурсов и биоразнообразия, предотвращения техногенных аварий и катастроф.

Достижение поставленной цели предполагает комплексное, системное и целенаправленное решение следующих задач:

– обеспечение экологической безопасности в регионе, на урбанизированных территориях (рис. 1):



Рисунок 1 – Принципиальная схема обеспечения экологической безопасности урбанизированных территорий региона

– совершенствование инструментов реализации экологической политики: законодательных, административно-управленческих, образовательно-просветительских технических, технологических;

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

– создание и эффективное функционирование системы управления экологической безопасностью и охраной окружающей среды города.

В ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет» на технических факультетах существуют программы инженерной защиты окружающей среды, как на кафедрах горного направления, так и на кафедрах химических технологий. Инженеры-химики фокусируют своё внимание на «химической» стороне защиты окружающей среды, основанной на химических технологиях очистки воды и воздуха. Будущие инженеры получают специализированную подготовку в области права и используют свои технические экспертные знания по применению законов по защите окружающей среды.

Учебные планы подготовки инженеров-технологов по направлению 18.03.01 «Химическая технология» включают такие дисциплины обязательной части Блока 1 как «Безопасность жизнедеятельности», «Введение в специальность», «Системы управления и контроля технологическими процессами», «Перспективы химической технологии», «Экология», «Ресурсосбережение». Рабочие программы перечисленных дисциплин предусматривают изучение вопросов, непосредственно связанных со становлением инженерных принципов по охране и улучшению природной среды, а именно: энергетика и экономика химического производства, принципы его размещения и организации, химическая технология и экология, перспективные направления развития химической технологии; основные направления развития нанохимии и нанотехнологий.

Будущие специалисты получают необходимый объем комплексных знаний, позволяющий сформировать базовую основу для дальнейшей профессиональной деятельности в качестве инженеров химиков-технологов широкого профиля. Выпускники технического ВУЗа могут производить квалифицированную оценку воздействия на окружающую среду как планируемой, так и уже осуществляемой деятельности человека, давать аргументированную оценку экологического ущерба и рисков, а также принимать экологически грамотные управленческие решения для минимизации наносимого ущерба окружающей среде.

Базовые знания, заложенные при изучении экономики природопользования, дают возможность изучить социально-экономические отношения, возникающие по поводу добычи, переработки, потребления и использования природных ресурсов в производственной и непроизводственной деятельности человека.

Задачами экономики природопользования являются:

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

- определение экономического ущерба, наносимого экономике страны в результате нерационального природопользования, и величины затрат, необходимых для ликвидации его последствий;
- оценка эффективности природоохранных затрат и выбор наиболее эффективных вариантов природоохранной деятельности и использования природных ресурсов;
- разработка экономических методов управления природоохранной деятельностью, материального стимулирования охраны окружающей среды;
- выбор правильной экономической оценки природных ресурсов.

В современном обществе складывается весьма неблагоприятная экологическая ситуация, требующая незамедлительного решения проблем охраны окружающей среды, возникающих в результате все ускоряющегося экономического развития общества; воздействия развития мирового сообщества на состояние глобальной экологической ситуации.

Основными причинами загрязнения, истощения и разрушения природной среды, обусловленных антропогенной деятельностью человека, являются:

- 1) крайне ограниченные возможности природной среды по очистке и переработке антропогенных отходов;
- 2) истощение запасов полезных ископаемых, используемых человеком, что вызывает необходимость изыскания альтернативных источников энергии и некоторых материалов;
- 3) наработка огромного количества неперерабатываемых отходов производств, загрязняющих окружающую среду.

Потребление воды человеком в сотни раз превышает потребление всех остальных видов природных ресурсов. Рост потребления вызывает истощение запасов пресных вод. И хотя вода покрывает свыше 70% поверхности Земли и относится к возобновляемым ресурсам, она становится все более дефицитным природным продуктом.

Сточные воды, содержащие производственные отходы, подлежат очистке до уровня безопасности, предусмотренного рядом нормативных документов.

В работе выполнен анализ степени загрязнения сточных вод ЗАО «Макеевский коксохимический завод», крупнейшего коксохимического предприятия в Донецкой области по производству шихты угольной, кокса доменного и химической продукции на основе технологии термической переработки углей.

Суммарный показатель химического загрязнения вод (ПХЗ-10) был рассчитан по 10 соединениям, максимально превышающим ПДК:

**Перспективные направления развития экологии и
химической технологии**

$$ПХЗ - 10 = \left(\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_{10}}{ПДК_{10}} \right)$$

где C_i – концентрация химического вещества в воде;

ПДК – рыбохозяйственные нормы.

Заключение о степени неблагоприятия быть сделано на основе основных показателей (Табл.1).

Таблица 1 – Критерии оценки степени химического загрязнения сточных вод

Показатели	Параметры		Относительно удовлетворительное состояние
	экологическое бедствие	чрезвычайная экологическая ситуация	
Химические вещества, ПДК, класс опасности			
1-2	более 10	5-10	менее 5
3-4	более 100	50-100	менее 50
ПХЗ-10, класс опасности			
1-2	более 80	35-100	менее 35
3-4	более 500	500	менее 500

Расчет суммарного химического загрязнения вод и оценка экологического состояния воды в р. Кальмиус вели по показателям концентрации химических веществ в воде, мг/л, приведенных в таблице 2.

Результаты расчета, проведенного по 10 соединениям (см. табл. 2), показали следующее:

$$ПХЗ - 10 = \frac{0,241}{0,02} + \frac{7,93}{0,40} + \frac{1,12}{0,2} + \frac{0,007}{0,001} + \frac{0,048}{0,01} + \frac{0,54}{10^{-5}} + \frac{0,02}{0,01} + \frac{0,003}{0,001} + \frac{0,33}{0,05} + \frac{1,12}{0,1} = 54072$$

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Таблица 2 – Концентрация химических веществ в воде

Наименование	Класс опасности	Концентрация, мг/л	ПДК, мг/л
Азот нитритов	4	0,241	0,02
Азот аммония	3	7,93	0,40
Фосфаты	3	1,120	0,20
Медь	3	0,007	0,001
Цинк	3	0,048	0,01
H ₂ S	1	0,54	10 ⁻⁵
Никель	3	0,020	0,01
Фенолы	4	0,003	0,001
Нефтепродукты	4	0,33	0,05
Железо	4	1,12	0,1

По данным расчетов экологическое состояние воды в р. Кальмиус на исследованном участке следует отнести к зоне экологического бедствия.

По результатам проведенной работы следует указать экологической службе ЗАО «Макеевский коксохимический завод» на необходимость усиления контроля за комплексными показателями химического загрязнения сточных вод предприятия и на необходимость разработки мер по устранению причин загрязнения воды в р. Кальмиус.

Перечень ссылок

1. Довготько Н.А. Проблемы совершенствования экономического механизма природопользования в условиях постиндустриальной трансформации экономики / Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. -2013. -Т. 35.- № 1. -С. 84-89. 7. Pagiola.S., Ritter K. von, Bishop J. Assessing the Economic Value of Ecosystem Conservation. World Bank, 2004.

2. Государственный доклад « О состоянии и об охране окружающей среды Российской федерации в 2011 году [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=75>.

3. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности : межгосударственный стандарт : дата введения 1977-01-01. - Москва : Издательство стандартов, 2007. – 7 с. - Текст : непосредственный.

4. Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей. Изд. 7-е, пер. и доп. В трех томах. – Под ред. засл. деят. науки проф. Н. В. Лазарева и докт. мед. наук Э. Н. Левиной. – Л., «Химия», 1976.

УДК 504.06

**ИННОВАЦИИ В ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ
СНИЖЕНИЯ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА
ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

Д.В. Витковский ¹⁾, М.В. Графкина ²⁾
ООО «Российские очистные сооружения», г. Люберцы¹⁾
Московский политехнический университет, г. Москва²⁾

***Аннотация.** Существующая система очистки сточных вод поселений требует реконструкции. Актуальные требования к нормированию сточных вод, установлены исходя из технологических показателей наилучших доступных технологий. Проведен анализ наилучших доступных технологий, выбраны инновационные решения и разработана технология очистки сточных вод, обеспечивающая необходимые нормативы качества воды.*

***Ключевые слова:** технология очистки сточных вод, наилучшие доступные технологии, нормативы качества воды.*

***Annotation.** The existing wastewater treatment system of settlements requires reconstruction. Current requirements for wastewater rationing are established based on the technological indicators of the best available technologies. The analysis of the best available technologies was carried out, innovative solutions were selected and a wastewater treatment technology was developed that provides the necessary water quality standards.*

***Keywords:** wastewater treatment technology, the best available technologies, water quality standards*

В результате хозяйственной деятельности образуются сточные воды, которые оказывают негативное воздействие на окружающую среду. По данным статистического бюллетеня Федеральной службы государственной статистики в 2022 г. в поверхностные водоемы было сброшено 36,2 млрд м³ сточных вод, загрязненных тяжелыми металлами, сульфатами, хлоридами, фенолом, ртутью и ее соединениями др. [1]. Для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод в инфраструктуре поселений и городских округов предусмотрены очистные сооружения. По данным Парламентской газеты (от 30.01.2023) большинство российских очистных сооружений построены в 60-70-х годах XX века, имеют в некоторых регионах износ до 80 процентов и нуждаются в реконструкции и модернизации. В настоящее

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

время при проектировании новых очистных сооружений устанавливаются требования к нормированию состава и свойств сточных вод, исходя из технологических показателей наилучших доступных технологий (НДТ).

Цель данного исследования разработать инновационную технологию очистки хозяйственно-бытовых сточных вод с учетом рекомендаций по НДТ для снижения негативного воздействия на окружающую среду, для малых очистных сооружений (производительностью от 101 до 1000 м³ в сутки) IV категории по мощности (в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 15 сентября 2020 г. № 1430). Задачи работы:

- анализ НДТ и выбор инновационных решений для разработки технологии;
- разработка технологии очистки хозяйственно-бытовых сточных вод;
- исследование состава сточных вод на выходе из системы очистки.

При проведении исследований использовались методы анализа и синтеза, сравнения, моделирования, проведения эксперимента.

В результате анализа НДТ для малых очистных сооружений выбраны технологии:

1. Модифицированный процесс Лудзака–Эттингера (МЛЭ), также называемый предвключенной денитрификацией;
2. Процесс А2/О (Анаэробик–Аноксик–Оксик);
3. Процесс Кейптаунского университета (УСТ).

Установлены преимущества и недостатки этих технологий. На основе структурного синтеза разработана технология очистки хозяйственно-бытовых сточных вод, включающая в себя очистку воды на последовательно соединенных сооружениях (приемника стока, первичного отстойника, аэротенка, вторичного отстойника, блоков фильтрации, включающего в себя блок биологических фильтров и блок мелко сорбционных фильтров). На каждом этапе очистки применены инновационные решения, позволяющие снизить негативное воздействие на окружающую среду. Например, в приемнике стоков, где происходит отсечение песка и биологически не разлагаемого мусора происходит дополнительная аэрация для предотвращения неприятного запаха. А в блоке биологических фильтров для поддержания жизни аэробной биологической пленки снизу блок-фильтра устанавливается мелкопузырчатый аэратор, работающий в постоянном режиме. Общая технологическая схема очистки представлена на рис. 1.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

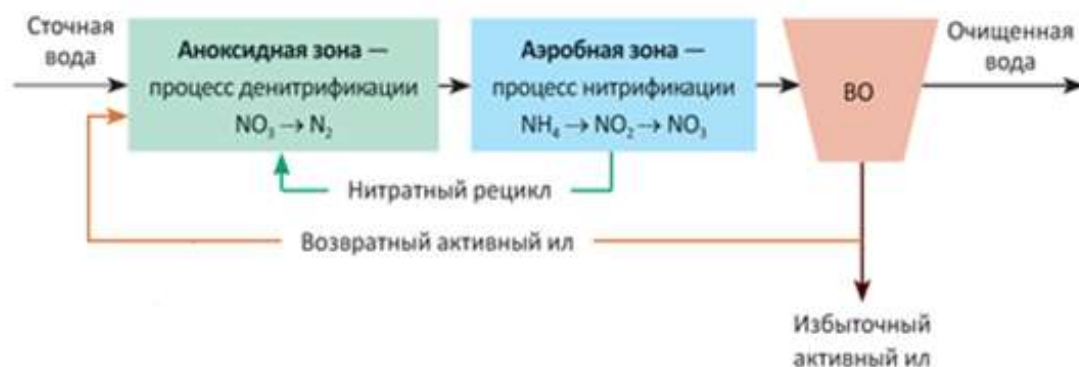


Рисунок 1 Технологическая схема очистки, где ВО – вторичный отстойник

С целью снижения негативного воздействия на окружающую среду, вызванную необходимостью утилизации, образующегося значительного количества органического осадка (ила и шлама), в предлагаемой технологии предусмотрен механизированный способ обезвоживания осадка. Использование механизированного способа обезвоживания осадка исключает необходимость сооружения иловых площадок. В случае реконструкции очистных сооружений хозяйственно-бытовых сточных вод, где есть иловые площадки предлагается сооружение на их месте биологических прудов, где будет происходить глубокая доочистка сточных вод методом фитоочистки.

Для проверки состава сточных вод при использовании разработанной технологии был проведен расчетный эксперимент по определению концентрации некоторых загрязняющих веществ в сточных водах после очистки, полученные результаты удовлетворяют требованиям по рыбохозяйственным водоемам. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1. - Показатели загрязняющих веществ до и после очистки

Наименование показателя	Значение показателя в натуральной пробе	Значение показателя на выходе	ПДК загрязняющих веществ
Взвешенные вещества, мг/дм ³	300	0,25	0,25
БПК ₅ , мг/дм ³	300	2,0	2,1
ХПК, мг/дм ³	500	1,5	-
Нитраты, мг/дм ³	40	9,0	40
Нитриты, мг/дм ³	0,8	0,02	0,08
Азот общий, мг/дм ³	50	30	45

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Фосфор общий, мг/дм ³	12	0,00001	0,00001
Нефтепродукты, мг/дм ³	10	0,05	0,05
Фенолы, мг/дм ³	5	0,003	0,001
Сульфаты, мг/дм ³	1000	0,2	100
Хлориды, мг/дм ³	1000	300	300
Алюминий, мг/дм ³	5	0,0327	0,04
Железо, мг/дм ³	5	0,1	0,1
Марганец, мг/дм ³	1	0,01	0,01
Медь, мг/дм ³	1	0,001	0,001
Цинк, мг/дм ³	1	0,001	0,01
Хром общий, мг/дм ³	0,5	0,07	0,07
Хром шестивалентный,	0,05	0,01	0,02
Водородный показатель	6 - 9	6,5-8,5	6,5-8,5

Разработанная технология используется для работы в автоматическом режиме и обеспечивает гарантированную степень очистки для сброса очищенных стоков в водные объекты. Технология прошла апробацию для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод в Можайском районе, деревня Шохово, в районе реки Евлянка.



а)

б)

Рисунок 2 Станции очистки сточных вод на основе
разработанной технологии

а) р-н Можайский, деревня Шохово;

б) р-н Рузский, поселок пансионата Полушкино.

Таким образом, на основе анализа наилучших доступных технологий разработана технология очистки хозяйственно-бытовых сточных вод для малых очистных сооружений, включающая в себя инновации для снижения негативного воздействия на окружающую среду и обеспечивающая очистку стоков, соответствующую установленным нормативам предельно допустимых концентраций

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Технология прошла апробацию на очистных сооружениях

Перечень ссылок

1. Основные показатели охраны окружающей среды: Статистический бюллетень / Федеральная служба государственной статистики. – Москва, 2023. – 105 с. https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/oxr_bul_2023.pdf

2. Гарапшин Д.Д., Федоров Г.Ю. Очистка сточных вод с использованием биологических фильтров // Вестник магистратуры. 2016. №1-1 (52). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ochistka-stochnyh-vod-s-ispolzovaniem-biologicheskikh-filtrov> (дата обращения: 15.04.2024).

3. Максимов Сергей Павлович, Алексеев Иван Андреевич Обзор методов биологической очистки сточных вод // Технические науки – от теории к практике. 2014. №41. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-metodov-biologicheskoy-ochistki-stochnyh-vod> (дата обращения: 15.04.2024).

4. Вертинский А.П. Современные методы очистки сточных вод: особенности применения и проблематика // Инновации и инвестиции. 2019. №1.-С.175-181 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-metody-ochistki-stochnyh-vod-osobennosti-primeneniya-i-problematika> (дата обращения: 17.04.2024).

5. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям (ИТС10-2019). Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов. - Москва: Бюро НДТ.- 2019. 416с.

УДК 669.712

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УТИЛИЗАЦИИ
ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ**

Ю.Н. Ганнова, С.В. Горбатко, А.В. Вержаковский, В.В. Моряков
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,
г. Донецк, ДНР

***Аннотация.** Разработана принципиальная новая схема карбонизации алюминатных растворов. Показано, что для реализации процесса на первой стадии карбонизации необходимо получение в качестве промежуточного вещества плохо растворимого гидроалюмокарбоната натрия, затем его превращение в гидроксид алюминия в реакции с раствором алюмината натрия*

***Annotation.** A principal new scheme of carbonization of aluminate solutions has been developed. It is shown that for realization of the process at the first stage of carbonization it is necessary to obtain poorly soluble sodium aluminate as an intermediate substance, then its transformation into aluminum hydroxide in reaction with sodium aluminate solution*

***Ключевые слова:** алюминат натрия, карбонизация, гидроалюмокарбонат натрия, гидроксид алюминия, глинозем, кальцинация*

***Keywords:** sodium aluminate, carbonization, sodium hydroaluminate, aluminum hydroxide, alumina, calcination*

Современный период промышленного развития знаменуется возрастающей ролью алюминия в технике и производстве. Его значение настолько велико, а применение настолько обширно, что алюминий не без оснований назвали в прошлом столетии "металлом XX века".

Основным сырьём для получения алюминия является глинозём. Глинозёмное производство – крупный потребитель природных сырьевых ресурсов (бокситов, нефелинов, известняков, алунитов и др.) [1].

В настоящее время получение глинозёма по щелочному процессу Байера является основным методом, по которому работают предприятия глинозёмной промышленности. В связи с истощением богатых глинозёмом месторождений боксита и вовлечением в производство более бедных бокситов, доля способа Байера в производстве глинозёма снижается и возрастает доля способа

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

бесщелочного спекания алюминийсодержащих пород с известняком [2].

Извлечение глинозема из алюминатных растворов натрия, образующихся в методе бесщелочного спекания, взаимодействием их с диоксидом углерода является одной из самых сложных стадий в технологии, так как зависит от большого числа физико-химических факторов. Вследствие этого получаемый глинозем загрязняется соединениями натрия. Основной причиной загрязнения является образование при карбонизации алюминатных растворов гидроалюмокарбоната натрия (ГАКН) – $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_2\text{CO}_3] \cdot n \text{H}_2\text{O}$ [3]. Считается, что данное соединение является примесным и образуется параллельно образованию основного продукта $\text{Al}(\text{OH})_3$. Поэтому в действующей технологии предпринимаются многочисленные трудоемкие мероприятия чтобы в процессе карбонизации алюминатных растворов предотвратить протекание параллельной реакции образования ГАКН, но, тем не менее, загрязнение происходит. Вместе с тем, из теории комплексообразования следует, что $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_2\text{CO}_3] \cdot n \text{H}_2\text{O}$ должен образовываться при взаимодействии алюминатных растворов с диоксидом углерода как первичное промежуточное соединение, из которого при дальнейших превращениях получается целевой продукт. Если это так, то организация технологического процесса карбонизации алюминатных растворов должна претерпеть существенные изменения.

Целью исследования является подтверждение нового механизма получения гидроксида алюминия из растворов алюмината натрия в процессе их карбонизации.

Проанализировав ряд технологических схем производства глинозёма, можно сделать вывод относительно сырьевого материала и способа его переработки.

По схеме Байера перерабатывают малокремнеземистые бокситы с кремневым модулем не ниже 7-8, получая наиболее дешёвый глинозём высокого качества. Способ не применим для получения глинозёма из техногенных отходов, которые в основном являются высококремнеземистыми.

Кислотные способы требуют применения дорогой кислотоустойчивой аппаратуры. Кроме того, с экологической точки зрения способы являются «грязными», так как кислоты и продукты их разложения – токсичные вещества. Образующийся шлам кремнезёма содержит значительное количество кислоты, что приводит к загрязнению окружающей среды. При его отмывке образуется большое количество сточных кислых вод, а нейтрализация не даёт эффекта,

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

поскольку большинство солей азотной, серной или соляной кислот достаточно хорошо растворимы и представляют угрозу для почвы, подземных вод и водоёмов. Большую проблему представляет регенерация кислот с целью возвращения их в производственный цикл.

Универсальным является метод спекания, по которому возможна переработка как щелочного, так и бесщелочного сырья, а также кремнеземсодержащих бокситов.

Исходя из наличия огромного количества отходов угледобывающей, металлургической и горнодобывающей промышленности, для анализа выбран метод спекания бесщелочного сырья, представляющего техногенные отходы, с известняком.

Технология переработки техногенных отходов методом спекания позволяет практически полностью утилизировать отходы с получением глинозема, цемента. Технологическая схема представлена на рисунке 1.



Рисунок 1. Технологическая схема производства глинозёма методом бесщелочного сырья с известняком

Технология производства глинозёма (Al_2O_3) из отходов горнодобывающих предприятий включает следующие основные стадии:

1 – спекание сырья с известняком ($CaCO_3$) с образованием алюмокальциевых соединений;

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

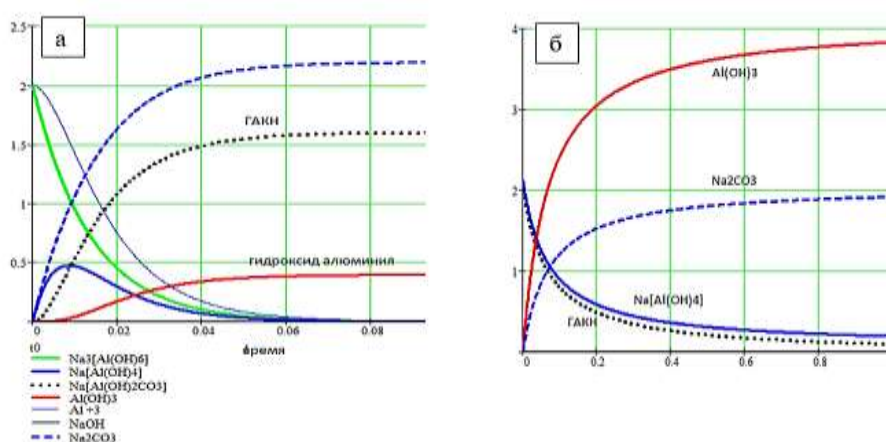
2 – выщелачивание спеков содовым раствором с получением раствора алюмината натрия;

3 – осаждение алюминия в виде гидроксидов;

4 – прокаливание продуктов с образованием глинозёма.

При решении задач исследования использовались методы спектрального анализа, метод определения содержания углекислого газа, метод дифференциально-термического анализа. Данные методы использовались для определения полноты протекания реакции гидроалюмокарбоната натрия с раствором алюмината натрия.

На рисунке 2 приведена кинетика протекания реакции гидроалюмокарбоната натрия с алюминатным раствором.



а – кинетические кривые образования ГАКН при карбонизации алюминатного раствора; б – взаимодействие ГАКН с алюминатным раствором с образованием $\text{Al}(\text{OH})_3$

Рисунок 2. Кинетика протекания реакции гидроалюмокарбоната натрия с алюминатным раствором

Процесс взаимодействия происходит с небольшой скоростью. Исходя из рисунка 2а осадок преимущественно выпадет ГАКН с примесью $\text{Al}(\text{OH})_3$, а раствор будет насыщаться содой Na_2CO_3 .

Как следует из рисунка 2.б образование $\text{Al}(\text{OH})_3$ должно протекать пропорционально количеству образовавшейся в растворе соды. Данный факт полностью подтверждается экспериментом.

На рисунке 3. представлена экспериментальная зависимость количества образовавшейся в растворе соды при взаимодействии ГАКН с алюминатным раствором. Видно, что количество образующейся соды прямо пропорционально массе взятого ГАКН, то есть имеет место полное превращение ГАКН в гидроксид алюминия.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

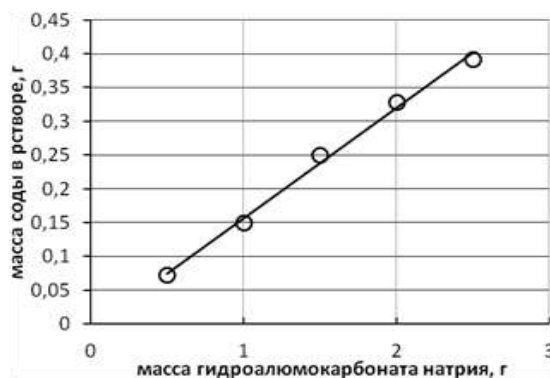


Рисунок 3. Зависимость массы образующейся соды при взаимодействии гидроалюмокарбоната натрия с алюминатным раствором. Объем раствора 25 см³

Методами ИК-спектроскопии, термического и химического анализа установлено, $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_2\text{CO}_3]$ взаимодействует с раствором алюмината натрия по схеме:



Увеличению скорости процесса способствуют: повышение температуры, увеличение времени контакта ГАКН с раствором алюмината натрия, увеличение концентрации алюминатного раствора, перемешивание системы. Одним из наиболее важных факторов процесса является массовое соотношение алюминатного раствора и ГАКН – чем меньше масса ГАКН и больше объем раствора, тем больше выход гидроксида алюминия и его чистота.

Выводы

Установлено, что для реализации процесса выделения глинозема из алюминатных растворов в существующей производственной схеме метода бесщелочного спекания сырья должны быть включены следующие три стадии: первая стадия - разделение алюминатного раствора на две части; вторая – карбонизация части раствора с образованием гидроалюмокарбоната натрия; третья - взаимодействие гидроалюмокарбоната натрия с алюминатным раствором.

Перечень ссылок

1. Лайнер, А. И. Производство глинозёма / А. И. Лайнер, Н. И. Ерёмин, Ю. А. Лайнер. – М.: Металлургия, 1978. – 420 с.
2. Клименко, А. А. О возможности получения глинозёма из отходов угле- и горнодобывающей промышленности методом спекания бесщелочного сырья с известняком / В.Н. Вечерко, Л.И. Кукоба, В.В. Шаповалов, В.И. Ванин // Научные труды ДонНТУ, 2012 – 157 с.
3. Липин, В.А. Способ переработки алюминийсодержащего сырья/ Липин В.А., Шмаргуненко А.Н., Беликов Е.А., Кузнецов А.А., Лазарев В.Г., Макаров С.Н 14.11.2000 (43). Дата публикации заявки: 27.09.2002 (45). Опубликовано: 27.01.2003.

УДК 004.8

**ЭКО-ТЕХНОЛОГИИ НА БАЗЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
И ИХ РОЛЬ В ДОСТИЖЕНИИ УСТОЙЧИВОГО
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ**

Е.С. Давыдов, А.А. Холодова, Т.С. Попова
ФГАОУ ВО «Волгодонский инженерно-технический институт НИЯУ
МИФИ»
г. Волгодонск, Ростовская область

***Аннотация.** Бережное отношение к природе всё чаще появляется в повестке дня отдельных фирм и целых государств. В достижении устойчивого экологического развития использование ИИ может сыграть значимую роль. В статье на примере «эко-технологии» робот-дворник рассмотрено, каким образом возможности нейронных сетей помогают решать экологические проблемы.*

***Annotation.** Taking care of nature is increasingly appearing on the agenda of individual firms and entire nations. The use of AI can play a significant role in achieving sustainable environmental development. In the article the example of "eco-technology" robot-janitor is considered how the capabilities of neural networks help to solve environmental problems.*

***Ключевые слова:** экоинициативы, устойчивое экологическое развитие, робот-дворник, искусственный интеллект*

***Keywords:** eco-initiatives, sustainable environmental development, robot janitor, artificial intelligence*

В век бурного развития различных отраслей народного хозяйства остро стоит вопрос экологической безопасности. Всё более возрастает интерес к бережному отношению к окружающей среде, снижению количества биогенных рисков и сокращению степени их пагубного влияния.[1] В современном мире вопросы экологии стоят очень остро. Человечество пытается разрабатывать и внедрять новые экоинициативы, пытаясь улучшить состояние планеты. Исключением не стала и Российская Федерация. В целях улучшения экологической обстановки и повышения качества здоровья граждан нашей страны пятый год успешно реализуются положения нацпроекта «Экология».

Нарастающий повсеместно интерес к данному направлению во многом обоснован не только тем, что глобализация и ее неперенные спутники техногенность и безудержный рост потребления угрожают планете, но и тем, что опасности стоят уже перед самим человечеством,

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

популяцией людей. Так, к примеру, загрязнение в населенных пунктах вызывает появление новых вирусов и болезней, устойчивых к существующим противомикробным препаратам; утончение озонового слоя, связанное с использованием химикатов, содержащих хлор и бром, увеличивает дозу ультрафиолетового излучения, вследствие чего возрастает количество онкозаболеваний.

Как ни странно, но многие люди до сих пор не изменили свое сознание и считают, что экологические проблемы не столь глобальны, как их описывают, что на их век хватит и пригодной для потребления пресной воды, и чистого атмосферного воздуха, и биоразнообразия. Хотелось бы отметить, что понятие экологического просвещения в России закреплено в нескольких официальных документах: ФГОС, Федеральный закон «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ, Распоряжение Правительства от 2012 года «Основы государственной политики в области экологического развития РФ на период до 2030 год». Но все нормы носят скорее рекомендательный характер, поэтому у нас пока еще не сложилась устойчивая практика экообразования. Сейчас школы могут вводить курс экологии по своему усмотрению, но зачастую вопросы, затрагивающие эту важную тему, освещаются фрагментарно в рамках окружающего мира или биологии. Впрочем, и общественный запрос на экологическое образование и соответствующее ему экологическое поведение пока остается на низком уровне.

Города сильно загрязнены, что влечет немало отрицательных последствий. По данным РОСГИДРОМЕТ самыми загрязненными стали такие города как Чита (1107 тыс. чел.), Омск (1154 тыс. чел.), Брянск (373 тыс. чел.), Архангельск (303 тыс. чел.), Саратов (940 тыс. чел.) и Мурманск (267 тыс. чел.). [2] Численность и плотность населения в них достаточно велика, и пренебрежение экоинициативами может даже вызвать новую пандемию.

Проблема чрезмерного количества мусора в российских городах вызвана не только ростом численности населения, но в том числе и недостатком кадров (в чьи обязанности входит уборка территорий) в местных ЖКХ. Этому способствует непопулярность такой профессии, как дворник, и низкая заработная плата у данной категории работников. Так, средняя зарплата дворника в России в 2023 году составила 21834 рубля. Все это привело к дефициту кадров данной профессии. В 2023 году численность дворников на всю Россию составила всего лишь 31 тыс. Чел. [3]

Живя в эпоху цифровых решений и технологий, человек пытается заменить наименее популярные профессии, характеризующиеся

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

рутинной работой, искусственным интеллектом. Работа дворником без сомнений попадает в эту категорию.

В 2023 году в Москве был протестирован робот-дворник «Пиксель» на площади ВДНХ, а уже в 2024 году партия данных роботов успешно работает в столице. Они оборудованы сменным оборудованием для работы в разных условиях, что позволяет им работать как в солнечную погоду, так и во время снегопадов. [4]

Несомненно, использование роботов при осуществлении такой, казалось бы, простой работы, как уборка улиц, является прорывом в данном направлении, но несмотря на большое количество преимуществ, стоит отметить и недостатки. Во-первых, данные роботы не являются полноценными автономными единицами и так или иначе управляются операторами (один оператор управляет деятельностью сразу нескольких «беспилотных» роботов), во-вторых, это, можно сказать, «робот-пылесос», который предназначен лишь для того, чтобы подметать тротуары и не способен работать с более габаритным мусором, а, в-третьих, колесная база данного робота не позволяет ему проходить неровные участки поверхности, например, действовать вне асфальтированного покрытия.

Мы предлагаем следующие идеи, которые на наш взгляд позволят усовершенствовать данные технологические решения:

1) Оснастить робота искусственным интеллектом, позволяющим действовать полностью автономно и анализировать данные о более загрязненных участках местности, проводя на них более частую уборку;

2) Изготовить партию роботов, оснащенных своеобразными клещами, позволяющими захватывать и погружать мусор в контейнеры, которыми будут оснащены данные модели;

3) Изготовить партию роботов, оснащенных более массивной колесной базой для прохождения затрудненных участков местности и возможности уборки вне асфальтированного покрытия.

Помимо этого, учитывая, что робот будет оснащен искусственным интеллектом, это позволит ему «проводить анализ» подобранного мусора, как это уже реализовано в фандоматах, для исключения захвата клещами ненужного объекта. В перспективе ИИ наделит роботов-дворников способностью автоматической сортировки мусора.

Предполагается, что данные роботы будут иметь собственные станции для сброса мусора и подзарядки аккумуляторов, которые будут расположены в ключевых местах и улицах города на равноудаленном друг от друга расстоянии. Это уменьшит вероятность

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

полной потери заряда аккумулятора работа в процессе уборки городских территорий.

Предлагается разработать приложения, где люди, приложив фотографию, смогут указывать наиболее загрязненные участки местности, а операторы или же сами роботы, на основании полученной информации смогут редактировать свой маршрут исходя из полученных данных, что было ранее реализовано у роботов-курьеров от компании «Яндекс».

Еще одним шагом к усовершенствованию данной разработки может стать «подключение» роботов-дворников к системе «Умный город», позволяющей по городским камерам видеонаблюдения отслеживать и собирать информацию о наполняемости мусорных контейнеров, загрязненности придомовых площадок, ямах, посторонних графических изображениях и т.д. Кроме этого, данная система, начиная с 2024 года, умеет определять наиболее заснеженные участки города, аналогично указывая проблемные территории. Система «Умный город» уже положительно повлияла на состояние некоторых городов, значительно сократив расходы и время людей в сравнении с «ручной» проверкой качества уборки и уровня загрязнения.

Если говорить о возможности реализации данной разработки и внедрения ее в повседневную жизнь граждан, стоит обратиться к зарубежному опыту и рассмотреть финский аналог предложенного решения.

Так, еще в 2022 году, в Хельсинки был успешно завершен тест нового робота-уборщика «Trombia Free», использующего технологию компьютерного зрения, представляющую собой своеобразный «радар» и помогающую роботу передвигаться по городу. Сам робот является «всепогодным» и может не только подметать улицы, но и, к примеру, косить газон. Способный работать непрерывно от 4 до 17 часов (в зависимости от выбранного оператором режима), он остается экологически безопасным мусорщиком за счет электрического двигателя, потребляющего от 6 до 10 кВт, в отличие от его дизельных аналогов, потребляющих от 70 до 130 кВт.

Данный робот является полностью автономным уборщиком, в отличие от его российского аналога «Пиксель», который призван, скорее, помогать человеку в уборке, чем действовать автономно. Однако и он не лишен недостатков. Одним из них являются большие габариты и малая маневренность, позволяющая убирать лишь широкие тропинки и дороги, в чем его как раз таки и превосходит робот «Пиксель».

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

В связи с этим, опираясь на существующие отечественные наработки и заимствуя опыт других стран в данном вопросе, возможно создать «универсального уборщика» городских улиц, который сможет автономно работать вне зависимости от погодных условий и сложности поставленных перед ним задач.

Безусловно, данная разработка не сможет полностью заменить человека, скорее наоборот, создаст дополнительные рабочие места, ведь потребуются не только операторы для контроля работы данных беспилотников, но и инженеры для их технического обслуживания и модернизации. Хотелось бы верить, что с течением времени будет достигнут нужный результат в данном направлении, позволяющий полностью покрыть дефицит кадров и довести до автоматизма работу по очищению городских улиц. Все это позволит улучшить экологическое положение регионов, стран, планеты в целом благодаря своевременной уборке мусора.

Перечень ссылок

1. Попова, Т. С. Повышение экономической эффективности деятельности Волгодонского филиала ООО «ЭкоЦентр» на основе принципов экологического маркетинга / Т. С. Попова, Т. А. Залиско // Практический маркетинг. – 2023. – № 1(307). – С. 31-35. – DOI 10.24412/2071-3762-2023-1307-31-35. – EDN LSOAKL.

2. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (РОСГИДРОМЕТ) / Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации // [Электронный ресурс] / URL : <https://www.meteorf.gov.ru/product/infomaterials/90/?ysclid=lvuxd67kgq388617326>;

3. Росстат / О численности и потребности организаций в работниках по профессиональным группам // [Электронный ресурс] / URL : <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13266>;

4. Автономика / Автономный робот-уборщик // [Электронный ресурс] / URL : <https://avtonomika.msk.ru/>.

УДК 628.335

**ОЧИСТКА ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОКОВ ОТ СОЛЕЙ ТЯЖЕЛЫХ
МЕТАЛЛОВ СОВРЕМЕННЫМИ РЕАГЕНТАМИ**

С.С. Курилин, Т.Я. Пазенко, Т.А. Курилина
Сибирский федеральный университет
г. Красноярск

***Аннотация.** В статье проанализированы аспекты возможного использования современных реагентов-осадителей фирмы Plexon, это осадители металлов Plexon 3315, Plexon 2210 на основе водного раствора диметилдитиокарбомата натрия и Plexon 5020 на основе смеси полисульфидов натрия, дитионита натрия и гидроксида натрия. Данные реагенты нашли широкое применение в гальваническом производстве, образуя с тяжелыми металлами соединения, которые имеют значительно меньшую растворимость, чем соответствующие гидроксиды. В ходе эксперимента были найдены и обоснованы оптимальные дозы этих реагентов*

***Annotation.** The article analyzes aspects of the possible use of modern precipitating reagents from Plexon, these are metal precipitants Plexon 3315, Plexon 2210 based on an aqueous solution of sodium dimethyldithiocarbamate and Plexon 5020 based on a mixture of sodium polysulfides, sodium dithionite and sodium hydroxide. These reagents are widely used in electroplating production, forming compounds with heavy metals that have significantly lower solubility than the corresponding hydroxides. During the experiment, the optimal doses of these reagents were found and justified*

***Ключевые слова:** реагенты-осадители, диэтилдитиокарбамат натрия, полисульфид натрия, оптимальные дозы, металлосодержащие стоки*

***Keywords:** reagenty-osaditeli, dietilditiokarbamat natriya, poli-sul'fid natriya, optimal'nyye dozy, metallosoderzhashchiye stoki*

Научно-технический прогресс и усиление антропогенного воздействия на природную среду неизбежно приводит к обострению экологической ситуации. Одним из острых вопросов, которые сейчас стоят перед предприятиями в области экологии, является очистка промышленных стоков от солей тяжелых металлов, которые крайне опасны [1].

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

В учебной лаборатории кафедры ИСЗиС ИСИ СФУ были проведены эксперименты, где в качестве реагентов для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов применялся запатентованный продукт фирмы Plexon. Данные реагенты образуют с тяжелыми металлами соединения, которые имеют значительно меньшую растворимость, чем соответствующие гидроксиды. Однако, рекомендованные производителем дозы этих реагентов не дают должного эффекта, также не совсем понятен механизм комплексообразования с использованием реагентов, этим и объясняется мотивация проведения исследований.

Осадители металлов Plexon 3315, Plexon 2210 на основе водного раствора диметилдитиокарбомата натрия, Plexon 9015 на основе полиэтилениминдитиокарбомата и Plexon 5020 на основе смеси полисульфидов натрия, дитионита натрия и гидроксида натрия.

Эксперимент проходил с использованием модельных растворов со следующими концентрациями: $\text{Cu(II)} = 60 \text{ мг/дм}^3$; $\text{Ni(II)} = 15 \text{ мг/дм}^3$; $\text{Zn(II)} = 20 \text{ мг/дм}^3$, из которых впоследствии извлекались ионы тяжелых металлов рекомендованными реагентами. Остаточную концентрацию определяли на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно связанной плазмой IСАР-6500. Построены графические зависимости остаточной концентрации ионов тяжелых металлов от дозы реагентов. Нелинейный характер кривых позволяет найти оптимальные значения для извлечения ионов тяжелых металлов (рис. 1).

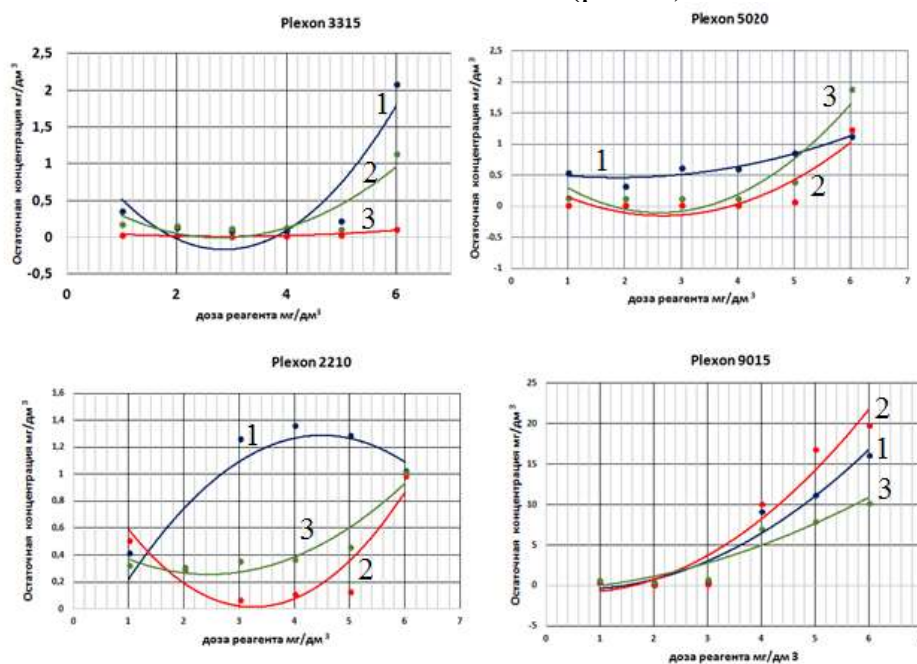


Рисунок 1. Графические зависимости остаточной концентрации ионов металлов от дозы реагента: 1 – медь; 2 – никель; 3 – цинк

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

При осаждении реагентами Plexon 3315 и Plexon 2210 ионов Cu^{2+} , Ni^{2+} и Zn^{2+} образуется плотный осадок, устойчивый, хорошо отделяется от раствора, если неправильно подобрана доза реагента может наблюдаться легкая опалесценция и небольшой пристеночный эффект.

Известно, что осадки, получаемые в результате взаимодействия диэтилдитиокарбамата натрия и ионов металлов отличаются различной агрегативной устойчивостью: с медью и никелем получают плотные, а с цинком чаще всего рыхлые, что согласно теории Дерягина-Ландау-Фервая-Овербека говорит о преобладании в случае соединения с медью и никелем сил молекулярного притяжения между частичками осадка, а в случае соединения реагента с цинком сил электростатического отталкивания [2,3].

Извлечение ионов тяжелых металлов из растворов реагентом Plexon 5020 возможно происходит благодаря сильному комплексообразующему действию за счет распада цистинной связи –S–S.

Plexon 9015 хорошо связывает широкий спектр ионов металлов за счет образования высокостабильных хелатных комплексов, т.е. это комплексные соединения, которые образуются при взаимодействии ионов металлов с полидентатными лигандами. Хелаты содержат центральный ион (частицу) – комплексообразователь и координированные вокруг него лиганды. Полиэтилениминдитиокарбамат можно рассматривать как «интегральный комплексообразователь», включающий высокомолекулярную «матрицу» – полиэтиленимин и «активные комплексообразующие фрагменты» – дитиокарбамат натрия [4].

Перечень ссылок

1. Запольский А.К., Образцов В.В. Комплексная переработка сточных вод гальванического производства. – К.: Техника, 1989. – 188 с.
2. Химия промышленных сточных вод. Под редакцией А. Рубина / пер. с англ. М.: Химия 1983. – 360 с.
3. Запольский А.К., Коагулянты и флокулянты в процессе очистки воды. Свойства. Получение. Применение – Л.: Химия, 1987. – 208 с.
4. Нейн Ю.И., Химия и технология высокомолекулярных соединений: учеб.-метод. пособие / Ю. И. Нейн, О.С. Ельцов, М.Ф. Костерина: М-во образования и науки РФ, Уральский федер. ун-т. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. – 116 с.

УДК 544.723.23

**ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ДУТЬЕВОГО ПОТОКА И ВРЕМЕНИ
ПРОПУСКАНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА НА ЕГО СОРБЦИЮ
ОТРАБОТАННЫМИ УГЛЕРОДНЫМИ НЕФТЕСОРБЕНТАМИ**

А.Е. Шурдова

ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева»,
г. Кемерово

***Аннотация.** Целью работы является исследование влияния скорости и времени пропускания углекислого газа на процесс его сорбции отработанными углеродными нефтесорбентами. Оптимизация этих параметров имеет решающее значение для повышения эффективности и снижения стоимости процесса улавливания углекислого газа*

***Annotation.** This study investigates how carbon dioxide diffusion rate and time carbon dioxide influence capture by sated coal sorbents. Optimisation of these parameters is crucial for increasing the efficiency and reducing the cost of the carbon dioxide capture process*

***Ключевые слова:** сорбенты, углекислый газ, сорбция, улавливание CO₂*

***Keywords:** sorbents, carbon dioxide, sorption, CO₂ capture*

На сегодняшний день повышение концентрации углекислого газа в атмосфере является одной из основных причин глобального потепления и изменения климата.

Согласно данным атмосферной станции, которая расположена у вершины вулкана Мауна-Лоа на острове Гавайи, в 2023 году максимальное содержание углекислого газа в атмосфере составило более 400 ppm (количество частиц углекислого газа, отнесенное к 1 млн частиц воздуха) [1]. По предположениям зарубежных ученых количество углекислого газа может увеличиться, как минимум, вдвое к концу 21 века, если не осуществлять мероприятия по декарбонизации [2].

Источниками выбросов являются многие предприятия, но наибольшее количество углекислого газа выделяется промышленными комплексами, которые занимаются выработкой электроэнергии с помощью сжигания или переработки ископаемого топлива (газа, нефти, угля) [3].

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Уже сегодня существует значительное количество методов и технологий, способных очищать выбросы не только от углекислого газа, но и от других вредных примесей. Однако до сих пор наиболее эффективной технологией считается адсорбция, которая способна быстро и качественно очищать дымовые газы при помощи различных адсорбентов.

Одним из таких сорбентов, являются углеродные нефтесорбенты, которые были получены на кафедре химической технологии твердого топлива Кузбасского государственного технического университета. Данные сорбенты используются для ликвидации аварийных разливов нефти на воде, так как они обладают высокой нефтеемкостью (до 6 г/г), а наличие в составе магнетита позволяет легко управлять сорбентами на водной поверхности для максимального эффекта [4]. Также гранулы сорбента можно подвергать тепловой и термической регенерации (методом пиролиза), когда они собрали нефть в полной мере. Максимально возможное число таких циклов может достигать до 5 – 6 раз, после этого гранулы сорбента не пригодны для дальнейшей сорбции нефти, но могут быть пригодны для улавливания углекислого газа. В результате лабораторных экспериментов было выявлено, что процент сорбции углекислого газа сильно отличается в зависимости от определенных факторов, таких как размер гранул, время и скорость пропускания газа, природа сорбента и т.д.

Таким образом, целью работы является определение оптимальных параметров процесса улавливания углекислого газа: скорости дутьевого потока и времени пропускания.

Для того чтобы смоделировать процесс улавливания была собрана лабораторная установка (рисунок 1).

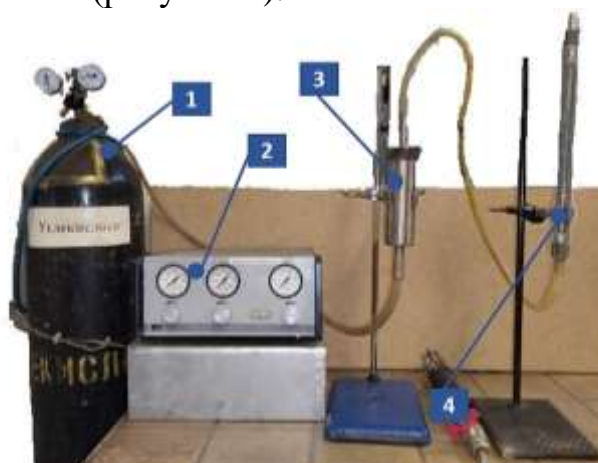


Рисунок 1. Лабораторная установка улавливания углекислого газа углеродными сорбентами: 1 – баллон с углекислым газом; 2 – блок управления подачи газа; 3 – реторта; 4 – поплавковый ротаметр

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Установка состоит из реторты, в которую загружаются отработанные гранулы сорбента, баллона с углекислым газом, блока управления подачи газа и поплавкового ротаметра, измеряющего объемный расход углекислого газа. Все части установки соединены между собой резиновыми трубками, а места крепления зафиксированы металлическими стяжками.

Для начала в реторту засыпаются гранулы сорбента, затем крышка реторты плотно закручивается и соединяется с блоком. После осуществляют подачу углекислого газа. В первой серии экспериментов изменяли объемный расход углекислого газа, а во второй серии экспериментов при подобранном оптимальном расходе изменяли время пропускания.

В результате первой серии экспериментов были получены зависимости адсорбции углекислого газа от скорости пропускания (рисунок 2).

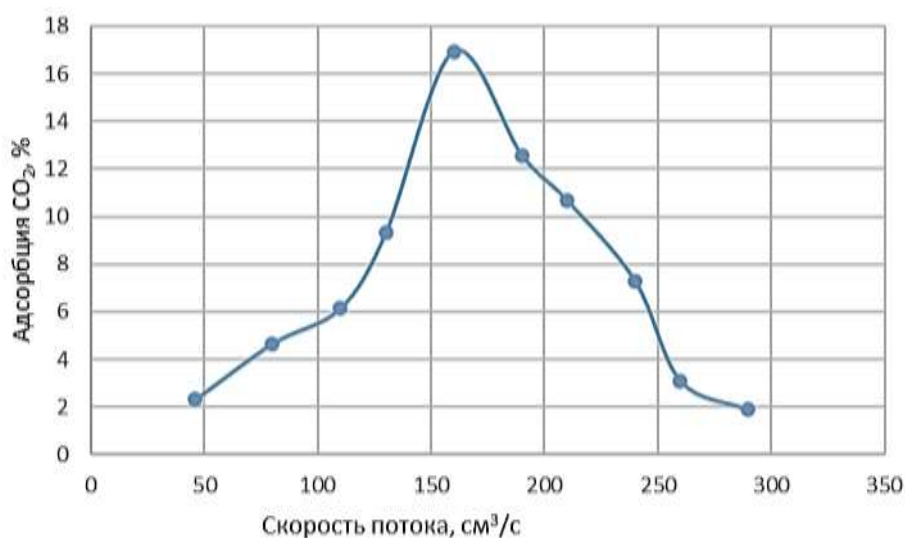


Рисунок 2. График зависимости адсорбции сорбентами от скорости пропускания углекислого газа

Скорость дутья влияет на время контакта между сорбентом и углекислым газом, что, в свою очередь, влияет на количество сорбированного газа. Как видно из рисунка 2, при высокой скорости пропускания время контакта уменьшается, что приводит к снижению адсорбции. Это связано с тем, что при низкой скорости пропускания молекулы углекислого газа имеют больше времени для диффузии в поры сорбента и взаимодействия с активными центрами. Однако, совсем низкая скорость не обеспечивает максимального поглощения

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

углекислого газа сорбентом. Оптимальной скоростью, которая обеспечивает наибольшую сорбцию, является $160 \text{ см}^3/\text{с}$.

Далее была проведена вторая серия экспериментов, в которой изменялось время пропускания углекислого газа при скорости $160 \text{ см}^3/\text{с}$. Результаты представлены на рисунке 3.

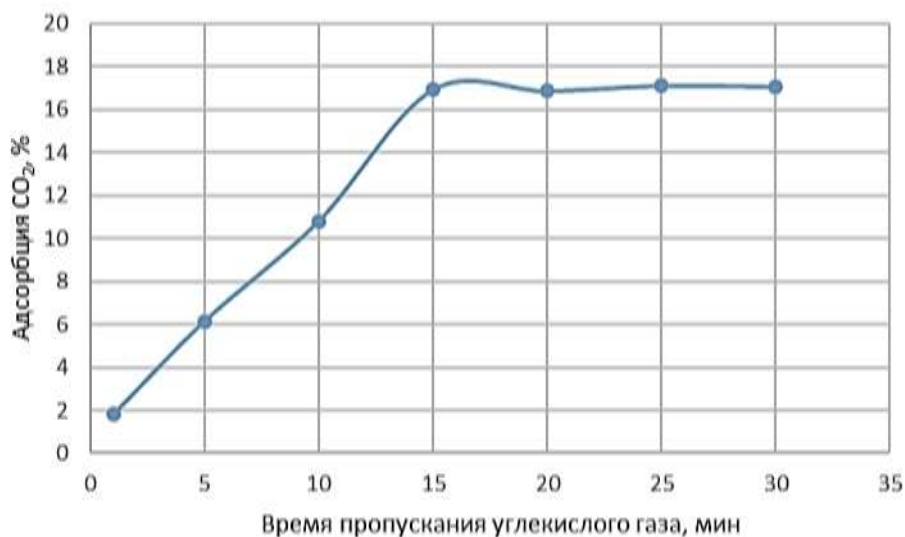


Рисунок 3. График зависимости адсорбции сорбентами от времени пропускания углекислого газа

Время пропускания также влияет на количество сорбированного углекислого газа: с увеличением времени дутья увеличивается время контакта между сорбентом и газом, что приводит к увеличению адсорбции. Однако, как видно из рисунка, при слишком длительном пропускании достигается состояние равновесия, количество сорбированного углекислого газа не увеличивается, а остается на одном уровне. При пропускании углекислого газа в течение 15 минут при объемном расходе $160 \text{ см}^3/\text{с}$ достигается наибольший процент адсорбции.

Для достижения эффективности процесса необходимо оптимизировать не только скорость и время пропускания, но и другие факторы. Так, скорость пропускания во многом зависит от типа сорбента, размера частиц и температуры газа, а время пропускания, в свою очередь, зависит от объема обрабатываемого газа и желаемой степени улавливания углекислого газа.

Таким образом, экспериментальные исследования показали, что при скорости $160 \text{ см}^3/\text{с}$ и времени пропускания в 15 минут можно добиться наибольшей адсорбции в 17%.

Необходимо учесть, что на увеличение сорбционной емкости также может повлиять добавление определенных компонентов, таких как оксид кальция или

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

зола уноса ТЭС, в которой содержатся оксиды в виде комплексных соединений. Понимание влияния всех параметров позволит разработать более эффективные и экономичные системы и технологии улавливания углекислого газа с помощью отработанных сорбентов.

Перечень ссылок

1. Национальная метеорологическая служба (National Weather Service) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.noaa.gov.
2. Ивановский, Б. Г. Экономическая оценка ущерба от природных бедствий и изменений климата/ Б.Г. Ивановский // Экономические и социальные проблемы России. – 2021. – № 1. – С. 125-144.
3. Морозова, С. В. Оценка вклада углекислого газа в наблюдаемые климатические изменения статистическими методами/ С. В. Морозова, М. А. Алимбиева//Сборник статей Всероссийской научной конференции с международным участием «Земля и космос» к столетию академика РАН К. Я. Кондратьева (20 - 21 октября 2020 г.) – Санкт-Петербург. – 2020. – С. 254 -258.
4. Черепова, А. Е. Ликвидация разливов нефти и нефтепродуктов с водных пространств при помощи магнитных нефтесорбентов / А. Е. Черепова, Е. С. Ушакова // XII Всероссийская 65 научно-практическая конференция молодых ученых с международным участием «Россия Молодая» (21 - 24 апреля 2020 г.) – Кемерово: КузГТУ. – 2020. – 3 с.

УДК 628.477.6: 546.74: 546.73

**ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА УТИЛЬНОГО КАТОДА ЛИТИЙ-
ИОННОГО АККУМУЛЯТОРА**

Я.О. Белецкий, А.И. Сердюк
ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и
архитектуры»

***Аннотация.** В данной работе рассмотрены методы определения компонентов утильных литий-ионных аккумуляторов. Во время переработки катода литий-ионного аккумулятора образуется водный раствор, который содержит в себе соединения никеля (Ni), кобальта (Co) и лития (Li). Необходимо определить количество этих компонентов в растворе для дальнейшего осаждения их из раствора*

***Annotation.** This paper discusses methods for determining the components of waste lithium-ion batteries. During the processing of the cathode of a lithium-ion battery, an aqueous solution is formed that contains compounds of nickel (Ni), cobalt (Co) and lithium (Li). It is necessary to determine the amount of these components in the solution for their further precipitation from the solution*

***Ключевые слова:** кобальт, никель, литий, хроматография, спектрофотометрия, осаждение*

***Key words:** cobalt, nickel, lithium, chromatography, spectrophotometry, deposition*

В состав различных аккумуляторов входят такие компоненты как соединения лития, кобальта, никеля и марганца. Но в зависимости от производителя количество того или иного компонента изменяется, следовательно необходимо определить количество каждого вещества в данном аккумуляторе и рассчитать количество Na_2CO_3 необходимого для осаждения этих компонентов из водного раствора.

Для переработки многоразрядных источников тока рассмотрим произведение растворимости компонентов, входящих в состав аккумуляторов [1]. В таблице 1 приведено произведение растворимости (ПР) карбонатов никеля, кобальта, марганца и лития.

Условием образования осадка является превышение произведения концентраций (ПК) ионов малорастворимого электролита над его произведением растворимости, т.е. $\text{ПК} > \text{ПР}$. Произведение концентрации должно быть больше чем произведение растворимости, тогда выпадет осадок.

**Перспективные направления развития экологии и
химической технологии**

Таблица 1 — Производство растворимости компонентов литий-ионных аккумуляторов.

Название	Формула	ПР (произведение растворимости)	Растворимость катиона г/л
Карбонат лития (белый осадок)	Li_2CO_3	$1,9 \times 10^{-3}$	$1,5 \times 10^{-1}$
Карбонат марганца (розово-коричневый осадок)	MnCO_3	$2,2 \times 10^{-11}$	$0,26 \times 10^{-3}$
Карбонат кобальта (светло-розовый осадок)	CoCO_3	$1,3 \times 10^{-10}$	$0,67 \times 10^{-3}$
Карбонат никеля (зеленовато-голубой осадок)	NiCO_3	$1,3 \times 10^{-7}$	$21,2 \times 10^{-3}$

При переработке отходов литий-ионных аккумуляторов образуется водный раствор, содержащий такие металлы, как кобальт, никель, марганец и литий.

Для начала цикла переработки отходов литий-ионных аккумуляторов необходимо:

Литий-ионные аккумуляторы нужно разрядить до полной разрядки, так как при вскрытии корпуса литий контактирует с воздухом быстро окисляется и взрывается/возгорается.

После разряда аккумулятора, можно его вскрывать, удаляя внешнюю металлическую оболочку.

Разделить литий-ионный аккумулятор на компоненты, анод — это медная лента, покрытая тонким слоем графита, катод — алюминиевая фольга покрытая смесью оксидов переходных металлов вперемешку с частицами графита и оксидом лития, а также компоненты защитной оболочки — это пластик и металлический корпус литий-ионного аккумулятора.

Растворить катод в соляной кислоте для получения водного раствора, для дальнейшего осаждения компонентов литий-ионного аккумулятора.

После растворение компонентов аккумулятора в соляной кислоте, можно определить количество металлов в растворе методом тонкослойной хроматографии на окиси алюминия.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Хроматография – это физико-химический метод разделения веществ, основанный на распределении компонентов между двумя фазами – подвижной и неподвижной. Неподвижной фазой обычно служит твердое вещество (сорбент) или пленка жидкости, нанесенная на твердое вещество. Подвижная фаза представляет собой жидкость, протекающую через неподвижную фазу.

Хроматография это метод разделения смесей веществ или частиц, основанный на различиях в скоростях их перемещения в системе несмешивающихся и движущихся относительно друг друга фаз. Метод основан на образовании комплексов никеля и кобальта с диэтилдитиокарбаминатом натрия, экстракции образовавшихся комплексов из воды хлороформом и последующем хроматографировании на стандартных хроматографических пластинках «Silufol R», или же можно использовать стеклянные пластины, которые покрыты хроматографическим оксидом алюминия. Для выявления зон локализации комплексов никеля и кобальта применяли раствор дитизона в хлороформе и газообразный аммиак. Метод селективен. Определению никеля и кобальта не мешают цинк, медь, свинец и кадмий.

Минимальное определяемое количество никеля 2,5 мкг, кобальта 25 мкг в 500 мл воды. Чувствительность метода для никеля 0,005 мг/л, для кобальта 0,05 мг/л,

Для проведения анализа в делительную воронку отбирают 500 мл воды, добавляют 0,5 мл 1% водного раствора диэтилдитиокарбамината натрия, взбалтывают содержимое воронки и проводят экстракцию хлороформом (каждый раз по 3—5 мин) трижды по 25—30 мл. Полученный экстракт пропускают через безводный сульфат натрия и упаривают на водяной бане в приборе для отгонки растворителя. Сконцентрированный экстракт количественно переносят (ополаскивая концентрат хлороформом не менее 2 раз) в мерную пробирку и доводят объем до 0,5 дм³.

Под действием капиллярных сил растворитель движется вдоль слоя сорбента вверх, с разной скоростью перенося компоненты смеси, что и обуславливает их разделение. Стандартное вещество («свидетель») в том же растворителе, что и анализируемая проба, также наносится на стартовую линию и, следовательно, хроматографируется в тех же условиях. При этом влияние различных факторов на все вещества будут одинаковыми. То есть полученные результаты для анализируемого раствора и для сделанного раствора с известной концентрацией будут одинаково точны.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

В начале хроматографической пластинки из общего объема экстракта (0,5 мл) наносят 3 точки: в первую 0,05 мл, во вторую 0,1 мл, в третью 0,3 мл. Рядом с нанесенным экстрактом наносят несколько стандартов: при определении никеля — 2,5, 5, 10, 20 и 40 мкг, при определении кобальта — 10, 20, 40, 60 и 100 мкг. Пластинку помещают в хроматографическую камеру, заполненную подвижной системой растворителей.

После поднятия подвижной системы на высоту 13—14 см пластинку вынимают из камеры, высушивают от растворителей и опрыскивают 0,05—0,1% раствором дитизона в хлороформе. После этого ее помещают в камеру с аммиаком. Зоны локализации кобальта проявляются на хроматограмме в виде зеленых пятен на белом фоне даже без обработки пластинки раствором дитизона и аммиаком (R_f $0,35 \pm 0,06$). Обработка пластинки проявляющими реактивами усиливают зеленую окраску. Зоны локализации никеля проявляются на пластинке после ее обработки указанными реактивами в виде ярко-синего пятна на белом фоне с R_f $0,55 \pm 0,08$ [2-3].

Принцип работы хроматографического метода представлен на рисунке 1.

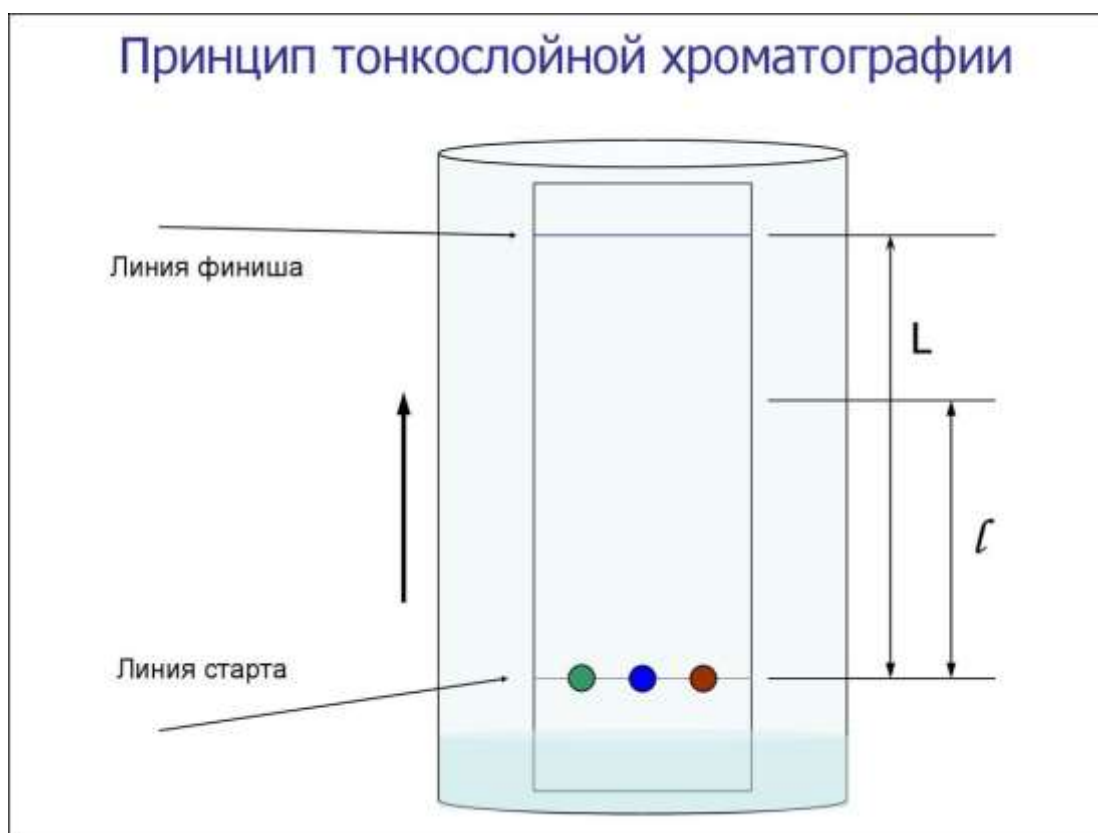


Рисунок 1 — Принцип работы тонкослойной хроматографии

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Также компоненты в растворе можно определить спектрофотометрическим методом.

Спектрофотометрия — метод, применяемый чаще других и наиболее совершенный среди методов абсорбционного молекулярного анализа, основан на использовании специальных спектральных приборов — спектрофотометров, позволяющих регистрировать световые потоки в широком интервале изменения длин волн от 185 нм до 1100 нм, т. е. в УФ, видимой и ближней ИК области спектра, и обеспечивающих высокую степень монохроматичности света, проходящего через анализируемую среду [4-5].

Выводы. Используя метод тонкослойной хроматографии мы доказали наличие в растворе, полученного при растворении утильных литий-ионных аккумуляторов в соляной кислоте, кобальта и никеля, также смогли определить их концентрацию для дальнейшего осаждения этих компонентов из раствора.

Проанализированные методы определения никеля и кобальта, хорошо подходят для точного определения концентрации в водном растворе. Используемый метод хроматографии дает погрешность определения данных веществ около 5%. Зная точную концентрацию никеля и кобальта в водном растворе, можно с высокой точностью осадить эти компоненты в виде карбонатов для дальнейшего использования из в качестве вторичного сырья.

Перечень ссылок

1. Белецкий, Я. О. Повышение экологической безопасности при переработке и утилизации химических источников тока / Я. О. Белецкий // Проблемы техносферной и экологической безопасности в промышленности, строительстве и городском хозяйстве : сборник материалов I Международной научной конференции, Макеевка, 16 февраля 2023 года. – Макеевка: Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, 2023. – С. 142-144. – EDN WDTNMY.

2. Определение никеля и кобальта в воде методом хроматографии в тонком слое сорбента [Электронный ресурс] — С.Е. Катаева — текст электронный // Гигиена и санитария. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-nikelya-i-kobalta-v-vode-metodom-hromatografii-v-tonkom-sloe-sorbenta> (дата обращения: 07.05.2024).

3. Лакеев, А. П. Соединения кобальта(II) и никеля(II) с 2-тиобарбитуровой кислотой / А. П. Лакеев, Н. М. Коротченко // Журнал неорганической химии. – 2020. – Т. 65, № 8. – С. 1105-1113. – DOI 10.31857/S0044457X20080085. – EDN ISFDRP.

4. Вернигора, А. Н. Спектрофотометрическое определение кобальта(II) и никеля(II) при совместном присутствии в виде комплексов с диэтилдитиокарбаматом натрия / А. Н. Вернигора, Н. В. Волкова, М. Б. Каюмова // Актуальные проблемы химического образования : сборник научных статей Всероссийской научно-практической конференции учителей химии и преподавателей вузов, посвящённой 70-летию со дня образования кафедры «Химия и теория и методика обучения химии», Пенза, 09 ноября 2016 года / под общ. ред. Н. В. Волковой. – Пенза: Пензенский государственный университет, 2016. – С. 140-143. – EDN XGNSTP.

**Перспективные направления развития экологии и
химической технологии**

5. Zhou Fengbo, Li Changgeng. A novel method for simultaneous determination of zinc, nickel, cobalt and copper based on UV–vis spectrometr/ Zhou Fengbo, Li Changgeng, Zhu Hongqiu, Li Yonggang text—direct // Optik, Volume 182, 2019, Pages 58-64, ISSN 0030-4026, URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0030402618320898> (дата обращения 06.05.2024).

УДК: 504.453

РАЙОНИРОВАНИЕ ГОРОДА ПО ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТИ

В.В. Мороз, Ю.С.Бакуменко

ФГБОУ ВО «Донбасский государственный технический университет»

г. Алчевск, ЛНР

***Аннотация:** Практически 10 лет Алчевск, как и большинство городов ЛНР остро ощущает дефицит питьевой воды. В 2014 году по городу были размещены несколько емкостей с технической водой, сконструированы колонки для снижения дефицита водных ресурсов для населения. Кроме этого, население активно использует родники в качестве источников воды для коммунально-бытовых нужд и питьевого водоснабжения. В данной работе представлена карта источников воды в городе Алчевск для населения. За десятилетие население города значительно пополнилось приезжими, не владеющими информацией о доступных водных источниках*

***Annotation:** For almost 10 years, Alchevsk, like most cities of the LPR, has been acutely aware of a shortage of drinking water. In 2014, several tanks with industrial water were placed around the city, and columns were constructed to reduce the shortage of water resources for the population. In addition, the population actively uses springs as water sources for municipal needs and drinking water supply. This paper presents a map of water sources in the city of Alchevsk for the population. Over the decade, the city's population has been significantly replenished with visitors who do not have information about available water sources*

***Ключевые слова:** вода, водные ресурсы, мониторинг*

***Keywords:** water, water resources, monitoring*

Актуальность. По данным администрации г. Алчевска норма потребности воды составляет для населения города составляет от 90-до 250 л/сутки.

Источниками пресной воды являются

- Скважин, соответствующих нормам для частных домовладений.
- Артезианских скважин (в отличие от первых, требуют специальной разрешительной документации и лицензий, но дают большой объём чистой воды).
- Пресных водоёмов на территории населённого пункта.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

- Родники.

Алчевск не ощущал острого дефицита питьевой воды. Частный сектор получал воду по графику, районы с многоквартирными домами круглосуточно были с водой. Но вот уже почти 10 лет вода по всей Луганской Народной Республике подается по графику, который то и дело сбивается из-за частых аварий на электросетях и водоводах.

В 2014-2015 годах для снижения вододефицита в районах с большой плотностью населения были размещены емкости с технической водой и установлены колонки, как источники не централизованного водоснабжения для населения. Не теряют популярности среди населения родники, как источники нецентрализованного водоснабжения.

Местное население (старожилы) обладают информацией, где можно пополнить запасы водных ресурсов в своем микрорайоне в случае длительного отсутствия воды в кране. Для «новых» жителей города может стать проблемой пополнение запасов воды в случае ее отсутствия в течение длительного времени.

Информирование населения об адресах, где можно пополнить запасы воды в СМИ отсутствуют. Считаем целесообразным составить карту города с обозначением источников воды и направлением использования данной жидкости.

Решение поставленной задачи

Наиболее заселенными районами города являются Центр города (кварталы 400, 401, 357, 363, 364) и Новый район (кварталы 58, 59, 60). В перечисленных кварталах расположены преимущественно 9 и 5 этажные многоквартирные дома.

Среди населения города было проведено анкетирование. Опрос проводился в разных частях города и среди разных групп населения (студенты, медработники, учителя, работники металлургического предприятия, пенсионеры). Вопросы анкеты представлены в таблице 1

Таблица 1 Анкета «Источники водоснабжения населения города Алчевска»

Вопросы анкеты	
1	Ваш возраст.
2	Район проживания.
3	Ощущаете ли Вы дефицит воды?
4	Владеете ли Вы информацией об альтернативных источниках воды, кроме водопровода?

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

5	Какими источниками нецентрализованного водоснабжения пользуетесь, когда отсутствует вода в кране.
---	---

Всего опрошено было 96 человек.

Из числа опрошенных 5 человек (5,2%) проживают в частном секторе и отказались от централизованного водоснабжения.

Остальные из респондентов (94,8%) пользуются централизованным водоснабжением в сочетании с нецентрализованными источниками воды. Основные источники водоснабжения населения представлены в таблице 2.

Таблица 2 Источники воды для коммунально бытовых и питьевых нужд

Источники воды для коммунально бытовых и питьевых нужд	Количество респондентов, %:
Централизованное водоснабжение + бутилированная вода	50,0
Централизованное водоснабжение + родниковая вода	13,5
Централизованное водоснабжение + технические емкости с водой + бутилированная вода	20,8
Централизованное водоснабжение + скважины в Храмах или городские колонки	7,3
Скважина или колодец в частном домовладении	5,2
Централизованное водоснабжение + бутилированная вода + городские ставки и водотоки	3,1

Районирование города по вододефициту и водоисточников носит информационный характер, не может решить экологическую проблему водных ресурсов города, но значительно облегчит поиск воды.

Кроме расположения водных источников данные карты должны содержать информацию о качестве воды в источнике и направлениях использования воды.

Источники нецентрализованного водоснабжения представлены на карте (рис.1)

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

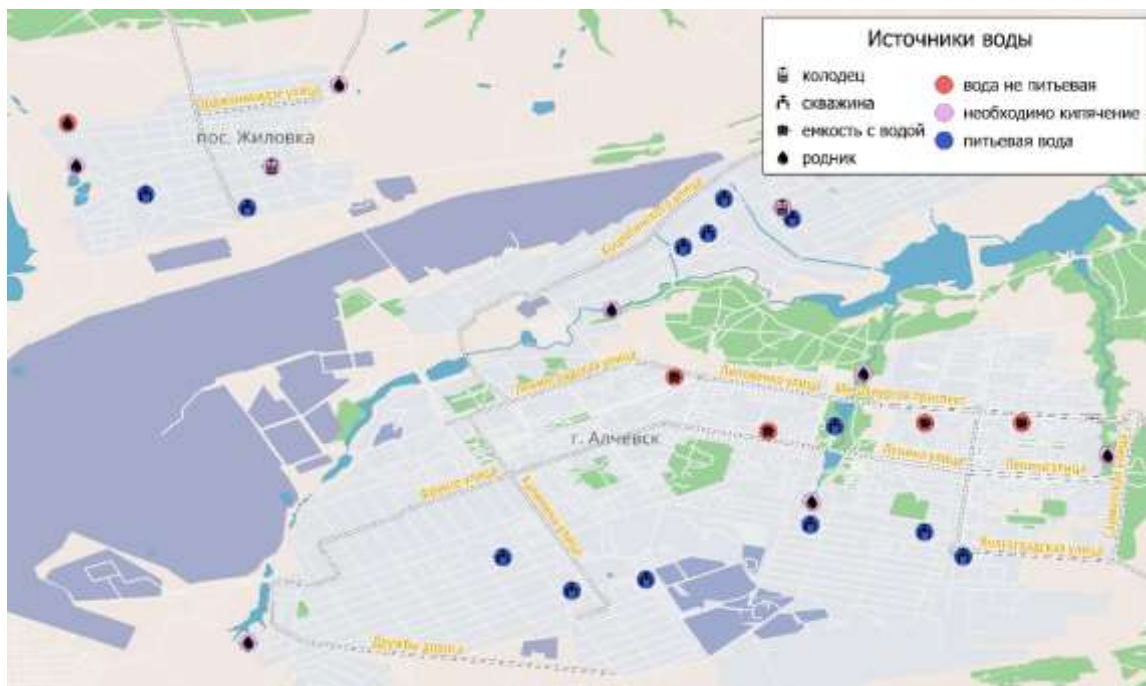


Рисунок 1 Карта-схема источников нецентрализованного водоснабжения

Имея на руках карту водных источников города, жители города, оценив свои потребности в воде, будут выбирать покупать бутилированную воду, сходить на родник или же ограничить свое потребление воды до появления ее в кране.

Перечень ссылок

1. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: издание официальное: утвержден Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации от 28.01.2021: введен 01.03.2021. — М.: Госкомсанэпиднадзор, 2021.
2. СанПиН 2.1.4.1175-02 Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников.
3. ГОСТ Р 59054-2020. Охрана окружающей среды. Поверхностные и подземные воды. Классификация водных объектов [Текст]. — Введ. 2021-06-01. — М.: Госстандарт России: Стандартинформ, 2020—20с.
4. Гигиеническая и экологическая оценка состояния нецентрализованных источников питьевого водоснабжения в промышленном городе / С. В. Капранов, С. И. Кулиш, О. А. Космина [и др.] // Экологический вестник Донбасса. — 2022. — № 7. — С. 53-63. — EDN XMNWJL.

УДК 66.0

**ВЫДЕЛЕНИЕ ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ ОТХОДОВ
УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Е.С. Легочева, А.В. Тихомирова
ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический
университет им. Т. Ф. Горбачева», г. Кемерово, РФ

***Аннотация.** В статье рассматривается проблема переработки отходов углеобогащения. Рассмотрение методов комплексной переработки отходов углеобогащения для извлечения алюминия*

***Annotation.** The article deals with the problem of processing carbon enrichment waste. Consideration of methods of complex processing of carbon enrichment waste for the extraction of aluminum*

***Ключевые слова:** отходы углеобогащения, алюминий, щелочной метод, кислотный метод*

***Keywords:** carbon enrichment waste, aluminum, alkaline method, acid method*

Уголь повседневно применяется для производства электроэнергии, изготовления металлургического кокса, непосредственного сжигания в топливных целях, химической переработки, в результате которой получают различные виды продукции, но также остается большое количество отходов [1].

Образование минеральных отходов является неотъемлемой частью процесса при добыче, переработке и обогащении твердых горючих ископаемых. В следствие возрастания добычи и переработки угля, увеличивается количество отходов, территорий для хранения становится больше.

В настоящее время вопрос переработки и дальнейшего использования отходов углеперерабатывающих предприятий является наиболее актуальным по следующим причинам:

- Около 50% существующих отвалов исчерпали проектную мощность;
- Для появления новых отвалов требуются огромные территории для их размещения;
- Отходы обогащения имеют множество ценных компонентов;
- Отвалы наносят вред экологической обстановке.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Угольные отходы – это многокомпонентная система, из них можно получать в промышленных масштабах множество ценных продуктов, но приоритетным является получение соединений алюминия, железа и кремния, так как они достаточно востребованы, а путь их извлечения наиболее прост в техническом исполнении [2].

Приоритетным является извлечение из отходов алюминия. Несмотря на то, что данный элемент является самым распространённым металлом в составе земной коры, запасы природных ископаемых минералов алюминия в России практически истощены. А мировая практика производства глинозема базируется именно на бокситах. В нашей стране их месторождения сконцентрированы преимущественно в европейской части (91 %). Поэтому, например, большая часть бокситов закупалась из Украины и Австралии, но из-за санкционных ограничений, поставки из данных стран сократились [3]. Из отходов углепереработки можно получать сырьё для алюминиевой промышленности – алюминатный раствор.

Кремний очень востребован в виде ферросплавов и чистого кремния. Полученные ферросплавы применяются в сталеплавильном производстве для получения легированных сталей различных марок, модификаций чугуна и сплавов. При помощи кремния повышают твердость, прочность, упругость сталей и при этом понижают её вязкость. Сырьём для производства чистого кремния является кварц, выделяющийся в достаточном количестве при переработке породы углеобогащения.

Железо – основной конструкционный материал для изготовления любых машин и аппаратов. Но также находят применения и соединения железа. Хлорид железа III используется в радиолюбительской практике для травления печатных плат. Сульфат железа III и медный купорос в виде смеси помогает в борьбе с вредными грибами в садоводстве, в строительстве и т.д. Соединения железа находятся в отходах в достаточном количестве и могут быть выделены методом магнитной сепарации.

Таким образом, в связи с постепенным истощением запасов природных полезных ископаемых, с одной стороны, и накоплением огромного количества отходов, содержащих ценные компоненты, с другой, все большую актуальность приобретает проблема разработки технологии их извлечения.

Цель работы: выделение соединений железа, кремния и алюминия из отходов угольной промышленности.

Задачи работы:

- Компонентный анализ отходов угольной промышленности;

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

- Выбор методов по разделению и извлечению каждого компонента;

- Проведение экспериментов по выбранным методам.

Для извлечения основного количества железосодержащего концентрата из отходов угольной промышленности применяют магнитную сепарацию. При сепарации частицы, обладающие магнитной восприимчивостью, поддаются воздействию магнита, в результате чего происходит разделение на магнитную и немагнитную фракцию.

Для извлечения соединений железа при помощи магнитной сепарации была выбрана порода с тяжелосреднего сепаратора АО «ЦОФ Березовская» после обогащения угля. Отход обогащен на магнитном сепараторе СНС–20–ПН1 для сильномагнитных руд, выделено 4% железа по массе. Однако, определение химического состава отходов угольной промышленности (немагнитной фракции), проведенное методом рентгеновской флуоресценции на аппарате Shimadzu EDX-7000, показало наличие железа, в пересчете на оксид, в количестве 4,6% по массе (таблица 1). Следовательно, скорее всего, в магнитную фракцию уходят соединения железа, обладающие сильной магнитной восприимчивостью, а остаются в немагнитной фракции соединения со слабой.

После магнитной сепарации, из оставшейся немагнитной фракции продолжили выделение соединений алюминия, железа и кремния.

Для извлечения соединений алюминия обычно применяют две технологии: щелочное вскрытие и кислотное выщелачивание. Щелочное вскрытие эффективно при выделении соединений алюминия из бокситов, но при выделении из отходов является малоэффективным, так как алюминий находится в связке с кремнием. Кислотное выщелачивание, заключается в обработке сырья минеральными кислотами с последующим осаждением в виде нерастворимого гидроксида алюминия [3]. Таким образом, был выбран метод кислотного выщелачивания.

До начала кислотного выщелачивания проба была просушена, измельчена до крупности менее 3 мм. В отходы добавили концентрированную серную кислоту (85%) при нагревании. Полученную смесь профильтровали, в фильтрате осадил ионы алюминия с помощью гидроксида аммония, однако вместе с ионами алюминия, выделились и ионы железа. Твердый осадок, оставшийся после обработки серной кислотой, высушили, измельчили и подвергли повторному выщелачиванию и исследованию. Всего исходная проба прошла три стадии обогащения. Результаты определения химического

**Перспективные направления развития экологии и
химической технологии**

состава отходов с помощью рентгенофлуоресцентного метода на аппарате Shimadzu EDX-7000 на разных стадиях эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица №1. Результаты определения химического состава отходов

Проба		Минеральные компоненты (%)						
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	CaO	K ₂ O	TiO ₂
Исходная проба промпродукта		62,5	21,7	4,6	1,7	3,0	5,3	0,9
I стадия	Проба после кислотного выщелачивания (H ₂ SO ₄) _{конц}	62,7	17,4	3,20	7,7	3,9	4,0	0,7
	Проба после осаждения NH ₄ OH	-	52,6	32,40	2,8	0,9	1,5	2,3
II стадия	Проба после кислотного выщелачивания (H ₂ SO ₄) _{конц}	85,0	10,5	1,00	0,3	0,2	2,5	0,3
	Проба после осаждения NH ₄ OH	2,5	74,6	8,50	5,8	2,7	2,4	3,0
III стадия	Проба после кислотного выщелачивания (H ₂ SO ₄) _{конц}	90,6	7,1	0,60	0,1	-	1,3	0,2
	Проба после осаждения NH ₄ OH	1,2	86,5	6,24	1,5	0,1	0,2	3,6

Согласно проведенным лабораторным испытаниям по извлечению соединений алюминия методом кислотного выщелачивания, соединения алюминия и железа извлекаются из отходов. По результатам определения химического состава представленных в таблице 1, видно, что кремний в виде диоксида полностью остался в твердом остатке, после проведенной 3 стадии извлечения.

Таким образом, полностью выделить соединения железа методом магнитной сепарации не удалось, однако, их можно получить в процессе комплексной переработки химическим методом. Соединения алюминия достаточно хорошо

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

выделяются методом последовательного выщелачивания серной кислотой с последующим осаждением. Диоксид кремния остаётся в твёрдом остатке и также пригоден к дальнейшему использованию и переработке.

Перечень ссылок

1. Черкасова Т.Г. Угольные отходы как сырьё для получения редких и рассеянных элементов / Т.Г. Черкасова, Е.В. Черкасова, А.В. Тихомирова, А.А. Бобровникова, А.В. Неведров, А.В. Папин / Вестник КузГТУ. №6. - 2016. - 185-188 с.
2. Зоря В. Н. Исследование техногенных отходов черной металлургии, в том числе отходов от обогащения и сжигания углей, и разработка технологий их переработки. Диссертация на соискание ученой степени кандидатских технических наук. Новокузнецк, 2015. - 207с.
3. Тихонов В.Н. Аналитическая химия алюминия / В.Н. Тихонов, М.: Изд-во «Наука», 1971. – 267 с.

УДК 620.9/678 54.384.2

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПОЛУЧЕННЫХ
ИЗ КРУПНОТОННАЖНЫХ ОТХОДОВ**

А. С. Пивень, И.Н. Доценко, О. В. Касьянова
ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический
университет им. Т. Ф. Горбачева»
г. Кемерово, РФ

***Аннотация:** В работе представлены результаты физико-химических свойств полимерных композиционных материалов полученных на основе крупнотоннажных отходов. С введением во вторичный полиэтилен микросфер размерами частиц $d \leq 50$ мкм более 10 % масс повышается термостабильность расплава ПКМ. Исследуемые ПКМ можно перерабатывать в изделия такими методами, как экструзия (в том числе выдуванием), литье под давлением*

***Abstract:** The paper presents the results of the physicochemical properties of polymer composite materials obtained on the basis of large-tonnage waste. With the introduction of microspheres with particle sizes $d \leq 50 \mu\text{m}$ into recycled polyethylene (more than 10% of the mass), the thermal stability of the PCM melt increases. The studied PCMs can be processed into products using methods such as extrusion (including blowing) and injection molding*

***Ключевые слова:** золошлаковые и полимерные отходы, композиционные материалы, текучесть, термостабильность*

***Keywords:** ash-and-slag waste, plastic waste, composites, fluidity, thermal stability*

Расширение областей применения золошлаковых отходов (ЗШО) образующихся на угольных ТЭЦ и ГРЭС в РФ в качестве сырья для производства новых видов материалов является одной из первоочередных экологических задач. В России ЗШО по объёмам образования входят в пятерку крупнотоннажных промышленных отходов. По данным Росстата на 2022 г. площадь золоотвалов превышает 28 тыс. га количество накопившихся ЗШО в Сибири составляет 420 млн. тонн. Например, в Кузбассе, только на одной ОА «Ново-Кемеровская ТЭЦ» в год образуется ЗШО более 235 тыс. тонн. Согласно утвержденному комплексному плану утилизации отходов

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

угольных электростанций и котельных от годового объема образования в 15 % к 2024 году и в 50 % к 2035 году.

В России в настоящее время разработано более 300 технологий для использования ЗШО [2]. Большая часть 35 % используется в строительстве, 25 % в дорожном строительстве, 15 % в сельском хозяйстве, и только 10 % используется как наполнители, в том числе и наполнители для пластмасс. Между тем, использование определенных фракций ЗШО в качестве наполнителей для создания полимерных композиционных материалов (ПКМ) является перспективным направлением.

Ограничение областей применения полимерных композиционных материалов (ПКМ) полученных ЗШО в первую очередь связано с недостаточными данными по их физико-химическим свойствам. Большинство производителей вторичных материальных ресурсов (ВМР) представляют небольшой комплекс характеристик, что соответственно ограничивает области их применения и затрудняет переработку в изделия [3].

Целью данной работы является исследование технологических расплавов ПКМ полученных из крупнотоннажных отходов, а также изучение влияния содержания наполнителя на данные характеристики.

Объекты исследования: ПКМ полученные на основе вторичного полиэтилена (ВПЭ) с микросферами. Микросферы – это часть крупнотоннажных золошлаковых отходов, образующихся при сжигании угля на ГРЭС и ТЭЦ, представляющих собой пустотелые частицы сферической формы. В литературе [4] имеются рекомендации по использованию микросфер образующихся после сжигания угля в качестве дисперсного наполнителя для создания ПКМ. Для получения ПКМ использованы микросферы образующиеся на Ново-Кемеровской ТЭЦ с размером частиц $d \leq 50$ мкм.

ВПЭ получен на ОАО «Полимер» (г. Кемерово) из вышедших из употребления полимерных изделий. ПКМ получали смешиванием компонентов (ВПЭ с микросферами) на одношнековом лабораторном экструдере при следующих технологических параметрах:

1. Температура по зонам экструдера: $T_1=170^\circ\text{C}$, $T_2=190^\circ\text{C}$, $T_3=210^\circ\text{C}$;
2. Число оборотов шнека (n) 30 об/мин.

Содержания наполнителя (микросфер) в полимерной матрице составляет 5 %, 10 % и 30 % (масс).

На рисунке представлен общий вид объектов исследования. Гранулы ненаполненного ВПЭ желтого цвета. ПКМ на основе ВПЭ с микросферами представляют собой гранулы серого цвета, с

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

увеличением содержания микросфер в ВПЭ окраска переходит в темно-серую и гранулы становятся более шероховатыми.



а



б

Рисунок 1. Общий вид гранулята: а – ненаполненный ВПЭ; б – ПКМ на основе ВПЭ с содержанием 30 % микросфер

Очень важными характеристиками при переработке полимерных материалов, особенно полученных из ВМР являются показатель текучести расплава (ПТР) и термостабильность. ПТР обратная величина вязкости. Вязкость характеризует сопротивление системы сдвигу (необратимому изменению формы образца), или внутреннее трение. Формование изделий из термопластичных полимеров осуществляется в процессе их вязкого течения. В результате деструкции, как правило, происходит колебание вязкости, что в свою очередь сказывается на эксплуатационных характеристиках готовых изделий. Кроме того, необходимо учитывать, что при эксплуатации, хранении и переработке полимерные материалы подвергаются действию многочисленных физических (тепло, свет, ионизирующие излучения, механические нагрузки) и химических (кислород, вода и другие агрессивные агенты) факторов. Эти факторы, действуют как раздельно, так и одновременно, вызывают в полимерах сложные, главным образом радикально-цепные реакции, в том числе реакции окисления, расщепления, сшивания. Скорость, с которой развиваются эти реакции деструкции и их направленность определяются молекулярным строением и надмолекулярной структурой полимера. Реакции деструкции (старения) сопровождаются уменьшением молекулярной массы, изменением молекулярно-массового распределения, выделением газообразных и низкомолекулярных продуктов, изменением окраски изделия и появлением запаха [5].

ПТР и термостабильность определяли реологическим методом на капиллярном грузовом вискозиметре типа ИИРТ, по стандартной методике [5]. Результаты исследования представлены в таблице.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Таблица Основные технологические свойства ПКМ полученных из ВМР

Характеристики	Содержание наполнителя, % (масс)			
	0	5	10	30
ПТР, г/10 мин	0,27	0,29	0,24	0,17
Термостабильность, %	81,9	90,6	98,3	90,0

Анализируя полученные экспериментальные данные видно, что ПТР при содержании 5 % масс увеличился на 7,4 % по сравнению с ненаполненным ВПЭ, по-видимому влияет неравномерность распределения наполнителя в полимерной матрице. Дальнейшее увеличение содержания наполнителя (10 % и 30 %) приводит к уменьшению ПТР по сравнению с ненаполненным ВПЭ, так при 30 % ПТР снизился на 37 %. В результате полученных экспериментальных данных установили, что исследуемые ПКМ можно перерабатывать такими методами, как экструзия (в том числе выдуванием), литье под давлением (для данных методов переработки рекомендуются интервалы значений ПТР от 0,2 до 3,6 г/10 мин).

Термостабильным считают расплав полимера, если в течение времени (обычно 30 мин) ПТР изменяется не более чем на 15–20% т.е. термостабильность лежит в интервале $0,85-0,8 \leq T \leq 1,15-1,2$. Введение микросфер во ВПЭ повышает термостабильность расплавов ПКМ. Как видно из таблицы в исследуемом диапазоне наполнения более термостабилен ПКМ с содержанием 10 % микросфер.

Склонность полимера к термодеструкции в процессе переработки описывается уравнением Аррениуса:

$$\eta = A \exp^{E/RT},$$

где η – вязкость расплава; A – коэффициент, зависящий от природы жидкости; E – энергия активации; T – температура; R – газовая постоянная.

Используя данное уравнение и полученные экспериментальные данные ПТР и термостабильности можно рассчитать энергию активации процесса деструкции (E) полученных ПКМ.

На рис.2. приведена зависимость энергии термоокислительной деструкции (E) от содержание наполнителя.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

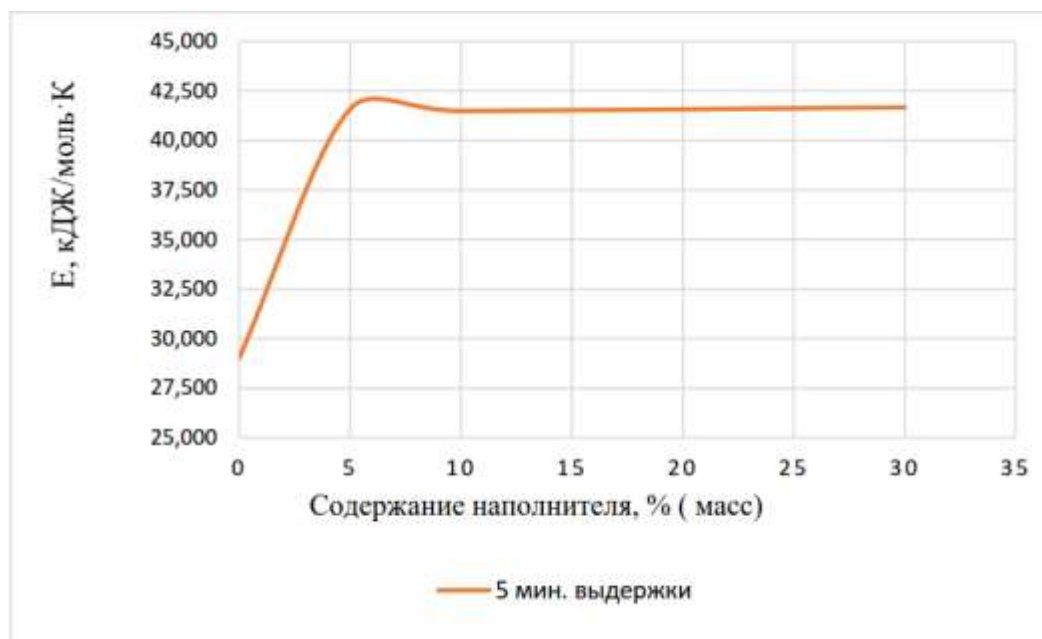


Рисунок 2. Зависимость энергии термоокислительной деструкции (E) от содержание наполнителя

Как видно (рис.2), при времени выдержки в термокамере 30 минут в диапазоне температур 190–230 °С у ненаполненного ВПЭ ($E=29,02$ кДж/моль·К,) E ниже более чем на 40 %, чем у ПКМ (например, при содержании микросфер 5 % масс $E=41,48$ кДж/моль·К).

Вывод: проведенные в работе исследования физико-химических свойств ПКМ позволят правильно определить технологические параметры переработки ПКМ полученного из ВПЭ и микросфер, а также выбрать метод переработки и как следствие получить более качественные изделия из ВМР.

Перечень ссылок

1. Сибирская генерирующая компания СГК: сайт. – URL: <https://sibgenco.online/news/element/na-kef-2023-eksperty-nazvali-usloviya-dlya-populyarizatsii-retsiklinga-zoloshlakov/>_(дата обращения: 03.02.2024). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.
2. Рябов, Ю. В. Анализ обогащения золошлаковых отходов угольных ТЭС и пути их вовлечения в хозяйственный оборот (обзор) / Ю. В. Рябов [и др.] // Теплоэнергетика 2019. – №3. – С.3–24.
3. Официальный сайт производственной компании «Элисса». – URL: <https://www.pk-elissa.ru/catalog/mineralnyye-i-tonkomolotyye-materialy/mikrosferal-yumosilikatnaya/>
4. Исмагилов, З. Р. Исследование алюмосиликатных микросфер из золы уноса электростанций, использующих угли Кузбасса / З.Р. Исмагилов [и др]. – Текст : непосредственный // Химия твердого топлива.– 2015.– №4. – С.49-57
5. Калинин, Э. Л. Свойства и переработка термопластов : справочное пособие [Текст] / Э.Л. Калинин, М. Б. Саковцева .– Л.: Химия, 1983. – 288 с.

УДК 622.279.72

**АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ
ЗАКАЧКИ CO₂ В ПЛАСТ: ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И
ПРИМЕНЕНИЯ**

Д.Р. Аминев

ГБОУ ВО «Альметьевский государственный технологический
университет – Высшая школа нефти»

***Аннотация:** В статье рассматриваются экологические и технологические аспекты закачки углекислого газа (CO₂) в пласты с целью снижения выбросов парниковых газов. Описываются основные принципы и технологии закачки CO₂, потенциальные выгоды и вызовы данной методики.*

***Annotation:** The article discusses environmental and technological aspects of carbon dioxide (CO₂) injection into geologic formations to reduce greenhouse gas emissions. The basic principles and technologies of CO₂ injection, potential benefits and challenges of this technique are described. Recommendations for the development and utilization of this technology are also discussed.*

***Ключевые слова:** CO₂, закачка в пласты, парниковые газы, экология, технологии, углеводороды.*

***Keywords:** CO₂, reservoir injection, greenhouse gases, environment, technology, hydrocarbons*

В последние годы вопросы экологии и устойчивого развития занимают основное место в нефтегазовой отрасли. Одним из наиболее перспективных направлений является технология закачки углекислого газа (CO₂) в пласты, что позволяет не только сократить объемы выбросов парниковых газов, но и повысить эффективность добычи углеводородов.

Один из ключевых экологических аспектов закачки CO₂ в пласт связан с его потенциальными последствиями для окружающей среды. При неправильном выборе месторождения для закачки или недостаточном контроле процесса, существует риск утечки CO₂ в атмосферу или водные ресурсы, что может привести к негативным последствиям для экосистем. Однако, при правильном планировании и контроле, закачка CO₂ в пласт может способствовать снижению уровня углекислого газа в атмосфере и улучшению состояния окружающей среды.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Закачка CO_2 в пласты представляет собой важный инструмент в борьбе с изменением климата. Эта технология позволяет сократить концентрацию CO_2 в атмосфере, что является ключевым фактором глобального потепления. Однако, необходимо тщательно анализировать потенциальные риски.

Технология закачки CO_2 включает в себя несколько этапов: улавливание, транспортировка, инъекция и мониторинг. Улавливание CO_2 может быть осуществлено различными методами, включая химическую абсорбцию и мембранное разделение. Для транспортировки CO_2 обычно используются трубопроводы, а ввод производится в пласты, способные обеспечить долгосрочное хранение газа. В настоящее время они находятся на разных стадиях исследований и разработок, и хотя некоторые из них уже внедрены, многие требуют дальнейшего усовершенствования для повышения эффективности и снижения затрат.

Современные исследования направлены на повышение эффективности и безопасности технологии закачки CO_2 . Разрабатываются новые материалы для улавливания и транспортировки, а также методы мониторинга, позволяющие в реальном времени отслеживать состояние CO_2 в пластах.

Потенциальные выгоды от закачки CO_2 в пласты включают снижение выбросов парниковых газов, создание новых возможностей для чистой энергетики, а также повышение безопасности и эффективности добычи углеводородов. Эта технология может иметь значительный положительный экологический эффект и способствовать достижению целей по сокращению выбросов CO_2 .

Преимущества данной технологии:

1. Высокая растворимость в нефти: Углекислый газ обладает высокой степенью растворимости в нефти. Это способствует снижению вязкости нефти и увеличению коэффициента извлечения. При растворении в нефти CO_2 способствует увеличению объема нефти, что в свою очередь способствует вытеснению остаточной неподвижной нефти [1].

2. Увеличение нефтеотдачи: В отличие от других газов, при использовании CO_2 в качестве вытесняющего агента можно достичь значительного увеличения коэффициента нефтеотдачи. В лабораторных условиях, при неограниченной смесимости, коэффициент вытеснения нефти может достигать 100%.

3. Снижение межфазного натяжения: Закачка углекислоты способствует снижению межфазного натяжения на границе нефть-

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

вода. Это улучшает смачиваемость породы водой и способствует вытеснению нефти [2].

Однако реализация закачки CO_2 в пласты сталкивается с вызовами, такими как высокие затраты на инфраструктуру, необходимость строгого контроля за процессом захоронения и опасения относительно возможных утечек газа из пластов. Для преодоления этих препятствий необходимо развивать инновационные подходы к мониторингу и контролю процесса, улучшать методы хранения CO_2 и проводить комплексное оценивание экологических и технологических последствий данной технологии.

Важно также продолжать исследования в этой области, развивать нормативную базу и создавать стимулы для принятия соответствующих законодательных актов, чтобы обеспечить успешное внедрение закачки CO_2 в геологические пласты. Эта технология имеет потенциал стать важным инструментом борьбы с изменением климата и обеспечения устойчивого развития нашей планеты.

Анализ экологических и технологических аспектов закачки CO_2 в пласт позволяет выявить значимость данной технологии в контексте борьбы с изменением климата. Правильное использование этого метода может привести к существенному снижению выбросов парниковых газов и созданию более устойчивой и экологически чистой энергетики. Дальнейшее развитие и расширение применения закачки CO_2 в пласт представляют собой перспективу для достижения глобальных целей по сокращению углеродного следа и обеспечению устойчивого развития

Перечень ссылок

1. Челак В. В. ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ //НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТУДЕНТОВ И УЧАЩИХСЯ 3. – 2023. – С. 10.
2. Трухина О. С., Синцов И. А. Опыт применения углекислого газа для повышения нефтеотдачи пластов //Успехи современного естествознания. – 2016. – №. 3. – С. 205-209.

УДК 519.67

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
АНАЛИЗА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АГЛОШИХТЫ В ПОТОКЕ**

О.В. Бакаев
ФГБОУ ВО «Донбасский государственный
технический университет»
г. Алчевск, ЛНР

***Аннотация.** Предложен интеллектуальный аналитический комплекс анализа химического состава аглошихты в потоке, который способен определять концентрации тяжелых и легких элементов с минимальной погрешностью за короткий промежуток времени до 10 минут*

***Annotation.** An intelligent analytical complex for analyzing the chemical composition of the sinter charge in a flow has been proposed, which is capable of determining the concentrations of heavy and light elements with a minimum error in a short period of time up to 10 minutes*

***Ключевые слова:** интеллектуальный аналитический комплекс, анализ химического состава, аглошихта, поток*

***Keywords:** intelligent analytical complex, chemical composition analysis, sinter charge, flow*

Основу доменной шихты составляет агломерат, от физико-химических свойств которого будет зависеть производительность доменной печи, качество выпускаемого чугуна, эффективность его производства и, как следствие, агломерат оказывает существенное влияние на технико-экономические показатели доменной плавки.

Основные химические параметры агломерата – это высокое содержание железа при минимальном содержании серы и фосфора и стабильной его основности в диапазоне $1,25 \pm 0,15$.

Производство агломерата со стабильной основностью можно получить двумя способами, если использовать стабильный химический состав шихтовых материалов при его эффективном усреднении на складе, или при использовании автоматизированных систем дозировки шихтовых материалов, которая должна основываться на экспрессных методах анализа этой шихты с необходимой точностью и достоверностью получаемых в результате опробования данных.

В настоящее время полный цикл определения химического состава аглошихты от момента отбора пробы до анализа в заводской лаборатории занимает не менее 3-5 часов, а при неэффективной работе

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

усреднительных складов все эти причины, приведут к более высоким колебаниям основности конечного продукта – агломерата [1].

Одним из высокоэффективных способов уменьшения нестабильности основности агломерата может быть разработка и внедрение интеллектуального аналитического комплекса для анализа химического состава аглошихты на все необходимые элементы, в динамическом диапазоне изменения концентраций и с полным временным циклом не более 10 минут.

На основании проведенных лабораторных и промышленных испытаний отдельных узлов и систем была предложена структурная схема высокоэффективного интеллектуального аналитического комплекса (АКБ-1) для анализа химического состава аглошихты на все необходимые элементы (MgO , Al_2O_3 , SiO_2 , CaO , P , S , Mn , Fe), в динамическом диапазоне изменения концентраций всех анализируемых элементов и с полным временным циклом не более 10 минут, которая представлена на (рис. 1).

Интеллектуальный аналитический комплекс состоит из четырех подсистем:

- подсистемы пробоподготовки;
- информационно-измерительной подсистемы;
- информационно-управляющей подсистемы;
- подсистемы управления основностью аглошихты.

Работа всех подсистем взаимосвязана. Обмен информацией осуществляется постоянно. Все подсистемы осуществляют самоконтроль и в аварийных ситуациях информация передается в диспетчерскую, а подсистемы обрабатывают аварийный режим.

Аналитический комплекс АКБ-1 работает следующим образом. Компоненты аглошихты с бункеров через весовые дозаторы поступают на сборный конвейер, а затем в барабан первичного смешивания, где происходит предварительное перемешивание многослойного пирога и снижение высокочастотной составляющей колебаний по химическому составу аглошихты.

При наличии шихтового материала на конвейерной ленте, после барабана первичного смешивания, происходит отбор пробы маятниковым пробоотборником. Проба поступает в бункер сбора пробы с вибросушкой, где осуществляется предварительная сушка материала, так называемая «сушка в кипящем слое». После окончания сушки проба подвергается двух стадийному измельчению в валковых дробилках, которые расположены в непосредственной близости одна от другой [2,3].

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

После первой стадии измельчения крупность материала составляет менее – 3 мм, а после второй, менее чем – 0,5 мм.

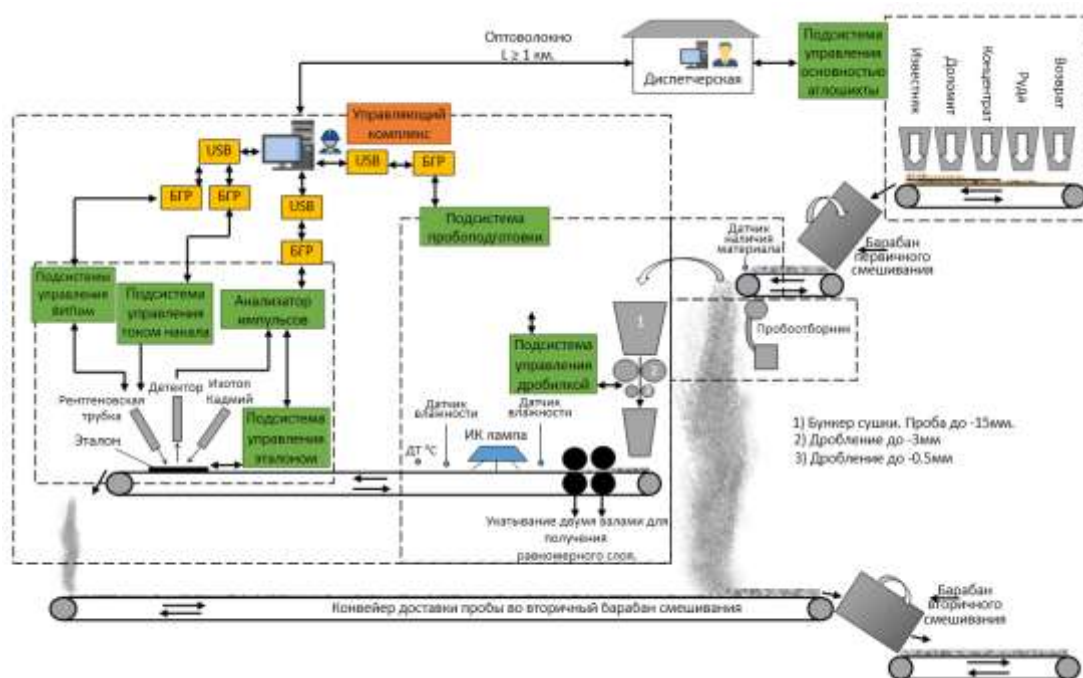


Рисунок 1. Структурная схема интеллектуального аналитического комплекса для определения химического состава аглошихты

ВИП – высоковольтный источник питания для рентгеновской трубки (РТ), БГР – блок гальванической развязки, USB – интерфейс связи подсистем управления с персональным компьютером, ДТ – датчик температуры поверхности пробы, 1 - бункер сбора пробы с вибросушкой, 2 – валковая дробилка первичного дробления шихты, 3 – валковая дробилка вторичного дробления шихты

Измельченная проба поступает в сборный бункер, который расположен над конвейером подачи пробы к аналитическому столу анализатора. Когда этот бункер заполняется пробами, отбитыми из потока аглошихты, конвейер анализатора начинает продвигать пробу до аналитического стола. На пути продвижения проба укатывается двумя валками для получения равномерного слоя с минимальным биением по высоте.

По пути к аналитическому столу поверхностный слой пробы подвергается сушке инфракрасной лампой с контролем поверхностной влажности пробы. Причем сушка нужна для поверхностного слоя (толщиной не более 75 мкм) укатанной пробы, которая поступает в

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

зону анализа. И только после всех вышеописанных операций пробу можно подвергнуть рентгенофлуоресцентному анализу.

Аналитический стол состоит из излучающих элементов – это изотоп кадмия и рентгеновская трубка «прострельного» типа. Рентгеновская трубка (РТ) запитана от прецизионных источников питания для накала РТ и высоковольтного для анода РТ с удаленным ИТ управлением [4]. Регистрацию вторичного излучения от пробы осуществляет блок детектирования с кремниевым p-i-n ППД и с термоэлектрическим охлаждением, который преобразует рентгеновское излучение в электрические сигналы. Предварительно усиленные сигналы поступают в анализатор импульсов, где происходит их интеллектуальная обработка, и в управляющем комплексе определяется химический состав шихты и осуществляется корректировка работы всех подсистем анализа. На основании этих данных формируется паспорт на аглошихту.

Выводы

В отличие от аналогов, представленный интеллектуальный аналитический комплекс анализа химического состава аглошихты способен определять концентрации тяжелых и легких элементов с минимальной погрешностью за короткий промежуток времени. Данный аналитический комплекс, при различных своих модификациях, может быть применён для определения химического состава сыпучих сред на различных предприятиях горнодобывающей и горноперерабатывающей индустрии.

Перечень ссылок

1. Гилева, Л. Ю. *Металлургия чугуна: учебное пособие* / Л.Ю. Гилева, Л.И. Каплун, С.А. Загайнов; под общ. ред. С. А. Загайнова; М-во науки и высш. образования РФ — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2021 — 128 с
2. Постникова И. В. Двух стадийное измельчение, как экономически выгодный вариант организации процесса сверхтонкого помола твердых материалов. *Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. общества им. Д.И. Менделеева)*, 2019, т. LXIII, №№ 3–4
3. Власенко Д. А. Развитие теории процессов дробления и практика совершенствования валковых дробилок с гладкими и рифлеными валками: монография / Д. А. Власенко. – Алчевск: ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», 2022. – 172
4. Бакаев О.В. Горбатов А.Ю. Прецизионный источник питания для рентгеновских трубок. *Международная научно-практическая конференция «Открытые физические чтения (18-19 мая 2018 г., г. Луганск): Тезисы докладов/ ред. кол.: Резниченко Л.А., Вербенко И.А., Краснякова Т.В., Горбенко Е.Е., Корсунов К.А. – Луганск: Изд-во ЛНУ им. Даля, 2018. – 7 с.*

УДК 546.26-162: 541.49

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ 3D-СТРУКТУРЫ
ВОССТАНОВЛЕННЫХ ОКСИДОВ ГРАФИТА**

В.В. Гнатовская, О.Н. Осколкова, Д.И. Бугорская, Д.Т. Куриленко,
Е.С. Карташинская, В.А. Глазунова, В.В. Бурховецкий
ФГБНУ «Институт физико-органической химии и углехимии
им. Л.М.Литвиненко»,
г. Донецк, ДНР

***Аннотация.** В данной работе проведено исследование свойств гидро- и аэрогелей, полученных при восстановлении оксида графита. В качестве восстановителей использованы тиомочевина и аскорбиновая кислота. Морфология полученных частиц изучена методами просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии.*

***Annotation.** In this work, the properties of hydrogels and aerogels obtained by reduction of graphite oxide have been investigated. Thiourea and ascorbic acid were used as reducing agents. The morphology of the obtained particles was studied by transmission and scanning electron microscopy.*

***Ключевые слова:** оксид графита, гидрогель, аэрогель, модифицированный метод Хаммерса, тиомочевина, аскорбиновая кислота.*

***Keywords:** graphite oxide, hydrogel, aerogel, modified Hammers method, thiourea, ascorbic acid.*

Создание аэрогелей на основе восстановленного оксида графита (ВОГ) является весьма актуальной темой в настоящее время благодаря их высокой пористости, удельной поверхности и способности проводить электрический ток. Ряд образцов, полученных за это время, и подходы к их производству открывают серьезную перспективу для использования этих материалов в качестве суперконденсаторов [1], газовых датчиков и электрических батарей. Повышенный интерес к оксиду графита (ОГ) в качестве предшественника таких материалов обусловлен его способностью образовывать стабильные коллоидные дисперсии в полярных растворителях (таких как вода), а также преобразовываться в графеноподобную форму с пониженной электропроводностью при химической или термической обработке.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Самый простой и эффективный способ получения трехмерных материалов из графеноподобных листов – это получение гидрогеля из ОГ с последующим удалением растворителя сушкой.

Для восстановления ОГ используются различные органические и неорганические восстановители. Использование L-аскорбиновой кислоты для получения механически прочного и электропроводящего аэрогеля в отличие от других восстановителей не приводит к образованию побочных продуктов реакции, которые существенно влияют на однородность структуры синтезированного аэрогеля [2]. Одним из перспективных восстановителей является также тиомочевина. В работе [3] было показано, что при воздействии ультразвука на дисперсии оксида графита, восстановленного тиомочевинной, образуется гидрогель с высокоразвитой поверхностью.

Предпочтительным методом получения ОГ является модифицированный метод Хаммерса, который обладает преимуществами высокой эффективности и безопасности. Отличие методики синтеза ОГ, использованной в нашей работе, от классической состоит в более продолжительной (1 час) стадии взаимодействия с перманганатом калия. Методика синтеза была следующей: в круглодонную трёхгорлую колбу, снабженную термометром, помещали 1 г графита, добавляли 0,5 г NaNO_3 , 23 см³ концентрированной H_2SO_4 , опускали якорь магнитной мешалки в тефлоновой оболочке. При перемешивании охлаждали смесь в ледяной бане до 0 °С. Не прекращая перемешивания в течение 20 мин, вносили 3 г KMnO_4 . Смесь выдерживали при температуре 0 ± 2 °С в течение 1 ч. После этого реакцию смесь нагревали до 35-40 °С и продолжали окисление в течение 30 мин. Далее к реакционной смеси добавляли 46 см³ дистиллированной воды, нагревали до 90-95 °С и выдерживали при этой температуре 15 мин. Затем добавляли 140 см³ охлажденной дистиллированной воды и 50 см³ 3%-ного водного раствора H_2O_2 . Отделяли ОГ от реакционной смеси центрифугированием и декантацией. Таким же способом промывали продукт один раз 2,5%-ным раствором HCl , а потом дистиллированной водой до нейтральной реакции промывных вод. Высушивали ОГ либо в сушильном шкафу при 50 °С, либо методом сублимации после замораживания в жидком азоте.

Восстановление ОГ проводили следующим образом. В термостатируемый реактор помещали навеску ОГ, добавляли дистиллированную воду. Затем смесь обрабатывали ультразвуком в ультразвуковой ванне Codyson CD-4800 (42 кГц, 70 Вт) в течение 30 мин для получения суспензии ОГ. Добавляли в реактор навеску

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

тиомочевины (аскорбиновой кислоты). Термостатируемый реактор помещали в ультразвуковую ванну и проводили восстановление при температуре 80 °С в течение 1 ч.

Исследования морфологии и внутренней структуры частиц ВОГ проводили методом просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) (микроскоп JEM-200A фирмы «JEOL»). Исследование поверхности образцов выполняли с помощью растрового (сканирующего) электронного микроскопа (СЭМ) JSM-6490LV (Япония). Съемка проводилась в режиме вторичных (SEI) электронов.

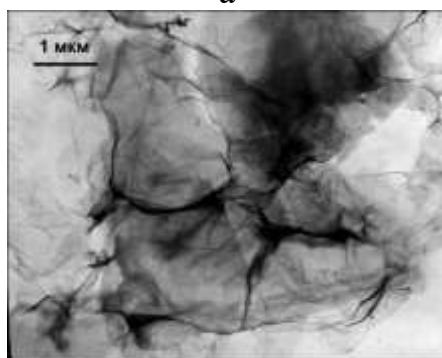
В обоих случаях восстановления был получен гидрогель. С тиомочевинной он получился достаточно плотным, сохраняющим свою форму, но при переносе наблюдалось частичное разрушение его структуры (рис. 1, а). В то время как гидрогель, восстановленный аскорбиновой кислотой, имел более упругую форму (рис. 1, б). Данные ПЭМ (рис. 1, в, г) свидетельствуют о более тонкой и волнистой структуре ВОГ тиомочевинной.



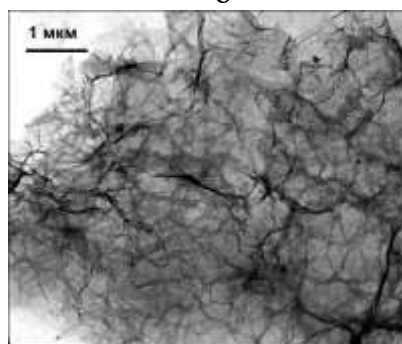
а



б



в



г

Рисунок 1 Внешний вид и ПЭМ-изображения гидрогеля, восстановленного тиомочевинной (а, в) и аскорбиновой кислотой (б, г).

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Анализ морфологии поверхности аэрогелей, полученных методом сублимационной сушки, показал, что аэрогель с тиомочевинной имеет большую пористость (рис. 2).

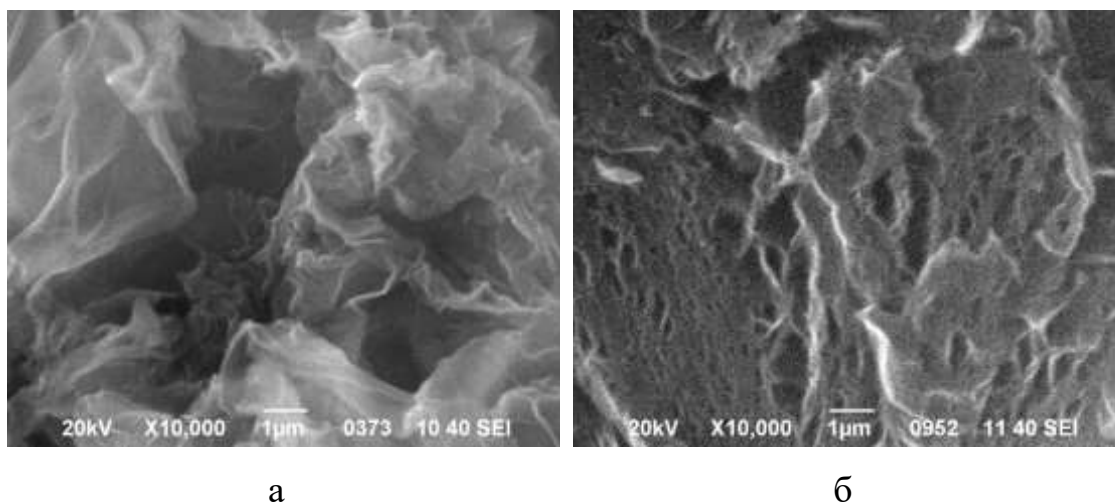


Рисунок 2. СЭМ-изображения сублимированного ВОГ тиомочевинной (а) и аскорбиновой кислотой (б).

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что 3D-структуры, образующиеся при восстановлении ОГ с помощью тиомочевины, имеют более рыхлую и пористую структуру, в то время как восстановленные аскорбиновой кислотой – более плотную и упругую. Несмотря на это, обе модификации могут найти применение. Так, гидрогель ОГ, восстановленный тиомочевинной, может быть использован для создания материалов, требующих быстрого впитывания и высвобождения веществ. В то время как гидрогель с аскорбиновой кислотой будет предпочтительнее в случаях, где требуется высокая механическая прочность и стабильность материалов. Аэрогель, полученный с помощью тиомочевины, может использоваться для систем хранения энергии, например, как электроды для суперконденсаторов [4], благодаря своей пористости и проводимости. Аэрогель, синтезированный с применением аскорбиновой кислоты, представляется перспективным для создания защитных покрытий или фильтров [5], где важна структурная целостность и способность выдерживать механические нагрузки.

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, бюджетная тема «Углеродные наночастицы с заданной морфологией: синтез, структура и физико-химические свойства, FRES-2023-0006».

Перечень ссылок

1. Graphene Based Aerogels: Fundamentals and Applications as Supercapacitors / Y. B. Pottathara, H. R. Tiyyagura, Z. Ahmad, K. K. Sadasivuni // Journal of Energy Storage. – 2020. – Vol. 30. – Art. No. 101549. – 12 p. – DOI: 10.1016/j.est.2020.101549.
2. Mechanically strong and highly conductive graphene aerogel and its use as electrodes for electrochemical power sources / X. Zhang, Z. Sui, B. Xu [et al.] // Journal of Materials Chemistry. – 2011. – Vol. 21, Is. 18. – P. 6494–6497. – DOI: 10.1039/C1JM10239G.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

3. Влияние ультразвука на структуру восстановленного тиомочевинной оксида графита / Н. В. Алемасова, С. Р. Сухова, В. В. Кравченко [и др.] // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. – 2020. – Вып. 12. – С. 765–774. – DOI: 10.26456/pcascnn/2020.12.765.

4. Alwin, S. Aerogels: promising nanostructured materials for energy conversion and storage applications / S. Alwin, X. Sahaya Shajan // Materials for Renewable and Sustainable Energy. – 2020. – Vol. 9, Is. 2. – Art. No. 7. – 27 p. – DOI: 10.1007/s40243-020-00168-4.

5. Preparation Functionalized Graphene Aerogels as Air Cleaner Filter / X. Xiong, N. Ji, C. Song, Q. Liu // Procedia Engineering. – 2015. – Vol. 121. – P. 957–960. – DOI: 10.1016/j.proeng.2015.09.062.

УДК 662.613.1

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ
КОТЕЛЬНОЙ АО «ЦОФ БЕРЕЗОВСКАЯ»**

А.В. Олина, Н.А.Золотухина
ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет
им. Т. Ф. Горбачева»,
г. Кемерово, РФ

***Аннотация.** В настоящее время очень большое внимание уделяется проблемам, связанных с ростом золошлаковых отходов. Их возрастающий объём приводит к экологическим проблемам. Решением проблемы является переработка данных отходов, с целью извлечения ценных компонентов*

***Annotation.** Nowadays very much attention is paid to the problems related to the growth of ash and slag wastes. Their increasing volume leads to environmental problems. The solution of the problem is processing of these wastes in order to extract valuable components*

***Ключевые слова.** Золошлаковые отходы, сульфатизация, зола, серная кислота*

***Keywords .** Ash and slag waste, sulfatization, ash, sulfuric acid*

В России расположено огромное количество обогатительных фабрик, которые в процессе функционирования непосредственно загрязняют окружающую среду. Такие процессы как: измельчения, дробления, сушки, обжига продуктов, транспортировка всего материала, сопровождается большими выбросами – золошлаковыми отходами (ЗШО).

В Российской Федерации большое скопление данных отходов связано с неэффективными технологиями при их утилизации[1]. Площадь накопления золошлаковых отвалов составляет свыше 1,5 млрд. тонн. Ежегодное образование ЗШО составляет 21-22 млн. тонн, но используется при этом около 6 млн тонн. В связи с таким высоким ростом выбросов, уже к 2029 объём запасов золошлаковых отходов может достигнуть 2 млрд тонн, при условии, что переработка останется прежней[2].

Уровень утилизации ЗШОв России составляет примерно 4 %, из них около 30% применяется в почвенных работах (нейтрализация кислых почв), 0,2% – для производства удобрений, 0,02% – для получения редких элементов, оставшееся количество применяется в

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

производстве материалов для строительных работ [3]. Особый интерес представляет выделение из ЗШО полезных компонентов, минералов. Уголь содержит многие примеси полезных веществ и при его сжигании их содержание в золе может возрастать в 5-6 раз. У золы нет однородного химического состава, она представляет собой гетерогенные смеси[4]. В таблице 1 представлен химический состав золошлаковых отходов котельной АО «ЦОФ Березовская» (данные показатели определены методом атомно-эмиссионной спектроскопии на спектрометре синдуктивно-связанной плазмой iCAP 7400 Duo)[5].

Таблица 1 Химический состав золошлаковых отходов котельной АО «ЦОФ Березовская»

Оксиды, % масс.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂
Зола	37,6	15,1	7,06	5,2	1,78	0,06	1,25	1,5	0,69

Экспериментальная часть: для извлечения ценных компонентов использовали золу (БЦ-КВ, усреднённая) котельной АО «ЦОФ Березовская». Отбор пробы, осуществляли методом квартования, далее сушили, дробили и измельчали. Затем подготовленную пробу исследовали, на содержание макрокомпонентов и лантана. Отбирали три образца, подготовленной пробы, массой по 50 г, к каждому образцу добавлялся оксид лантана (III) (La₂O₃) - 0,05г. После внесения оксида лантана ко всем образцам приливали серную кислоту разной концентрации: 96%, 90%, 85%. Процесс сульфатизации выполняли в соотношении О:К÷1:1,5. К первому образцу добавили 42,5мл H₂SO₄ сконцентрацией 96%, ко второму - 46мл H₂SO₄(90% масс.), к третьему - 50 мл H₂SO₄ (85% масс). При добавлении кислоты протекает экзотермическая реакция и выделяется небольшое количество сероводорода. Далее образцы спекали при 200°C в течение 3 часов. После спекания образцы имели тёмно-коричневую окраску.

Для извлечения макрокомпонентов и лантана далее проводили процесс выщелачивания водой в соотношении П:В÷1:5. Полученные смеси перемешивали в течение 1 час при 300 об/мин (для перемешивания использовалась верхнеприводная мешалка MB-6 Stegler). Затем смеси отфильтровывали и осадок промывали дистиллированной водой. После фильтрования осадок – чёрного цвета, а фильтрат приобрёл светло-жёлтый цвет. Твердый осадок сушили в сушильном шкафу при температуре 110-120°C до постоянной массы, а фильтрат выпаривали и далее сушили при 250°C для полного удаления воды в течение 3 часов, полученные образцы фильтрата

**Перспективные направления развития экологии и
химической технологии**

имели клейкообразную консистенцию, т.к. насыщены сульфат-ионами, поэтому для доведения их до постоянной массы температуру подняли до 350°C, и сушили в течение 9 часов.

Химический состав образцов: фильтратов и твёрдых осадков определялся на волнодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре «СПЕКТРОСКАН МАКС-GVM» (производство ООО НПО «СПЕКТРОН» г. Санкт-Петербург). Результаты анализа, которого представлены в таблице 2,3.

Таблица 2 Содержание компонентов в образце котельной АО «ЦОФ Березовская» после выщелачивания водой

Элементы, % масс.	Твёрдый остаток модельного образца (96% масс., H ₂ SO ₄)	Твёрдый остаток модельного образца (90% масс., H ₂ SO ₄)	Твёрдый остаток модельного образца (85% масс., H ₂ SO ₄)	Фильтратная часть модельного образца (96% масс., H ₂ SO ₄)	Фильтратная часть модельного образца (90% масс., H ₂ SO ₄)	Фильтратная часть модельного образца (85% масс., H ₂ SO ₄)
1	2	3	4	5	6	7
Mg	0,321871021	0,322201551	0,30709393	1,27335674	1,89518117	1,91440314
Al	4,21696287	4,56615491	4,72895429	7,14022144	8,17660915	8,41341792
Si	21,792621	19,529139	19,3238204	0,304863763	0,448638722	0,386843693
P	0,061649544	0,075555746	0,074401813	0,178430927	0,16796372	0,226345353
S	3,68087539	4,38007752				
K	0,945943438	0,962986771	0,788134679	0,496673202	0,569982318	0,60591722
Ca	1,67575206	1,83783744	1,53535028	1,86790658	1,94414764	1,95923639
Ti	0,266336437	0,324026508	0,298951967	0,50897858	0,466249871	0,467345932
V	0,005938815	0,007512193	0,006708814	0,012718993	0,012479185	0,012239046
Cr				0,006576746	0,005156221	0,00398597
Mn	0,018226107	0,021763742	0,020499531	0,06996169	0,074838684	0,077052006
1	2	3	4	5	6	7
Fe	1,4596864	1,73439649	1,76639316	8,13281126	8,72191877	8,89433234

**Перспективные направления развития экологии и
химической технологии**

Co		0,000389 728				
Ni	0,003320 957	0,002726 396	0,002674 488	0,009508 94	0,007833 057	0,008419453
Cu		0,001104 35	0,001930 336	0,001911 595		
Zn						0,029916028
Sr	0,046283 632	0,045172 958	0,043278 215			
Ba	0,114714 272	0,113069 865	0,096022 169			

Таблица 3 Содержание лантана в образце котельной АО «ЦОФ Березовская» после выщелачивания водой

Элемент, г.	Твердый остаток модельного образца (96% масс., H ₂ SO ₄)	Твердый остаток модельного образца (90% масс., H ₂ SO ₄)	Твердый остаток модельного образца (85% масс., H ₂ SO ₄)	Фильтратная часть модельного образца (96% масс., H ₂ SO ₄)	Фильтратная часть модельного образца (90% масс., H ₂ SO ₄)	Фильтратная часть модельного образца (85% масс., H ₂ SO ₄)
La	-	-	0,013	0,042	0,029	0,018

Выводы:

Распределение макрокомпонентов: алюминия, магния, железа, кальция происходит как в твёрдой части остатка, так и в фильтратной, но большее содержание их приходится на фильтратную часть при использовании 85% серной кислоты. Другие элементы также распределяются в твёрдом остатке и в фильтратной части, кроме бария, стронция, цинка, кобальта, серы и хрома.

При исследовании модельной системы, где искусственно вводили La₂O₃, выявлено, что лантан мигрирует в фильтратную часть, а в твёрдой части он не содержится, кроме модельного образца, где использовалась 85% серная кислота, а в 96% - фильтратной части выход лантана составил 97%.

Перечень ссылок

1. Черкасова, Т. Г. Комплексная переработка высокоуглеродных отходов от обогащения и сжигания угля [Текст] / Т. Г. Черкасова, А. В. Тихомирова, М. О. Пилин, Д. А. Баранцев, В. В. Ченская // Вестник КузГТУ. — 2023. — № 5. — С. 65-72.
2. Зверева, Э.Р. Комплексный метод утилизации золошлаковых отходов тепловых электростанций [Текст] / Э.Р. Зверева, В.П. Плотникова, Ф.И. Бурганова, Л.О. Зверев // Вестник КГЭУ. — 2019. — № 2(42). — С. 15-26.
3. Худякова, Л.И. Комплексное использование золошлаковых отходов [Текст] / Л.И. Худякова, А.В. Залуцкий, П.Л. Палеев // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. — 2015. — № 7-8. — С. 26-36.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

4. Черепанов, А.А. Анализ химического состава золошлаковых отходов ТЭС Дальневосточного региона как техногенных месторождений благородных металлов [Текст] / А.А.Черепанов. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — 2014.

5. Черкасова, Т. Г. Анализ продуктов кислотного выщелачивания золошлаковых отходов котельной АО «ЦОФ БЕРЕЗОВСКАЯ» [Текст] / Т. Г. Черкасова, Н. А. Золотухина, Т. В. Буланова, Ю. А. Винидиктова, В. В. Ченская // Вестник Кузбасского государственного технического университета. — 2023. — № 6. — С. 39-46.

УДК 625.765

**ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ ЗИМНЕМ
СОДЕРЖАНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

К.М. Пасичник, М.В. Савсюк
ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический
университет»,
г. Екатеринбург, Россия

***Аннотация.** В работе рассмотрены вопросы проведения профилактических мероприятий при эксплуатации автомобильных дорог в зимний период времени, а также описаны предложения и существующие мероприятия профилактики*

***Annotation.** This article describes the importance of preventive measures during the operation of highways in winter, as well as describes the proposals and existing preventive measures*

***Ключевые слова:** профилактика; противогололедные материалы; автомобильная дорога; зимнее содержание автомобильных дорог*

***Keywords:** prevention; deicing materials; automobile road; winter maintenance of highways*

Высокие требования к состоянию и обслуживанию дорог предъявляются для повышения безопасности дорожного движения. Это особенно актуально в зимний период времени. Дорога зимой становится крайне опасной. По статистике, количество аварий в зимний период времени возрастает на 55% [1].

Обслуживание дорог в зимний период включает в себя следующие мероприятия: *удаление снежных и ледяных образований, защита и профилактика.*

Удаление снежных и ледяных образований дорог в зимний период предусматривает устранение снежных накоплений и льда с дорожного покрытия для обеспечения проходимости дорог.

Защита – это мероприятия по защите дорог от снегозаноса, путём обустройства траншей, установки заборов и щитов, посадке лесонасаждений и т.д.

Профилактические работы направлены на предотвращение образования льда, снижение скользкости на автомобильных дорогах и обеспечение бесперебойного и безопасного движения транспортных средств с расчётной скоростью.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Если защите и уборке дорог уделяется должное внимание, то на профилактических работах зачастую экономят и обходят их стороной. В свою очередь, отсутствие профилактики в дальнейшем существенно усложняет ликвидацию обледенений.

Суть мероприятий по профилактике заключается в распределении противогололёдных материалов (ПГМ) до образования на проезжей части дороги гололеда или снежного наката.

Ниже представлены основные профилактические мероприятия, проводимые в зимний период:

- работа с метеостанциями и предоставление актуальной информации о состоянии дорог и прогнозах погоды;
- обработка дорожного покрытия антигололёдными реагентами, для предотвращения образования льда на дорожном покрытии;
- регулярная обработка опасных участков (мостов, затяжных подъемов и спусков, пешеходных переходов и т.п.) противогололёдными материалами;
- обеспечение удобного и безопасного движения транспортных средств по автомобильным дорогам.

Проведение профилактических работ при содержании автомобильных дорог в зимний период имеет крайне важное значение. Регулярное проведение профилактических работ способствует увеличению уровня безопасности движения, а также снижению риска возникновения аварийных ситуаций.

Важно отметить, что проведение профилактических работ просто невозможно без актуальных метеоданных, которые получают с автоматических дорожных метеорологических станций.

Автоматическая дорожная метеорологическая станция – это специальная система раннего предупреждения и прогнозирования гололеда, которая оборудована датчиками измерения метеорологических параметров и состояния дорожного покрытия.

На рисунке 1 представлено устройство автоматической дорожной метеорологической станции.

Дорожные метеостанции достаточно дорогие, они нуждаются в регулярной проверке и их обслуживанием должны заниматься квалифицированные специалисты [2].

В целях экономии можно устанавливать дорожные метеостанции только в очагах аварийности или использовать альтернативный метод, а именно данные с ближайших метеостанций, однако в силу отсутствия

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

датчиков непосредственно на дорожном покрытии, информация будет иметь погрешность.

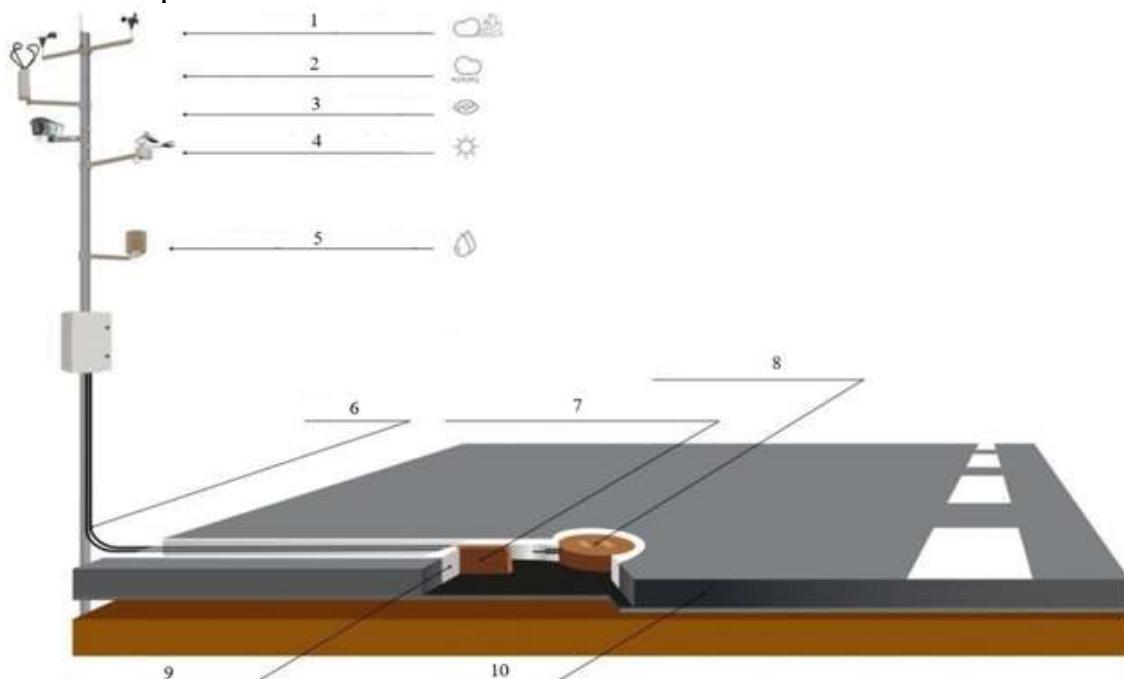


Рисунок 1 – Автоматическая дорожная метеостанция:

- 1-датчик скорости и направления ветра; 2- датчик давления воздуха;
- 3-видеокамера; 4- датчик метеорологической дальности видимости;
- 5- датчик температуры воздуха и относительной влажности;
- 6-кабели; 7-датчик температуры поверхности дорожного покрытия;
- 8-датчик состояния поверхности дорожного покрытия;
- 9- теплопроводящая мастика; 10- асфальтобетон

Полученные метеоданные используют для своевременной обработки дорожного покрытия противогололедными материалами.

Чаще всего в мерах профилактики используют химические противогололедные материалы.

В таблице 1 представлена классификация некоторых химических ПГМ и рекомендации к их применению. Реагенты являются экологически безопасными, не оказывают негативного воздействия на почву и не представляют угрозы для здоровья людей и животных.

Ещё одним из методов профилактики является использования табло переменной информации.

Суть данного метода заключается в появлении на экране такого стенда информации в виде изображения, которая предупреждает участников движения о различных ситуациях на дороге.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Таблица 1 – Классификация некоторых химических ПГМ и рекомендации к их применению.

Химические ПГМ		
Состав	на основе натрия	на основе кальция и магния
Название ПГМ	- Техническая соль - Rockmelt Salt - Iceburn ECO - Mr.Defrodter «Mineral Salt»	- Iceburn Ultra Power - GoodHim500 №31 - IceCare Power
Рекомендации к применению	Удаление наледи на проезжей части дорог	Обработка дорог в условиях сильных морозов (до -30°C)

Стенды такого формата хороши тем, что могут нести информацию любого типа, от предупреждения о том, что дорога впереди закрыта или возникло дорожно-транспортное происшествие, до прогноза погоды и рекомендации к скоростному режиму.

На рисунке 2 представлен пример интерактивного дорожного стенда, который предупреждает о возможном образовании гололеда.



Рисунок 2 – Табло переменной информации

Перечисленные профилактические меры, включающие мероприятия с использованием химических противогололедных материалов, автоматических дорожных метеостанций и табло переменной информации могут быть применены на территории Донецкой Народной Республики при зимнем содержании автомобильных дорог.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Эффективно применяя профилактические меры в зимний период, можно минимизировать риски возникновения дорожно-транспортных происшествий, а также обеспечить бесперебойное функционирование дорожной инфраструктуры.

Перечень ссылок

1. Статистика аварий / Электронный ресурс // Lenta.ru: [сайт]. - URL: <https://lenta.ru/news/2024/01/11/> (дата обращения: 27.04.2024).
2. Дорожные метеостанции / [Электронный ресурс] // МераПрибор: [сайт]. - URL: <https://merapribor.ru/catalog/osadkomery> (дата обращения: 01.05.2024).
3. Васильев, А.П. Эксплуатация автомобильных дорог [Текст] / А.П. Васильев — 2 том. — Москва: Академия, 2013 — 320 с.

УДК 628.1

**ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ
АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ**

И.Н. Шульгин, А.С. Козодаев
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет „МЭИ“»
г. Москва

***Аннотация:** В обзорной статье исследуются последние достижения в области флотокомбайнов и их воздействия на технологические процессы в различных отраслях промышленности. Флотокомбайны представляют собой инновационное решение, объединяющее флотацию и комбинацию различных технологий, с целью повышения эффективности и производительности в сфере очистки сточных вод.*

***Annotation:** The review article examines the latest achievements in the field of flotation combines and their impact on technological processes in various industries. Flotation combines are an innovative solution combining flotation and a combination of different technologies in order to increase efficiency and productivity.*

***Ключевые слова:** полициклические ароматические углеводороды, сточные воды, флотокомбайн*

***Keywords:** Polycyclic aromatic hydrocarbons, wastewater, flotation combine*

Введение

Очистка сточных вод от полициклических ароматических углеводородов – это сложный и многоэтапный процесс, который требует применения специализированных технологий и оборудования. Полициклические ароматические углеводороды представляют опасность для окружающей среды и здоровья людей.

Для эффективной очистки сточных вод от полициклических ароматических углеводородов используются различные методы, включая биологическую очистку, химическую обработку и фильтрацию. Биологическая очистка основана на использовании живых микроорганизмов, способных разрушать ароматические углеводороды, а химическая обработка включает применение специальных реагентов для нейтрализации вредных веществ. Также часто применяются специализированные системы фильтрации, которые помогают улавливать и удалять полициклические

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

ароматические углеводороды из воды. Соблюдение экологических стандартов и защита окружающей среды от вредных веществ возможны только благодаря правильно организованному процессу очистки.

Актуальность

В сточных водах, которые происходят от различных производственных и домашних хозяйств, часто присутствуют полициклические ароматические углеводороды, образованные в результате сгорания топлива, нефтепродуктов и других природных или синтетических соединений. Эти вещества являются высокотоксичными и канцерогенными, способными нанести серьезный вред человеческому здоровью и вызвать экологические проблемы.

Очистка сточных вод от полициклических ароматических углеводородов имеет следующие основные причины:

1. Защита здоровья людей: сточные воды, которые содержат полициклические ароматические углеводороды, могут стать источником опасных веществ для людей. Эти вещества могут проникнуть в организм человека через воздух, пищу и питьевую воду. Некоторые полициклические ароматические углеводороды обладают канцерогенными свойствами и способны вызвать серьезные заболевания, включая рак. Поэтому очищение сточных вод от полициклических ароматических является важной мерой для защиты здоровья людей и животных.

2. Спасение экосистем: полициклические ароматические углеводороды, попадая в водные системы, могут нанести значительный вред окружающей среде и биологическому разнообразию. Они загрязняют водные ресурсы, наносят ущерб рыбам, растениям и другим живым организмам. Очистка сточных вод от полициклических ароматических имеет важное значение для сохранения экосистемы и восстановления естественного баланса в водных системах.

3. Соответствие нормам и требованиям: в большинстве стран существуют юридические нормы, которые ограничивают содержание полициклических ароматических углеводородов в сточных водах. Предприятия и организации обязаны соблюдать эти нормы, иначе им грозят штрафы и санкции, вплоть до закрытия самих предприятий. Поддержание сточных вод в соответствии с требуемыми стандартами обеспечивает соблюдение экологических норм и поддерживает нормальное функционирование производственных процессов.

Таким образом, очистка сточных вод от полициклических ароматических углеводородов является неотъемлемой частью процесса

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

обеспечения чистой и безопасной водной среды как для людей, так и для природы.

Основная часть

После выхода постановления Правительства РФ №644 [1] были разработаны новые более жесткие единые требования для всех регионов РФ, касающиеся качественного состава сбрасываемых в городскую канализацию сточных вод, с целью обеспечения качества воды, сбрасываемой в канализацию, во многих регионах были введены строгие стандарты, в списки контролируемых веществ которых включены токсичные полициклические ароматические углеводороды, такие как бензапирен (БП), трихлорметан, тетрахлорметан, нафталин и другие. Однако очистка этих соединений является сложной задачей. В связи с новыми требованиями, разработка эффективных методов очистки сточных вод от опасных веществ стала важной задачей.

Исследования, проведенные на кафедре, доказали эффективность применения физико-химических методов очистки [2,3]. Данный метод обработки воды признается надежным и экологически безопасным. Он не только исключает возможность образования отходов, способных загрязнить атмосферу или землю, но и обходится без необходимости использования значительных объемов самой воды, что, в свою очередь, способствует сохранению наших водных ресурсов. На основе данного метода и опыта многих разработчиков [3,4] была разработана инновационная технология, которая включает использование специальных флотокомбайнов типа КБС [2], обработку реагентами, флотацию, осаждение, фильтрацию и дезинфекцию. Эта схема обеспечивает высокую степень удаления опасных веществ, таких как бензапирен, дибутилфталат, нафталин и другие.

Одним из главных преимуществ флотокомбайнов является их высокая производительность. Эти устройства способны обрабатывать большие объемы сточных вод в короткие сроки, что позволяет значительно сократить время очистки и улучшить общую эффективность работы. Очистка таких сточных вод приводит к достаточно высоким технологическим результатам удаления бензапирена, дибутилфталата, нафталина и других сложных органических веществ. Остаточная концентрация бензапирена после проведения опытов не превышает установленную для сброса в городскую канализацию ПДК=0,00002 мг/л, а для дибутилфталата соответственно – 0,00001 мг/л [5] (рис. 1).

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

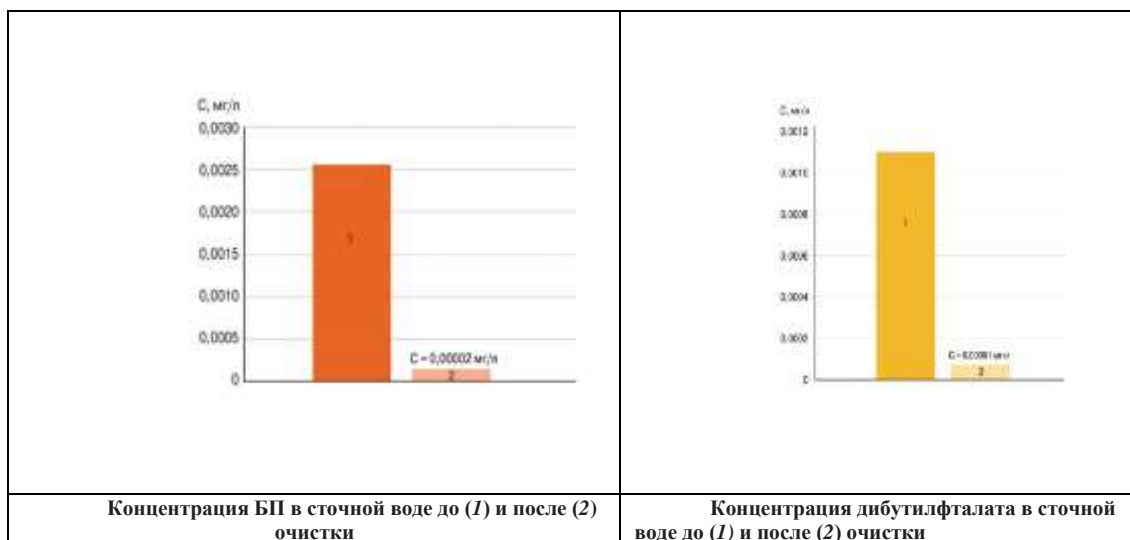


Рисунок 1. Сравнение концентраций веществ в сточной воде до и после очистки

После проведения исследования результатов очистки сточной воды флотокомбайном необходимо отметить, что данное технологическое решение является эффективным и экологически безопасным.

Ещё одно преимущество флотокомбайнов состоит в их гибкости и универсальности. Эти системы могут быть легко приспособлены к различным типам сточных вод и условиям. Они работают как стационарно, так и в мобильном режиме, что позволяет их легко перемещать и устанавливать в нужных местах. Это особенно важно в случаях аварийных ситуаций или временных мероприятий, когда требуется быстрая и эффективная очистка сточных вод.

Кроме того, флотокомбайны являются одним из наиболее экономически выгодных решений, позволяющих снизить расходы на утилизацию сточных вод и сократить количество отходов. С использованием передовых технологий, они обеспечивают снижение затрат на обслуживание и эксплуатацию, а также значительно уменьшают потребление воды и энергии.

Технологические разработки кафедры вызвали интерес у предприятий, которые столкнулись с необходимостью соответствия экологическим стандартам. На данный момент несколько компаний уже успешно внедрили разработанные в университете методы очистки в своей работе. Например, АО ОДК построила несколько очистных сооружений, применяя новые технологии, разработанные на кафедре.

Хотя флотокомбайны и физико-химический метод очистки сточных вод являются широко используемыми методами в сфере очистки сточных вод, они также имеют свои ограничения и недостатки.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Поэтому, при выборе метода очистки сточных вод, необходимо тщательно взвесить все факторы и выбрать наиболее подходящий и эффективный метод для конкретной ситуации.

Заключение

Заключительно, представляется важным отметить, что флотокомбайны и физико-химические методы очистки сточных вод играют ключевую роль в борьбе с загрязнением в водных системах. Флотокомбайны представляют собой эффективное средство для удаления суспензий и мелкодисперсных частиц из воды, что позволяет существенно повысить качество сточных вод и обеспечить их безопасный сброс в природные водоемы. С другой стороны, физико-химические методы очистки воды обеспечивают эффективное удаление органических и неорганических загрязнений. Применение различных процессов, таких как коагуляция, флокуляция и осаждение, позволяет успешно избавляться от вредных веществ в воде, таких как нефтепродукты, тяжелые металлы и прочие примеси.

В целом, результаты очистки сточной воды флотокомбайном являются весьма впечатляющими и многообещающими. Эта технология открывает новые перспективы в области очистки сточных вод и может стать основой для развития более эффективных и экологически чистых способов решения проблем санитарии и сохранения окружающей среды.

Перечень ссылок

1. Постановление Правительства РФ от 29.07.2013 № 644 (ред. от 28.11.2023) "Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации"
2. Усовершенствование технологической схемы физико-химической очистки сточных вод / Б.С. Ксенофонтов, А.С. Козодаев, Р.А. Таранов, М.С. Виноградов // Экология и промышленность России, 2021. Т. 25. № 4. С. 10–13.
3. Ксенофонтов Б.С. Флотационная обработка воды, отходов и почвы. М.: Новые технологии. – 2010. – 272 с.
4. Ксенофонтов Б.С. Охрана окружающей среды: биотехнологические основы. М., ИД "Форум"— Инфра-М., 2016. 200 с.
5. СНиП 2.04.03.-85. Канализация. Наружные сети и сооружения // М. 1986.

УДК 628.35

О ДЕФОСФАТИЗАЦИИ СТОЧНЫХ ВОД СТАРОБЕШЕВСКОЙ ТЭС

Я.А. Казакова, Е.А. Трошина
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,
г. Донецк, ДНР

***Аннотация.** Рассматривается проблема эвтрофикации водоемов, физико-химический метод удаления фосфора из хозяйственно-бытовых сточных вод с применением различных реагентов; рассчитана доза различных коагулянтов для удаления фосфатов из хозяйственно-бытовых сточных вод Старобешевской ТЭС*

***Annotation.** The problem of water bodies eutrophication and the physic and chemical method of phosphorus removal from domestic wastewater have been studied, the dose of 3 coagulants for removing phosphates from domestic wastewater of Starobeshevskaya TPP has been calculated*

***Ключевые слова:** эвтрофикация, сточные воды, дефосфатизация, фосфаты, реагенты, доза реагента*

***Keywords:** eutrophication, wastewater, dephosphatization, phosphates, reagents, dose of reagent*

Одной из основных проблем загрязнения водоемов хозяйственно-бытовыми сточными водами является антропогенное эвтрофирование водоемов.

В результате поступления со сточными водами питательных веществ начинают с большой скоростью размножаться сине-зеленые водоросли, которые приводят природные бассейны к «цветению», ограничивается проникновение солнечных лучей вглубь водоема. Это, в свою очередь, вызывает прекращение выделения кислорода наддонными растениями, который используют для дыхания рыбы.

Одним из биогенных элементов является фосфор, который в водоемы поступает с бытовыми сточными водами в основном в виде коллоидной и растворенной формы фосфатов, ортофосфатов, полифосфатов, содержащихся в разнообразных моющих средствах, с фекалиями животных и людей, а также со сточными водами различных промышленных производств, таких, как, например, Старобешевская ТЭС.

Для удаления фосфора из сточных вод возможно применение одного из трех основных методов:

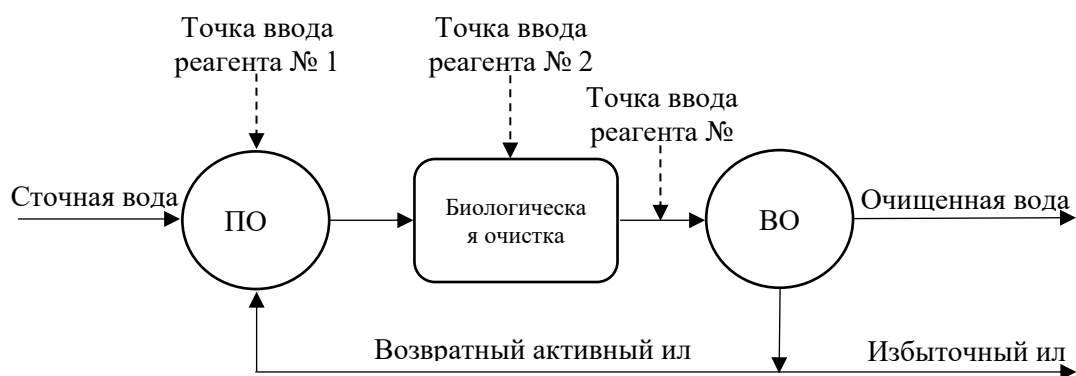
Перспективные направления развития экологии и химической технологии

- а) физико-химического, с применением реагентов и последующим осаждением дисперсных частиц;
- б) биологической дефосфатизации;
- в) совокупности биологической очистки с физико-химическим осаждением.

Выбор того или иного метода обусловлен, в основном, составом воды и исходной концентрацией общего фосфора. Анализ литературных источников позволяет сделать вывод, что биологический метод наиболее приемлем для станций аэрации большой производительности.

Физико-химический метод дефосфатизации может быть использован и при очистке сточных вод как крупных населенных пунктов, так и небольших. Такие сточные воды часто имеют характерную особенность – достаточно высокие концентрации загрязняющих веществ, в том числе фосфатов.

Однако, для достижения надлежащего эффекта, необходимо правильно подобрать коагулянт, природа и дозировка которого зависят от рН системы, от исходной концентрации фосфора и от места ввода коагулянта. В общем случае места ввода коагулянта принимают такие, как приведено на рисунке 1.



ПО – первичный отстойник; ВО – вторичный отстойник

Рисунок 1 – Возможные точки ввода реагента в систему очистки сточных вод

В случае ввода реагента (коагулянта) в точке 1 происходит предварительное удаление фосфора на стадии механической очистки перед биологической очисткой (первичное отстаивание); в точке 2 осуществляется дозирование реагента непосредственно в аэротенк; в точке 3 происходит обработка реагентом биологически очищенной

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

сточной жидкости (доочистка). Каждый вариант целесообразен при учете специфических факторов – качества и технологического принципа очистки сточных вод. В первом случае происходит не только коагуляция фосфат-ионов, но и коагуляция взвешенных тонкодисперсных примесей минерального и органического происхождения, что приводит к снижению концентрации взвешенных веществ.

Во втором случае продукты гидролиза коагулянта (ПГК) могут адсорбироваться хлопьями ила и некоторая часть ПГК по отношению к фосфат-ионам будет неактивной.

Дозы коагулянтов при введении их в конец аэротенка и во вторичный отстойник значительно меньше, чем на стадии механической очистки. Согласно теории коагуляции [1] это происходит ввиду низкой концентрации взвешенных веществ, перерасход коагулянта необходим для формирования достаточного количества твердой фазы для потери кинетической устойчивости.

На Старобешевской ТЭС предусмотрена биологическая очистка хозяйственно-бытовых сточных вод. Бытовые сточные после очистных сооружений сбрасываются в нижнюю ветвь сбросного канала и далее в Старобешевское водохранилище. Как свидетельствуют данные [2], в сбрасываемых сточных водах наблюдается превышение ПДС по фосфатам.

В условиях Старобешевской ТЭС целесообразно реагентное удаление соединений фосфора. Нами выполнены расчеты согласно [3] необходимой дозы реагентов для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод по формуле:

$$C_{\text{реаг}} = K \cdot C_{\text{Робщ}}, \quad (1)$$

где K – коэффициент увеличения стехиометрического соотношения, вычисленный с учетом определения по стандартным методикам содержания общего фосфора и металлов реагента, принимается по таблице 1;

$C_{\text{Робщ}}$ – концентрация общего фосфора в поступающей воде, мг/дм³.

С целью эффективного использования реагента и с учетом его влияния на активный ил согласно [3] рекомендуется применение следующих коагулянтов: введение FeSO_4 в начале аэротенка, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ – перед вторичным отстойником, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ – в конец аэротенка. При этом необходимо учесть возможное угнетение микроорганизмов активного ила при введении реагентов в иловую смесь: не рекомендуется

**Перспективные направления развития экологии и
химической технологии**

принимать дозы FeSO_4 более 25 мг/дм^3 и $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ более 15 мг/дм^3 (по Fe_2O_3), $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ более – 18 мг/дм^3 по Al_2O_3 .

Таблица 1 – Зависимость коэффициента увеличения стехиометрического соотношения от эффективности удаления общего фосфора

Эффективность удаления общего фосфора, %	Величина К при применении		
	FeSO_4	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
60	0,33	0,15	0,35
65	0,5	0,25	0,4
70	0,66	0,33	0,5
75	1	0,5	0,65
80	1,34	0,66	0,74
85	1,67	1	0,9

Предполагается, что эффективность удаления общего фосфора на Старобешевской ТЭС составит 80 %.

Рассчитаем дозы реагентов согласно формуле (1).

Доза реагента FeSO_4 составит:

$$C_{\text{FeSO}_4} = 1,34 \cdot 15,9 = 21,3 \text{ мг/дм}^3;$$

доза реагента $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$:

$$C_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3} = 0,66 \cdot 15,9 = 10,5 \text{ мг/дм}^3;$$

доза реагента $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$:

$$C_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} = 0,74 \cdot 15,9 = 11,8 \text{ мг/дм}^3.$$

Применение коагулянтов в рассчитанных выше дозах обеспечит эффективность очистки хозяйственно-бытовых стоков от фосфатов не менее 80 %, что позволит достичь концентрации фосфатов примерно $3,18 \text{ мг/дм}^3$, что соответствует ПДС фосфатов – не более $3,5 \text{ мг/дм}^3$.

Перечень ссылок

1. Бабенков Е. Д. Очистка воды коагулянтами / Е. Д. Бабенков. – М.: Наука, 1977. – 365 с.

2. Пояснительная записка к проекту Разрешения на специальное водопользование и нормативам предельно допустимого сброса загрязняющих веществ в водный объект с возвратными водами Старобешевской ТЭС/ РП «Энергия Донбасса» ТЕ «Старобешевская ТЭС». – Донецк, 2017. – 66 с.

3. Строительные нормы и правила СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Госкомитет по делам строительства, 1985. – 131 с.

УДК 622.8

**РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННОЙ МЕТОДИКИ И СИСТЕМЫ
МОНИТОРИНГА УРОВНЯ ПЫЛЕОСАЖДЕНИЙ ДЛЯ УСИЛЕНИЯ
МЕР БЕЗОПАСНОСТИ ПРОТИВ ПЫЛЕВЫХ ВЗРЫВОВ НА
УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ РФ**

Д.А. Трубицына, А.А. Хорешок
ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф.Горбачева» (КузГТУ)
г. Кемерово, Кемеровская обл.

***Аннотация.** Данная научная статья посвящена разработке инновационной методики и системы мониторинга уровня пылеосаждений для усиления мер безопасности против пылевых взрывов на угольных шахтах, а также для обеспечения контроля уровня запыленности. В работе представлены результаты исследований, направленных на создание эффективной системы мониторинга и контроля за накоплением пыли в горных выработках. Предложенный метод основан на использовании современных технологий и инструментов для непрерывного контроля параметров пыли и своевременного реагирования на угрозы пылевых взрывов. Разработанный подход позволяет значительно снизить риск возникновения пылевых взрывов в шахтных условиях, обеспечивая повышенный уровень безопасности для персонала и оборудования*

***Annotation.** This research paper focuses on creating a novel approach and system for tracking the accumulation of dust, aimed at enhancing safety measures against dust explosions within the workings of coal mines. The paper presents the results of research aimed at creating an effective system for monitoring and controlling the accumulation of dust in mine workings. The proposed method is based on the use of modern technologies and tools for continuous monitoring of dust parameters and timely response to threats of dust explosions. The developed approach can significantly reduce the risk of dust explosions in mine conditions, providing an increased level of safety for personnel and equipment*

***Ключевые слова:** интенсивность пылеотложений, дисперсный состав, плотность распределения, оптический метод малых углов рассеяния, концентрация витающей пыли, источник интенсивного пылевыделения, горная выработка*

***Keywords:** intensity of dust deposits, dispersed composition, distribution density, optical method of small scattering angles, concentration of floating dust, source of intense dust emission, mining*

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Взрывы, вызванные смесью пыли и метана, представляют основную опасность для шахт по всему миру, приводя к трагическим последствиям, как социальным, так и экономическим и экологическим. Состав отложившейся пыли и уровень ее скопления в галерее шахты являются ключевыми факторами, влияющими на вероятность взрыва. Уровень концентрации пыли может значительно отличаться в различных участках шахты, что обусловлено характеристиками угольных слоев. Для обеспечения безопасности шахт применяются разные методы, включая мокрую уборку и осланцевание, а в рамках Приказа от 08.12.2020 года (#507) «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности - Правила безопасности в угольных шахтах» (с изменениями на 23.06.22) [1], необходимым условием функционирования угольных подземных предприятий является стационарный автоматический контроль интенсивности пылеотложений в автоматическом режиме. Определение необходимости осланцевания проводится на основе лабораторных данных для каждого пласта, хотя существующие методы определения интенсивности отложений пыли на данный момент требуют трудоемких расчетов или применения подложек [2], что затрудняет процесс и требует больших затрат времени и ресурсов. Отсутствие специализированных высокоточных приборов ограничивает возможность проведения автоматизированного стационарного контроля интенсивности отложений пыли в шахтах и объектах горно-добывающих предприятий. В свете этого, обеспечение безопасности и здоровья работников становится актуальной задачей, которая необходима для оперативного принятия мер по предотвращению взрывов и обеспечению безопасности в выработках. Нормативы (например, ТДУ) позволяют ограничить концентрацию пыли в атмосфере выработок до 150 мг/м³. Однако, процесс образования отложений пыли значительно сложнее. Потенциально опасные скопления пыли могут собираться в непосредственной близости к фронтам очистных и подготовительных выработок в результате эксплуатации горнодобывающего оборудования всего за критически короткий период времени. Это является серьезным вызовом, требующим непрерывного мониторинга и новых методик по контролю за распространением пыли. После проведения полевых исследований и экспериментов для выявления закономерностей скопления пыли в горных выработках в зависимости от различных факторов, таких как качество угля, нагрузка на забои и скорость потока воздуха, мы перешли к разработке новых методик и средств обеспечения безопасности для предотвращения объемных взрывов в

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

угольных шахтах РФ. На основе данных анализа и опытных экспериментом были найдены эффективные методы оценки и контроля взрывобезопасности по пылевому фактору в шахтных выработках, что позволило команде разработчиков создать новые технические решения и реализовать их на практике. В результате нашего исследования была разработана всесторонняя методика защиты и предотвращения объемных (пылевых) взрывов в угольных шахтах, что будет способствовать улучшению уровня безопасности и минимизации риска возникновения чрезвычайных ситуаций на угледобывающих предприятиях.

В рамках исследования осуществлялся анализ состава угольной пыли (дисперсного), накопленной в горных выработках в наиболее интенсивно эксплуатируемых технологических участках. Для этого использовалось взятие проб угольной пыли и угля для лабораторных исследований согласно ГОСТ 21153.0-75 в следующих точках [3-4] 50 м, 250-300 м, и 450-500 м от забоя. В ходе исследования было собрано более двухсот образцов пыли, которая накапливалась в лавах и на подготовительных участках, а также пробы угля и породы, извлеченные непосредственно из-под рабочего комбайна, в каждом из более чем 40 изучаемых шахт в Кузбасском регионе.

Определение состава образцов углей крупностью $+0,1\text{мм}$ проводилось с использованием метода, указанного в [3] (метод ситовой). Анализ углей крупностью $>0,1\text{мм}$ проводился с помощью лазерного метода на лазерном дифракционном анализаторе "Analysette 22" COMPACT («FRITSCHE», Германия).

Выводы исследований подтверждают, что отдача различных фракций пыли в зависимости от диаметра является индивидуальной для каждого вида угля, что указывает на наличие уникальных и специфических закономерностей в этом процессе, описанные в работах [4,5] ранее. Фракционный состав пыли имеет разнообразное распределение, дисперсионный состав и характер вылета различных фракций [5]. Исследование показало, что средние показатели плотности распределения размеров частиц пыли, собранные на разных удалениях от источника выделения пыли (забоя), значительно изменяются в зависимости от типа добываемого угля. С увеличением уровня метаморфизма угля наблюдается рост доли мелких фракций в составе. При этом, пиковые значения размеров частиц сдвигаются от углей с меньшей степенью метаморфизма к более метаморфированным углям, сокращаясь с 41 до 33 микрон, что в среднем составляет около 25%. Следовательно, характеристики распределения пылевых частиц, образующихся при разрушении угольных пород, зависят от их типа. С

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

ростом метаморфической стадии угля происходит сдвиг в распределении размеров пылевых фракций на 20–25% в направлении увеличения доли мелких частиц для углей сортов К и Ж. В то время как угли сортов Д и Г демонстрируют полимодальное распределение с пиками в интервалах 30 и 60 микрон, что способствует повышению риска взрывов вдоль выработок и вызывает необходимость переоценки стандартов по осланцеванию и улучшения мер по защите от пылевых взрывов. Увеличение мелкости и поверхностной площади частиц угольной пыли способствует росту её способности к взрыву; ключевую роль в этом процессе играют частицы размером менее 75 микрон. Особенно высокая взрывчатость фиксируется у частиц с диаметром менее 10 микрон, однако при дальнейшем уменьшении размеров начинается процесс само агломерации, что приводит к снижению взрывоопасности пыли. Соответственно, чем дальше расположен источник пыли от места её образования, тем выше её взрывоопасность из-за увеличения дисперсности образованных частиц. По мере увеличения расстояния от точек отбора образцов угольной пыли к устью шахты, тонкие фракции начинают доминировать в общем составе пыли. Этот тренд указывает на изменение характера распределения пыли в зависимости от удаленности от источника ее выделения. Для примера на рисунке 1 представлена информация о разделении угольной пыли на фракции в соответствии с удаленностью точки сбора образцов от источника пыли на участке отбора проб на предприятии шахты "Заречная".

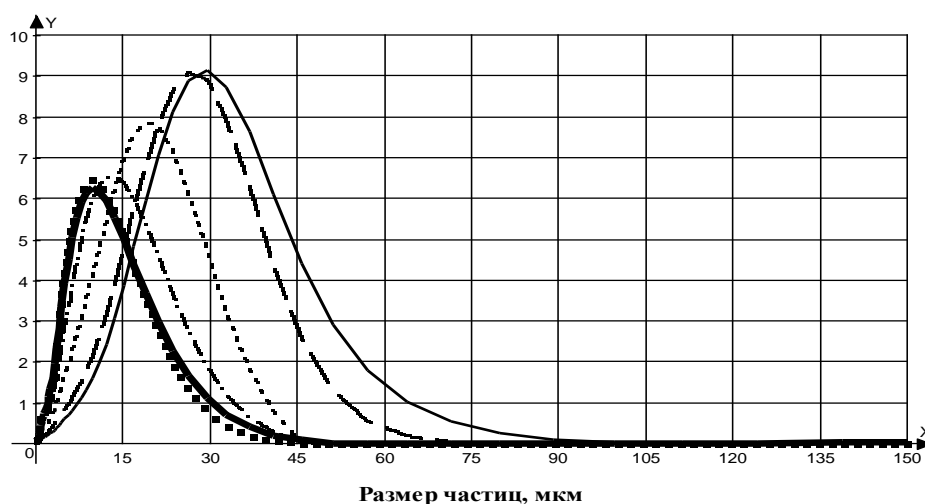


Рисунок 1 – Изменение состава (дисперсионного) отложений пыли при отдалении от лавы угольной шахты

Аналитическое исследование показало, что основными элементами, способствующими риску возникновения взрывов (в

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

частности, пылевых) в шахтных выработках, выступают скорость накопления пыли и изменения в химическом составе угольной пыли. При повышении нагрузки на системы очистки эти элементы приобретают критическое значение. Эксперименты, проведенные на одной из шахт, демонстрируют, что с увеличением нагрузок на очистные системы происходит более активное распространение мелкодисперсной пыли в атмосферу, а также происходит усиленное накопление угольной пыли в туннелях шахты. Кроме того, отмечается замедление скорости оседания пыли по мере увеличения расстояния от угольного слоя. Наибольшее скопление пыли, достигающее 50-120 г/(м³·сут), наблюдается на удалении до 100 метров от пласта, после чего его концентрация постепенно снижается до 8-20 г/(м³·сут). При таких параметрах скопления пыли, шахтная выработка может стать опасной для возникновения взрыва уже через несколько часов после начала добычи угля.

Изучив результаты экспериментов с использованием инновационной методики, которая включает использование стационарных устройств для определения запыленности, модели ИЗСТ-01, проведенных как в лаборатории, так и на шахтных объектах, мы можем выявить показатели скопления пыли в различных условиях. Для анализа интенсивности накопления пыли применяется специальная формула, которая позволяет точно определить этот параметр. Результаты расчетов по данной формуле помогают выявить тенденции накопления пыли и оценить степень опасности возможного пылевого взрыва. Такой подход позволяет более эффективно контролировать уровень пыли в рабочих условиях и принимать соответствующие меры по предотвращению аварийных ситуаций:

$$P_t = 86,4 \frac{f(r)vl^B}{S(W+W_B)} \text{ г/м}^3\text{сут}, \quad (1)$$

где v - скорость движения воздуха, м/с; l - расстояние от источника пылевыделения, м; S - сечение выработки, м²; B - коэффициент, влияния степени метаморфизма угля; $f(r)$ - сумм. значение функции распределения частиц по размеру в момент измерения, мг/м³; W - естественная влажность угля, %; W_B - отн. влажность воздуха в выработке, % [5].

Исследования, проведенные в области анализа процессов пылеотложения, выявили перспективы применения метода малых углов рассеяния для оценки содержания пыли и ее дисперсного состава в атмосфере, что легло в основу создания нового прибора. Испытания, проведенные с разнообразными детекторами оптического излучения, установленными под различными углами, позволили создать

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

автоматизированную систему для непрерывного отслеживания уровня запыленности воздуха в шахтах. Эта система оборудована специализированными алгоритмами и искусственными нейронными сетями, что обеспечивает мгновенный контроль и анализ собранных данных. Устройство не только точно фиксирует атмосферные параметры, концентрацию пыли, но и расширяет возможности по анализу размеров частиц в диапазоне от 0 до 150 микрон. Такой подход позволяет быстро оценить дисперсный состав пыли и рассчитать скорость оседания от источника загрязнения. Схема работы датчика контроля интенсивности оседания пыли SKIP01 представлена на рисунке 2, демонстрируя процесс передачи и обработки сигналов для точного анализа данных.

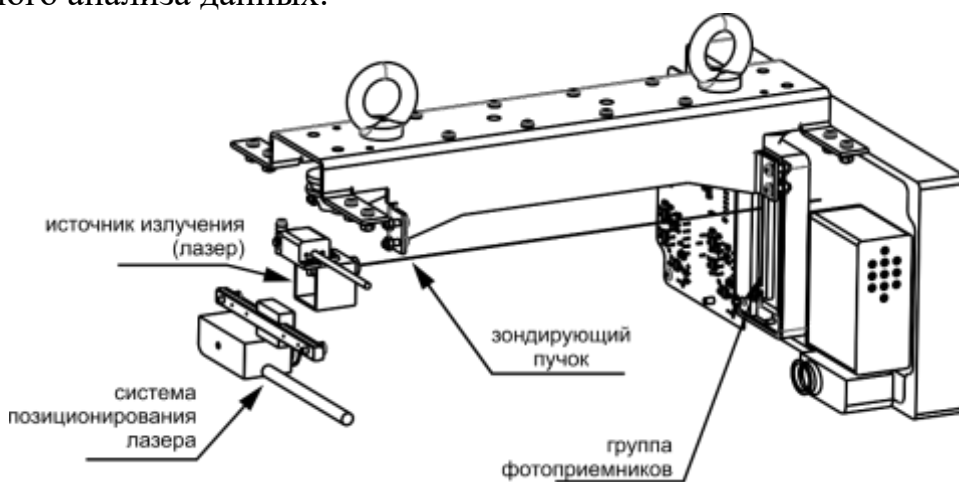


Рисунок 2 – Общий вид прибора SKIP01 (система анализа пылеосаждений)

В ходе научной работы были выявлены факторы влияющие на процессы осаждения пыли в угольных шахтах, а так же разработана инновационная методика и система мониторинга уровня пылеосаждений, направленная на усиление мер безопасности против объемных взрывов (пылевых) на угольных шахтах Российской Федерации. В результате исследований и экспериментов был создан прибор SKIP01, который позволяет эффективно контролировать запыленность, параметры атмосферы и интенсивность отложений пыли, в связи со следующими факторами:

1. Эффективность мониторинга: Прибор SKIP01 демонстрирует высокую точность и надежность в измерении уровня пылеосаждений, что способствует оперативному реагированию на изменения и предотвращению возможных аварийных ситуаций.

2. Универсальность применения: Разработанная система может быть использована не только в угольных шахтах, но и на других промышленных предприятиях.

3. Вклад в повышение безопасности труда: Использование SKIP01 на угольных шахтах и других объектах помогает не только предотвратить пылевые взрывы и обеспечивает более высокий уровень безопасности для рабочих за счет своевременного обнаружения опасных концентраций осаждения пыли.

Таким образом, разработка и внедрение прибора SKIP01 является значительным вкладом в обеспечение промышленной безопасности и охрану окружающей среды, что подтверждает важность продолжения работ в данном направлении.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Перечень ссылок

1 Приказ от 8 декабря 2020 года N 507 Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности в угольных шахтах" (с изменениями на 23 июня 2022 года) // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов URL: <https://docs.cntd.ru/document/573140209> (дата обращения: 20.10.2023).

2 ПРИКАЗ от 1 декабря 2011 года N 678 Об утверждении Положения об аэрогазовом контроле в угольных шахтах (с изменениями на 25 сентября 2018 года) (редакция, действующая с 1 января 2020 года) // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов URL: <https://docs.cntd.ru/document/902321894> (дата обращения: 20.10.2023).

3 ГОСТ 2093-82 "Топливо твердое. Ситовый метод определения гранулометрического состава" от 13.08.1982 № N 3201 // М.: ИПК Издательство Стандратов. 2001 г.

4 Трубицына Д.А., Хлудов Д.С. Исследование дисперсного состава отложившейся пыли углей различной стадии метаморфизма // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2014. №1. С. 13-23.

5 Трубицына Д.А., Анисимов А.А., Хлудов Д.С., Оленников С.В., Трубицына Н.В. Результаты шахтных исследований интенсивности пылеотложений по сети горных выработок// Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2014. № 1. с. 68-74.

УДК 628.38

**ОБОБЩЕННАЯ КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ
УГОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ГИДРОЭКОСИСТЕМУ
ДОНБАССА**

Н. И. Гулейчук¹, И. И. Гомаль²

¹ГБУ «ДОНГИПРОШАХТ», г. Донецк, ДНР,

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

***Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы влияния шахтных вод на поверхностные природные воды, дана оценка этого влияния и предложены варианты уменьшения негативного влияния на экологию региона. Описан накопленный практический опыт института «Донгипрошахт»*

***Annotation.** The article discusses the influence of mine water on surface natural waters, assesses this influence and suggests options for reducing the negative impact on the ecology of the region. The accumulated practical experience of the «Dongyproshacht» Institute is described*

***Ключевые слова:** шахтные воды, опреснительные установки, экология, альтернативные источники*

***Keywords:** mine water, desalination plants, ecology, alternative sources*

Постановка проблемы. Неоднородность поверхности региона определяет сложность гидрогеологических условий рельефа. Густое расчленение территории речной и овражно-балочной сетью обуславливает интенсивное дренирование водоносных горизонтов. Долины рек Северского Донца, Кальмиуса, Миуса, Крынки, Волчьей, Самары, Кривого Торца и других являются основными областями разгрузки подземных вод. Реки Миус, Кальмиус, Кальчик, Грузской Еланчик впадают непосредственно в Азовское море. Реки Волчья, Бык, относятся к бассейну реки Днепр. Основное питание реки получают за счет весеннего снеготаяния. Дождевое питание их незначительно, а подземное играет существенную роль. Немалую роль в питании рек играют шахтные воды, сбрасываемые в гидрографическую сеть. Воды рек региона имеют высокую минерализацию (до 4 г/л), которая в половодье и паводки несколько ниже. Жесткость их также значительна, поэтому речные воды не всегда пригодны для питья и орошения. Основным источником загрязнения поверхностных вод являются высокоминерализованные, иногда кислые воды, сбрасываемые в реки и балки промышленными предприятиями и шахтами. В условиях

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

длительной эксплуатации действующих угольных предприятий произошло изменение природных гидрогеологических условий, что обусловлено откачкой из горных выработок на поверхность шахтных вод, отведение которых производится в природные водные объекты. Практически все шахтные воды попадают в водные объекты хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования и во многих случаях являются основным источником питания водоемов и водотоков, приводящие их к высокой минерализации [1]. Одним из выходов из сложившейся ситуации является использование обратноосмотических технологий в очистке шахтных вод.

Данная проблема выдвигает новые требования дальнейшего изучения строительства опытно-промышленных установок с использованием обратноосмотических технологий и снижения нагрузки на окружающую природную среду, что позволит повысить эффективность использования шахтных вод.

Анализ предыдущих исследований и публикаций. Многоаспектность данной проблемы требует изучения широкого круга специальных научных трудов и проектных проработок. Исследования, посвященные решению проблемы деминерализации шахтных вод, проводятся и отражены в работах Савицкой В. Н., Нестеренко Л. С., Гонтаревского В. П., Кулешова В. М., Гулько С. Е., Гомаль И. И. и многих других авторов [2, 3].

Отмечая высокую научную ценность результатов исследований ученых, следует заметить, что для дальнейшего развития и уточнения требуются теоретические и практические аспекты повышения эффективности изучаемой проблемы.

Цель исследования. Целью исследования является проведение прогноза эколого-гидрогеологического состояния в районах действующих, закрывающихся или намечаемых к закрытию шахт и оценка их влияния на окружающую среду Донецкого региона, решения его экологических проблем.

Основные результаты исследования. Ежегодно угольными предприятиями сбрасывается в гидрографическую сеть и водные объекты миллионы кубических метров откаченной воды. Проведен анализ отечественного и зарубежного опыта опреснения вод с повышенным содержанием солей. Из существующего целого ряда способов опреснения наиболее подходящим для очистки шахтных вод является обратный осмос. В угольной отрасли были отдельные попытки решения проблемы деминерализации шахтных вод [2, 3]. Так экспериментальная опытно-промышленная выпарная деминерализационная установка производительностью 30 м³/сут испытывалась в 80-х годах на шахте

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

«Терновская» объединения «Павлоградуголь». Технологической схемой установки предусматривалось только опреснение шахтной воды без переработки рассолов.

Также на шахте «Петровская» объединения «Донецкуголь» испытывалась опытно-промышленная электродиализная опреснительная установка циркуляционного типа производительностью 50 м³/сут. Технологической схемой также не предусматривалась переработка рассолов.

На опытном полигоне Зуевской ТЭЦ в городе Зугрес Донецкой области производились испытания опреснительных установок: электродиализных аппаратов и обратноосмотической установки с рулонными модулями. На установках производились опыты по опреснению воды Зуевского водохранилища, которая по своему химическому составу аналогична шахтным водам этого региона. Переработка рассолов на установках также не производилась.

Проведенные в Донбассе эксперименты показали, что опреснение шахтных вод методами электродиализа, выпаривания и обратного осмоса технически возможно, но требуется дальнейшее проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по совершенствованию технологии и технологического оборудования для опреснения шахтных вод в промышленных объемах, а главное – для определения общей технологической схемы обработки воды.

Первая попытка создания деминерализационной установки шахтных вод с законченным технологическим циклом была предпринята в Польше, где в 1971 г. была введена в эксплуатацию выпарная установка производительностью 100 м³/ч на шахте «DEMBENSKA» с переработкой рассолов до сухих товарных продуктов – поваренной соли и гипса. В середине 80-х годов аналогичную установку было намечено запроектировать и построить на шахте «Красноармейская Западная» № 1 объединения «Красноармейскуголь» на производительность 300 м³/ч. Проект на технологическую часть установки был разработан, но из-за прекращения финансирования работа была приостановлена.

В сложившихся условиях мы можем говорить о применении деминерализационных установок шахтных вод с целью получения питьевой воды в тех регионах, где существующие источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения истощились, а другие альтернативные источники отсутствуют.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Выбор метода опреснения зависит от солесодержания опресняемой воды, производительности опреснительной установки, количества и видов получаемых рассолов, стоимости и расхода топлива, электроэнергии, реагентов и других условий. Деминерализация шахтных вод – сложная техническая задача, решение которой требует значительных капитальных и последующих эксплуатационных затрат. Поэтому проблема деминерализации шахтных вод должна решаться поэтапно, с первоочередным строительством опытно-промышленных пилотных установок, которые обеспечат максимальную эффективность затраченных средств на научно-исследовательские и проектные работы, строительство и последующую эксплуатацию. Примерная блок-схема обратноосмотической установки шахтных вод представлена на рисунке 1.

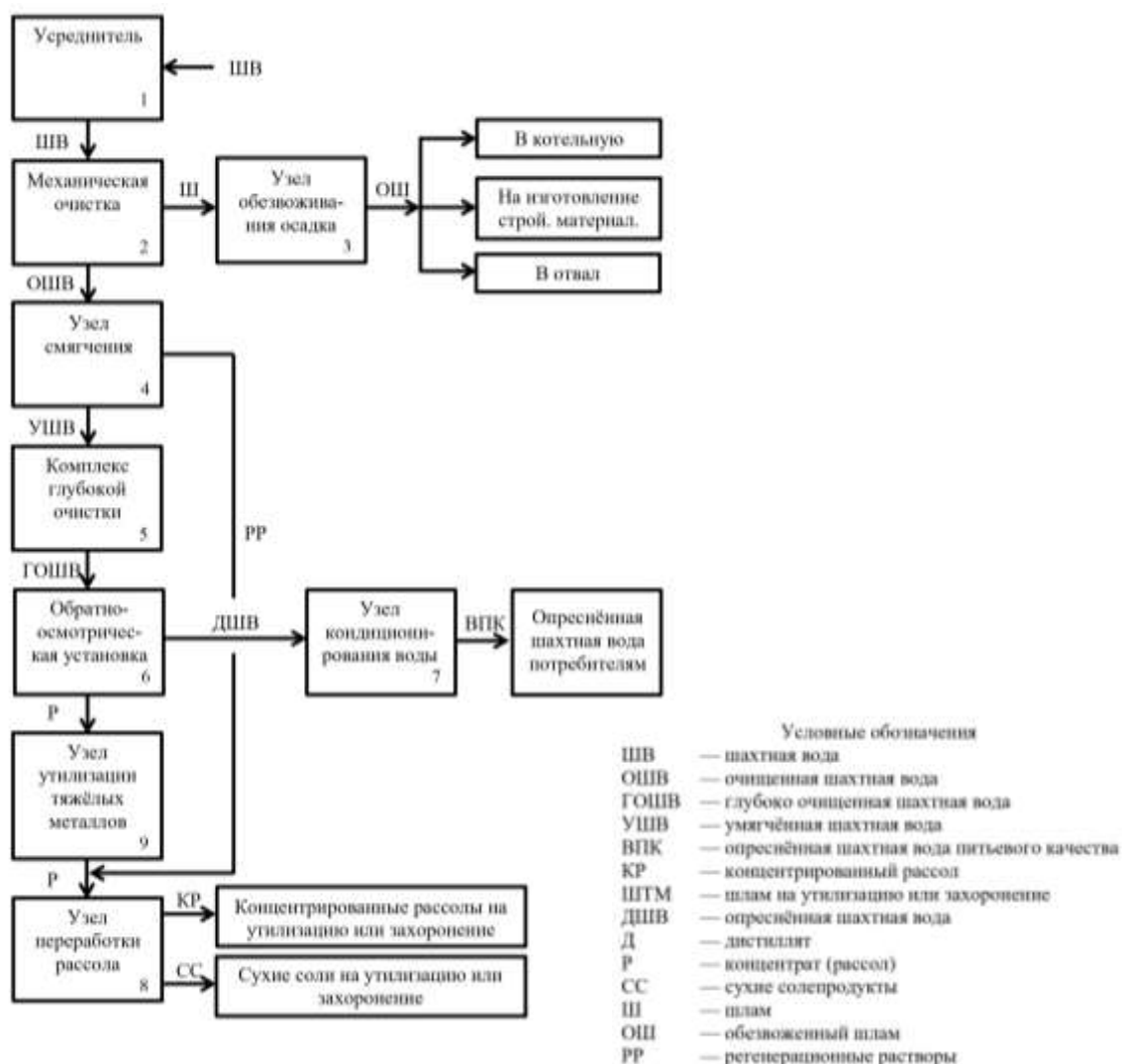


Рисунок 1 – Блок-схема обратноосмотической установки шахтных вод

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Анализ приведенной схемы показывает, что решение проблемы деминерализации шахтных вод выдвигает ряд других проблем, основной из которых является проблема утилизации или захоронения отходов деминерализационных установок, содержащих в концентрированном виде вредные вещества.

Другой стороной сложившейся проблемы является то, что результаты деятельности горнодобывающих предприятий проявляются в истощении и загрязнении подземных и поверхностных вод за счет преобразования их в шахтные и сброса в гидрографическую сеть. Химический состав шахтных вод определяется активностью выщелачивания и окисления минералов горных пород и изменяется как в процессе эксплуатации, так и ликвидации шахт. Гидрохимический состав вод зависит от геологической структуры района, его геологической структуры, характера тектонических нарушений. При затоплении шахт из-за интенсивного выщелачивания солей из подработанного массива возрастает минерализация, которая по мере восстановления уровня подземных вод будет постепенно приближаться к естественной или близкой к ней [4].

Из-за острой нехватки воды, как для промышленных предприятий, так и для питьевых целей в Донецком регионе, поиск альтернативных источников воды стал крайне актуальным [3].

На фоне массового закрытия шахт и перевода их в водоотливный режим с откачкой воды погружными насосами, а также при эксплуатации действующих предприятий угольной промышленности происходит выкачивание значительного количества шахтной воды на поверхность, чтобы обеспечить гидравлическую безопасность соседних шахт и предотвратить экологический ущерб.

Шахтные воды могут быть использованы в качестве дополнительных источников воды для технологических и хозяйственно-питьевых целей.

К настоящему времени в Донбассе имеются теоретические разработки, выполненные ведущими проектными институтами и опыт использования шахтной воды предприятиями различных отраслей промышленности. Это создает реальные возможности для снижения расхода питьевой воды, решению экологических проблем и будет способствовать экономическому развитию Донбасса.

Примером может служить построенный по проекту института «Донгипрошахт» комплекс очистных сооружений для угледобывающей компании «Краснолиманская», который в объеме 1200 м³/сут обеспечивал очистку шахтных вод до требуемых нормативов по содержанию взвешенных веществ, жесткости,

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

бактериологическим показателям, что позволяло их использовать для бытовых и технических нужд предприятия.

Другим примером может служить, выполненное институтом «Донгипрошахт», технико-экономическое обоснование целесообразности использования шахтных вод, откачиваемых на поверхность, в качестве дополнительного источника, для обеспечения питьевой водой населенных пунктов Донецкой Народной Республики, испытывающих ее острый дефицит. Такая работа проведена для хозяйственно-питьевого водоснабжения города Снежное на базе водоотливного комплекса шахты «Миусская» и находится на завершающем этапе для города Тореза на базе шахты № 3-бис.

В этих работах изучены характеристики источников водоснабжения, проведена гигиеническая оценка шахтных вод, как источника хозяйственно-питьевого водоснабжения, обоснован выбор технологической схемы опреснения воды, предложены комплексы очистных сооружений, организация лабораторного контроля, технология отведения производственных сточных вод, мероприятия по созданию санитарно-защитной зоны источника водоснабжения.

Эти исследования показали, что реализация данных технических решений на практике значительно снизит затраты на строительство за счет использования существующей инфраструктуры системы городов и поселков, расположенных в угледобывающих районах.

Выводы. В инновационной стратегии восстановления Донбасса экология является очень важным и перспективным направлением развития. Дальнейшая работа над проблемой прогноза эколого-гидрогеологического состояния в районах действующих и закрывающихся шахт позволит дать оценку влияния этих мероприятий на окружающую среду Донецкой области. Для этого необходимо продолжить исследования по следующим направлениям:

- разработка методики прогнозирования изменения химического состава шахтных вод при затоплении горных выработок;
- изучение гидрогеологических особенностей и параметров при затоплении шахт в региональном масштабе;
- определение значения параметров фильтрации воды в соседние шахты;
- создание информационной и картографической базы для дальнейшей оценки источников воздействия на речной сток в регионе Донбасса;
- разрабатывать мероприятия и предложения, направленные на уменьшение негативного воздействия шахтных вод и многое другое.

Выполнение этих задач позволит разработать план первоочередных мероприятий по улучшению экологического состояния нашего угледобывающего региона.

Перспективные направления развития экологии и химической технологии

Перечень ссылок

1. Савицкая, В. Н. Прогноз гидрогеологических условий эксплуатации запасов угля шахтных полей на глубоких горизонтах Донбасса (Донецкая область и Западный Донбасс) / В. Н. Савицкая, Л. С. Нестеренко. – Донецк, 1974. – С. 418.
2. Гонтаревский, В. П. Обеспечение эколого- и гидробезопасности при ликвидации шахт / В. П. Гонтаревский, В. М. Кулешов. – К.: Уголь Украины, 1999. – № 11-12. – С. 22-25.
3. Гулько, С. Е. Использование шахтных вод для экономического развития Донбасса / С. Е. Гулько, И. И. Гомаль // Водные ресурсы в условиях глобальных вызовов: экологические проблемы, управление, мониторинг: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием в 2 томах: Южный федеральный университет. – Новочеркасск: Лик. – 2023. – Том. 2 – С. 198-203.
4. Методические рекомендации по оценке гидрогеологических условий ликвидации угольных шахт, обоснованию мероприятий по управлению режимом подземных вод и обеспечению экологической безопасности / Артемовск: Донецкгеология, 2001. – 24 с.