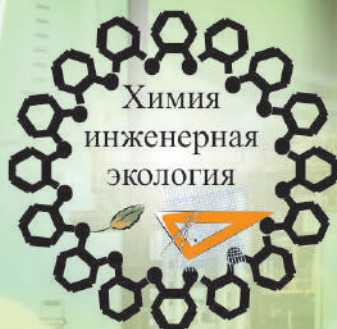


ХИМИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ – XXII

**Сборник трудов международной
научной конференции (школа молодых ученых),
посвященной 90-летию кафедры
общей химии и экологии
Казанского национального исследовательского
технического университета им. А.Н. Туполева – КАИ**

23 – 24 сентября 2022 г., Казань



Казань 2022

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева - КАИ
Институт проблем экологии и недропользования
Академии наук Республики Татарстан
Лиссабонский университет
Таджикский технический университет имени М.С. Осими
Федеральное учебно-методическое объединение по укрупненной группе специальностей
и направлений «Техносферная безопасность и природообустройство»
Министерство экологии и природных ресурсов Республики Татарстан
Общественная палата Республики Татарстан

Химия и инженерная экология – XXII

Сборник трудов международной научной конференции
(школа молодых ученых), посвященной
90-летию кафедры общей химии и экологии
Казанского национального исследовательского
технического университета им. А.Н. Туполева – КАИ

23 – 24 сентября 2022 г., Казань

Электронное издание



Казань 2022

© Оформление.
Изд-во ИП Сагиев А.Р., 2022
ISBN 978-5-6048850-1-7

УДК 371/378, 502/504, 519/574, 620/622

ББК 20.1

X46

X 46 Химия и инженерная экология – XXII: сборник трудов международной научной конференции (школа молодых ученых), посвященной 90-летию кафедры общей химии и экологии Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева – КАИ. 23 – 24 сентября 2022 г., Казань. – Казань: ИП Сагиев А.Р., 2022. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – ISBN 978-5-6048850-1-7. – Загл. с титул. экрана. – Текст: электронный.

Систем. требования: Intel от 1,3 ГГц; Windows XP/Vista/10; дисковод CD-ROM; Adobe Reader.

Редакционная коллегия:

Тунакова Ю.А. доктор химических наук, профессор

Иванов Д.В. кандидат биологических наук

Мингазетдинов И.Х. кандидат технических наук, доцент

Кулаков А.А. кандидат биологических наук, доцент

Мальцева С.А. кандидат химических наук, доцент

Гоголь Э.В. кандидат химических наук, доцент

Желовицкая А.В., кандидат химических наук, доцент

Шавалеева С.М. кандидат химических наук, доцент

Сборник содержит материалы докладов отечественных и зарубежных участников международной научной конференции (школа молодых ученых) «Химия и инженерная экология – XXII», посвященных решению актуальных прикладных задач инженерной экологии, в том числе в области экологического мониторинга, методов и приборов контроля, методов и средств очистки выбросов и сбросов, утилизации отходов производства и потребления, использовании новых экологичных материалов и информационных технологий.

ISBN 978-5-6048850-1-7

© Оформление.

Изд-во ИП Сагиев А.Р., 2022

ИСТОРИЯ И ДОСТИЖЕНИЯ КАФЕДРЫ ОБЩЕЙ ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ

Тунакова Ю.А., доктор химических наук, профессор
заведующая кафедрой общей химии и экологии
Лавриненко О.В., кандидат химических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева – КАИ»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: в статье приведены основные этапы развития кафедры, основные направления исследований и значимые результаты работы сотрудников кафедры, достижения в преподавательской деятельности.

Ключевые слова: кафедра, химия, исследования, преподавание.

HISTORY AND ACHIEVEMENTS OF THE DEPARTMENT OF GENERAL CHEMISTRY AND ECOLOGY

Tunakova Yu.A., doctor of chemical sciences, professor,
Head of the Department of General Chemistry and Ecology
Lavrinenko O.V., candidate of chemical sciences, associate professor
Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev–KAI
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The article presents the main stages of the development of the department, the main areas of research and significant results of the work of the department staff, achievements in teaching.

Keyword: department, chemistry, research, teaching.

История кафедры химии насчитывает уже 90 лет и начинается с 1932 года образования Казанского авиационного института. В самом начале состав кафедры состоял только из 3 преподавателей. Этап наибольшего развития кафедры начался в 1953 году, когда на заведование кафедрой химии из Казанского государственного университета был приглашен Богоявленский Александр Феоктистович. Научной стезей его было изучение электрохимических анодных процессов на металлах, особенно на алюминии.

Начало руководства кафедрой (1953 - 1985 гг.) д.х.н., профессором А.Ф. Богоявленским совпало с возникновением в КАИ новых факультетов - приборостроительного и радиотехнического. По приказу Минвуза СССР в 1956 г. при кафедре химии КАИ создается лаборатория электро-радиохимических измерений (ЛЭРХИ). От А.Ф. Богоявленского потребовались колоссальная энергия и организаторские способности, чтобы в короткий срок

оборудовать специализированные помещения, оснастить лаборатории приборами радиоактивного контроля и контроля изучаемых процессов.

В 1959 году на базе ЛЭРХИ создается отраслевая, а затем базовая изотопная лаборатория Средне-Волжского экономического района. Сотрудниками этой лаборатории разработаны и внедрены на предприятиях на основе радиоактивных датчиков разнообразные приборы контроля технологических процессов: счетчики предметов, уровнемеры, регуляторы тока, толщиномеры и др. Получили широкое практическое использование аппликаторы радиоактивности, изготавливаемые в лаборатории, на основе анодных оксидов на алюминиевых сплавах. Особенно успешным было их применение в медицине, в борьбе с онкологическими заболеваниями, в качестве так называемых аппликаторов радиоактивности. Штат кафедры с лабораториями насчитывал в то время около 70 сотрудников.

Развернулась масштабная научно-исследовательская работа. Впервые в стране был применен метод меченых атомов в изучении электрохимических процессов анодного окисления металлов и их сплавов (Al, Mg, Ti, Zr, Ta). Исследовались механизм процесса, состав, структура, физико-химические свойства анодных оксидов, наполнение и сорбция, возможность нанесения на них гальванических покрытий, использование их в качестве катализаторов, создание защитно-декоративных покрытий. Этот период явился яркой вехой в развитии кафедры химии.

Результаты экспериментальной работы под руководством Богоявленского А.Ф. были завершены защитой 34 кандидатских диссертаций. Это были соискатели и аспиранты из вузов и предприятий не только Казани, Татарстана, но и всей страны от Алтайского политеха до Гродненского университета.



Состав кафедры в 1978 году - на коллективном фото (слева - направо: Александров Я.И., Белов В.Н., Кочергина В.А., Оранская И.П., Воеводина Н.Н., Киселев И.П., Дорофеева Н.Д., Рачевская Л.С., Богоявленский А.Ф., Мухаметзянова Л.Н.).

Электрохимическая школа Богоявленского была самой известной и авторитетной в СССР и за рубежом. На базе кафедры были организованы межвузовские, всесоюзные и международные («Анод»-61-68-72-80-90 годов) научные конференции по анодному окислению и анодной защите металлов. Труды конференций издавались в рейтинговом издательстве «Машиностроение» г. Москва. Сотрудниками кафедры было опубликовано более 400 печатных работ, получены 24 регистрационных и авторских свидетельств, созданы 45 отчетов для промышленности.

Особое внимание уделялось учебно-методической работе кафедры, был модернизирован лабораторный практикум с включением электрохимического цикла работ, изданы методические пособия. В 1972 году в издательстве «Выс-

шая школа» был издан учебник «Курс химии», рекомендованный в качестве стандартного учебника для студентов авиационных вузов и «Руководство к лабораторным работам по химии», включающее 44 работы.

В 1974 г. А.Ф. Богоявленский создает пособие «Технические аспекты охраны окружающей среды», предназначенное для преподавателей, читающих лекции по линии общества «Знание» для популяризации знаний в данной области среди населения Татарстана.

Развитие данного направления увенчалось началом подготовки на кафедре студентов по специальности «Инженерная защита окружающей среды» (ныне бакалавров, магистров и аспирантов по направлению Техносферная безопасность). С 2005 года - начала выпуска инженеров-экологов, подготовлены более 1000 квалифицированных специалистов, которые осуществляют экспертную, надзорную и организационно-управленческую профильную деятельность в Республике Татарстан и за ее пределами.

Сами сотрудники кафедры активно работают в профильных внешних общественных научных и надзорных организациях. Так, заведующий кафедрой Тунакова Ю.А. с 2002 года является членом федерального учебно-методического объединения в системе высшего образования по укрупненной группе специальностей и направлений 20.00.00 - Техносферная безопасность и природообустройство, членом двух диссертационных советов при ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» и ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет, членом НТС Министерства экологии и природных ресурсов РТ, заместителем председателя комиссии по здравоохранению и экологии Общественной палаты Республики Татарстан и др. Преподаватели Гоголь Э.В., Мальцева С.А., Григорьева И.Г. являются внештатными экспертами Приволжского управления Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) в Республике Татарстан.

Продолжается развитие образовательного направления деятельности кафедры. Так на кафедре с 1998 года функционирует образовательный центр «ИНЖЭКОЛ», реализующий обучение по индивидуальной образовательной траектории для обучающихся после СПО. На кафедре активно работает образовательный центр «Инжэкол-М», реализующий программы дополнительного образования. Основными направлениями деятельности центра «Инжэкол-М» являются повышение профессиональной квалификации и профессиональная переподготовка преподавателей и специалистов в области экологической и промышленной безопасности.

Преподаватели кафедры к.х.н., доцент Э.В. Гоголь и к.х.н., доцент С.М. Шавалеева реализуют подготовку магистров на английском языке по направлению «Chemical and Energy Engineering» («Теплотехника и теплоэнергетика») с выдачей дипломов международного образца.

Значимы достижения и в научной деятельности кафедры. Преподаватели кафедры ежегодно выступают с докладами на научных конференциях разного уровня, получают патенты на изобретения. Данные о результатах научных ис-

следований в области охраны окружающей среды и экологической безопасности ежегодно включаются Министерством экологии и природных ресурсов в Государственные доклады «О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан» с 2012 по настоящее время.

По уровню научно-исследовательской работы студентов (НИРС) кафедра занимает лидерские позиции в институте Автоматики и электронного приборостроения и в КНИТУ-КАИ. На кафедре работает Студенческое научное общество (СНО) «Инжэкол», которое объединяет обучающихся по направлению «Техносферная безопасность». Члены СНО «Инжэкол» принимали активное участие и становились призерами федеральных и республиканских конкурсов: «Эколидер», «Лучший молодой ученый», «Конкурс научных работ на соискание премии им. Н.И. Лобачевского», «Республиканский молодежный конкурс научно-технических проектов «Энергоэффективность и энергосбережение»», конкурс молодежных научных грантов при Президиуме АН РТ, «50 лучших инновационных идей», «УМНИК» и др. Ряд проектов обучающихся получили Всероссийское признание и защищены авторскими свидетельствами и патентами.

Сегодня, кафедра «Общая химия и экология» является эффективно функционирующим и активно развивающимся структурным подразделением КНИТУ-КАИ с многолетней историей.

НАПРАВЛЕНИЕ 1

**ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ПРОИЗВОДСТВА ГРЕМУЧЕЙ РТУТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИЛЬНЫХ ОСНОВАНИЙ

Абзалова А.Г., аспирант;
Зайнуллин А.М., кандидат технических наук, доцент;
Шайхиев И.Г., доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Рассмотрены методы очистки сточных вод производства гремучей ртути. Исследована возможность очистки данных стоков методом нейтрализации с использованием сильных оснований: NaOH, Na₂CO₃, Ca(OH)₂. Установлено, что экономически предпочтительна нейтрализация раствором Na₂CO₃.

Ключевые слова: сточные воды, гремучая ртуть, соединения ртути, нейтрализация.

WASTEWATER TREATMENT FOR MERCURY BLASTING PRODUCTION USING STRONG BASES

Abzalova A.G., postgraduate student;
Zainullin A.M., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
Shaikhiev I.G., Doctor of Technical Sciences, Professor
Kazan National Research Technological University
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: Methods for treating wastewater from the production of mercury fulminate was considered. The possibility of cleaning these wastewaters by neutralization using strong bases: NaOH, Na₂CO₃, Ca(OH)₂ was studied. It has been established that neutralization with Na₂CO₃ solution is economically preferable.

Keyword: wastewater, mercury fulminate, mercury compounds, neutralization.

Одними из опасных и распространённых поллютантов, попадающих в объекты окружающей среды и наносящих непоправимый урон биоценозу, являются соединения, содержащие в своем составе тяжелые металлы. С течением времени загрязняющие вещества накапливаются, что приводит к снижению экологической устойчивости и возникновению экологической угрозы [1-2].

Значительная часть стоков, содержащих ионы тяжелых металлов, образуются при производстве энергонасыщенных веществ на предприятиях оборонно-промышленного комплекса. Так, в качестве инициирующих взрывчатых веществ широко применяются тринитрорезорцинат свинца, гремучая ртуть, азиды тяжелых металлов и другие соединения. В настоящее время не уделяется долж-

ное внимание очистке сточных вод спецпроизводств. Чаще всего сточные воды, после получения целевого продукта, разлагают для перевода остатков взрывчатых веществ в безопасные, разбавляют техническими водами и сбрасывают в природные водоемы [3-5].

Соединения ртути высокотоксичны для водных организмов - ПДК в воде водоемов составляет всего 0.0005 мг/л. В этой связи, очень важным направлением в очистке стоков производства спецпродуктов является очистка сточных вод от соединений ртути [6].

Специфика поведения ртути требует индивидуального подхода к выделению той или иной ее формы. Ввиду этого, все методы очистки можно разделить на две группы: восстановительные и ионообменные. Восстановительные методы различаются по способу восстановления ртути, и применяются в тех случаях, когда в сточных водах содержатся легко восстанавливаемые вещества. Наиболее распространенными являются электрохимическое восстановление, восстановление металлами, а также органическими и неорганическими восстановителями.

Очистка производственных сточных вод методом ионного обмена позволяет извлекать и утилизировать ценные примеси (соединения мышьяка, хром, цинк, свинец, медь, ртуть и другие металлы), ПАВ и радиоактивные вещества, очищать сточную воду до предельно допустимых концентраций с последующим ее использованием в технологических процессах или в системах оборотного водоснабжения [3-5].

Сточные воды производства гремучей ртути представляют собой жидкость желтого цвета с показателями, представленными в таблице 1.

Таблица 1 - Физико-химические показатели исходной сточной воды

Показатель	Значение
Содержание ртути, мг/ дм ³	0.09
ХПК, мгО/дм ³	5160
рН	1.1
Оптическая плотность (D)	0.525
Сухой остаток, г/дм ³	0,935
Плотность, г/см ³	1,0086
Цвет	Желтый

Исходные пробы сточной воды (табл. 1) характеризуются высокими значениями ХПК и кислотности, повышенным содержанием ионов ртути (II) - превышает предельно допустимую концентрацию в воде водоемов более чем в 100 раз [6].

В этой связи, первоначально исследовалась возможность очистки стоков производства гремучей ртути с использованием сильных оснований. В качестве нейтрализующих агентов использовались растворы NaOH, Na₂CO₃, Ca(OH)₂.

Основания использовались в виде 10% растворов NaOH и Na₂CO₃ и 5% суспензии Ca(OH)₂ в дистиллированной воде. Типовой эксперимент заключался в следующем: к 50 см³ сточной воды в мерной колбе по каплям приливались

растворы того или иного основания. Для интенсификации процесса нейтрализации, колбы помещались в шейкер. Через определенные промежутки времени снимались значения рН. Нейтрализацию проводили до достижения значений рН -7.5-8.5.

Анализ результатов экспериментов показал, что введение в сточные воды щелочей приводит к интенсивному повышению значений рН. Причем в случае применения NaOH и Na₂CO₃ достаточно 3 см³ и 3.5 см³ растворов, соответственно. В случае применения суспензии Ca(OH)₂ для достижения нейтральной среды необходимо 52 см³ реагента.

В промышленных масштабах объемы сточных вод достигают десятков тонн. В связи с этим, наряду с эффективностью реагентов, необходимо так же учитывать и экономическую составляющую.

В таблице 2 приведены стоимость и расход нейтрализующих агентов в пересчете на чистое вещество для нейтрализации 1 т. стоков производства гремучей ртути.

Таблица 2 - Стоимость и расход реагентов в пересчете на чистое вещество для нейтрализации 1 т стоков производства гремучей ртути

Реагент	Расход реагента для нейтрализации 1 т стоков, кг	Стоимость реагента для нейтрализации 1 т стоков, руб.
NaOH	5.58	1601
Na ₂ CO ₃	7.58	204
Ca(OH) ₂	52.6	736

Использование раствора NaOH позволяет достичь нейтральной среды при меньших затратах реагента. Однако его использование на производстве затруднено вследствие его высокой стоимости (287 рублей за кг). Применение дешевой суспензии Ca(OH)₂ (14 рублей за кг) сдерживается высоким расходом, образованием гипса и, как следствие, трудностью очистки оборудования. Экономически предпочтительным является использование раствора Na₂CO₃. Невысокая стоимость (27 рублей за кг) сопровождается небольшим расходом реагента.

Литература:

1. Степанова Н.В., Валеева Э.Р., Фомина С.Ф., Камалова Ф.М., Тунакова Ю.А., Файзуллина Р.А. Монография. Тяжелые металлы: Вопросы воздействия. Казань, 2015. Ч. 1.
2. Галимова А.Р., Тунакова Ю.А. Поступление, содержание и воздействие высоких концентраций металлов в питьевой воде на организм//Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 20. С. 165-169.
3. Зайнуллин А.М., Гараева Г.И. Удаление соединений ртути из водных сред. Обзор. Часть 1 // Материалы всероссийской научной конференции с международным участием «Инновационные технологии защиты окружающей среды в современном мире», Казань, 2021. С. 167-172.
4. Зайнуллин А.М., Агмалова Д.К., Логинова Е.М., Гараева Г.И. Удаление

соединений ртути из водных сред. Обзор. Часть 2 // Материалы всероссийской научной конференции с международным участием «Инновационные технологии защиты окружающей среды в современном мире», Казань, 2021. С. 172-177.

5. Зайнуллин А.М., Иванкина А.И., Гараева Г.И. Удаление соединений ртути из водных сред. Обзор. Часть 3 // Материалы всероссийской научной конференции с международным участием «Инновационные технологии защиты окружающей среды в современном мире», Казань, 2021. С. 177-183.

6. Янин Е.П. Ртуть в России: производство и потребление. М.: ИМГРЭ, 2004. 38 с.

УДК 66.074.62.094.7

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ОТ АВАРИЙНОГО ВЫБРОСА ХЛОРА НА ПРЕДПРИЯТИИ

Андросова Е. С., магистрант;
Симакова Е.Н., кандидат педагогических наук, доцент;
Навасардян Е.С., доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени
Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»
(г. Москва, Российская Федерация)

Аннотация: В статье рассмотрены статистические данные аварийности предприятий, использующих хлор. Также описаны недостатки существующих систем очистки. На основании проведённого анализа предложен адсорбционный метод очистки атмосферного воздуха от аварийного выброса хлора, а также приведены конструктивные параметры адсорбера-уловителя, позволяющего собрать и нейтрализовать пары хлора.

Ключевые слова: адсорберы, газоочистка, адсорбционные аппараты, очистка выбросов, улавливание хлора, хлор.

DEVELOPMENT OF A PROTECTION SYSTEM AGAINST ACCIDENTAL CHLORINE RELEASE AT THE ENTERPRISE

Androsova E. S.,
Simakova E. N.,
Navasardyan E. S.
Bauman Moscow State Technical University (BMSTU)
(Moscow, Russian Federation)

Annotation: The article considers the statistical data on the accident rate of enterprises using chlorine. The shortcomings of existing purification systems are also described. Based on the analysis carried out, an adsorption method for cleaning atmos-

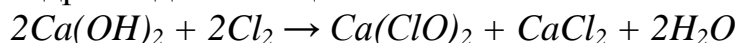
pheric air from an emergency release of chlorine is proposed, as well as the design parameters of an adsorber-trapper, which allows collecting and neutralizing chlorine vapors, are given.

Keyword: adsorbers, gas purification, adsorption machines, emission cleaning, chlorine capture, chlorine.

Хлор — вещество второго класса опасности, относится к аварийно химически опасным веществам (АХОВ). Согласно статистическим данным, хранение, испарение и дозировка хлора являются наиболее опасными технологическими процессами при обращении с хлором и перевалочными операциями. На предприятиях хлор хранится в жидком виде в герметичных специальных ёмкостях, однако это не означает, что в случае аварийных — нештатных режимов утечки хлора невозможны. При испарении 1 литра жидкого хлора образуется около 450 литров газообразного хлора [1]. На предприятиях запасы жидкого хлора могут достигать 250 м³. Очевидно, что токсическое воздействие хлора на окружающую среду и организм человека требует установки систем экстренного быстрого улавливания и нейтрализации ядовитых паров.

В целях быстрой ликвидации последствий аварий в хранилищах хлора устанавливаются аварийные системы очистки. В качестве основного метода очистки газа от примеси хлора традиционно используется хемосорбционная очистка в абсорбционных колоннах. В качестве абсорбентов используются щелочные растворы гидроксида кальция (известковое молоко), карбоната натрия (кальцинированная сода), гидроксида натрия (каустической соды) [2]. Реакции нейтрализации хлора протекают следующим образом:

- Реакция с гидроксидом кальция:



(продукты реакции — гипохлорит кальция, хлорид кальция и вода);

- Реакция с карбонатом натрия:



(продукты реакции — хлорид натрия, хлорат натрия, углекислый газ);

- Реакция с гидроксидом натрия:



(продукты реакции — хлорат натрия, поваренная соль и вода).

Применение жидких растворов обладает существенными недостатками. Реагенты, используемые в абсорбции, также являются АХОВ, следовательно, их хранение и использование повышает аварийность предприятия. Для хранения и дозировки реагентов необходимо задействовать дополнительную площадь, специальное оборудование, а также привлекать и обучать сотрудников работе на таком участке.

Для устранения недостатков работы с жидкими реагентами предлагается использовать адсорбционные аппараты, методика расчёта которых представлена в работах [3] и [4]. В качестве адсорбента используется активированный уголь с пропиткой раствором гидроксида натрия. На предприятие готовый сорбент поставляется и хранится упакованный в сухом виде. Рассчитываемый ад-

сорбционный аппарат однократного действия. Пропитка позволяет нейтрализовать активный хлор, и последующая утилизация сорбента становится безопасной и не требует специальных мер и технологий защиты. Из конструкции адсорбционного аппарата исключается узел распыления сорбента, а также блок регенерации (десорбции), вследствие чего снижаются затраты на изготовление и эксплуатацию.

Адсорбционная способность активированного угля к хлору при стандартных условиях равна $a_0 = 16,861$ кг/кг [5]. В расчетных исследованиях доля примеси хлора на входе в аппарат принята равной 80% от максимального объема выброса, концентрация хлора в выбросе равна $2,363$ кг/м³. Доля примеси хлора на выходе из адсорбера соответствует значению предельно допустимой концентрации в воздухе рабочей зоны (ПДК = 1 мг/м³). По результатам расчетов соответствующую степень очистки обеспечивает аппарат с высотой слоя сорбента $L = 2$ м и диаметром $D = 1,4$ м. При таких размерах слоя время защитного действия рассчитанного аппарата $\tau = 27$ ч, гидравлическое сопротивление слоя загрузки $\Delta p_c = 9029,3$ Па.

Таким образом, применение адсорбционного метода очистки позволит снизить аварийность предприятия, использующего хлор, а также упростить процесс установки и эксплуатации системы защиты.

Литература:

1. Тимофеева С. С., Хамидуллина Е. А., Давыдкина О. А. Оценка аварийных рисков опасных объектов, использующих хлор в технологических процессах // Вестник ИрГТУ. 2014. №6 (89).
2. Егорова О.С., Гоголь Э.В., Тунакова Ю.А. Методическое обеспечение контроля выбросов газов // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 9. С. 210-217.
3. Штолина В. В., Симакова Е. Н., Навасардян Е. С. Разработка системы очистки выбросов для предприятий, изготавливающих лопасти ВЭУ В сборнике: Техносферная безопасность в XXI веке. материалы X Всероссийской научно-практической конференции магистрантов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 373-376.
4. Александров А. А. Машины и аппараты криогенных систем / А.А. Александров, И.А. Архаров, Е.С. Навасардян. М., 2009. 98 с.
5. Xue, Jianwei & Wen, X.-G & Zhao, H.-L & Lv, Z.-P & Li, F.-X. Chlorine Adsorption of Activated Carbons, Carbon Molecular Sieves and Carbon Nanotubes // Asian Journal of Chemistry. 2012. 24. 5481-5484.

АДСОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ МОДИФИЦИРОВАННЫМ БЕНТОНИТОМ

Атаманова О.В., доктор технических наук, профессор;
Тихомирова Е.И., доктор биологических наук, профессор;
Глубокая А.С., аспирант;
Подоксенев А.А., аспирант
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»
(г. Саратов, Российская Федерация)

Аннотация: Изучена адсорбционная способность бентонита, модифицированного углеродными нанотрубками (УНТ), активированного кислотой и солью, по отношению к *o*-фенилендиамину и ионам Ni^{2+} . Наилучшую эффективность адсорбции *o*-фенилендиамина и ионов Ni^{2+} проявил бентонит, модифицированный УНТ, и активированный 18 %-м раствором HCl с последующей активацией 38 %-м раствором $CaCl_2$.

Ключевые слова: адсорбция, очистка воды, модифицированный бентонит, ионы тяжелых металлов, ароматические соединения, сорбционные материалы.

ADSORPTION WATER PURIFICATION FROM IONS OF HEAVY METALS AND ORGANIC COMPOUNDS WITH MODIFIED BENTONITE

Atamanova O.V., doctor of technical sciences, professor;
Tikhomirova E.I., doctor of biological sciences, professor;
Glubokaya A.S., postgraduate student;
Podoksenov A.A., postgraduate student
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov
(Saratov, Russian Federation)

Annotation: The adsorption capacity of bentonite modified with carbon nanotubes (CNTs) activated by acid and salt with respect to *o*-phenylenediamine and Ni^{2+} ions was studied. The best adsorption efficiency of *o*-phenylenediamine and Ni^{2+} ions was shown by bentonite modified with CNTs and activated with 18% HCl solution and subsequent activation with 38 % $CaCl_2$ solution.

Keyword: adsorption, water purification, modified bentonite, heavy metal ions, aromatic compounds, sorption materials.

Введение. Сточные воды предприятий разных отраслей промышленности (химической, фармацевтической, металлургической) обычно содержат целый

комплекс примесей – от ароматических соединений до тяжелых металлов. Такие загрязненные стоки, поступая в природные водоемы в недостаточно очищенном виде, делают природные воды токсичными, требующими дополнительной очистки.

Значительной популярностью в настоящее время пользуется адсорбционная очистка воды. При этом особого внимания заслуживают сорбционные материалы на основе модифицированных бентонитов, которые являются дешевыми и достаточно доступными материалами на рынке. Исследованиями установлено высокое качество очистки воды сорбционными материалами (СМ), полученными на основе модифицированных бентонитов [1]. Поэтому дальнейшее совершенствование технологий адсорбционной очистки производственных сточных вод от ароматических соединений и тяжелых металлов для минимизации их негативного воздействия на окружающую среду в настоящее время особенно актуальны [2-4].

Цель исследований – изучение адсорбционных свойств модифицированных бентонитов для обеспечения очистки воды от аминопроизводных бензола и ионов тяжелых металлов.

Объекты исследования: модельные растворы *o*-фенилендиамина и гептагидрата сульфата никеля $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, содержащие катионы Ni^{2+} . Также бентониты, модифицированные несколькими способами и активированные кислотой HCl и солью CaCl_2 .

Изучались следующие варианты активированных модифицированных бентонитов:

– вариант № 1 – бентонит, модифицированный УНТ, обожженный при 550 °С, активированный 9 %-м р-ром соляной кислоты (HCl);

– вариант № 2 – бентонит, модифицированный УНТ, обожженный при 550 °С, активированный 18 %-м р-ром соляной кислоты (HCl);

– вариант № 3 – бентонит, модифицированный УНТ, обожженный при 550 °С, активированный 9 %-м р-ром HCl и 30 %-м р-ром хлористого кальция CaCl_2 ;

– вариант № 4 – бентонит, модифицированный УНТ, обожженный при 550 °С, активированный 18 %-м р-ром HCl и 38 %-м р-ром хлористого кальция CaCl_2 .

Методы исследования: фотометрия; титриметрия; методики активации гранул сорбционного материала; методы статистической обработки результатов.

Результаты и обсуждение. Изучены характеристики эффективности адсорбции в статических условиях на модельном растворе *o*-фенилендиамина на бентоните, модифицированном УНТ. Построенные изотермы сорбции типа $\Gamma=f(C)$ представлены на рис. 1. По результатам исследования эффективности адсорбции в статических условиях были установлены значения статической обменной емкости Γ_i (мг/г), коэффициента межфазного распределения K_d (мг/л) и степени адсорбционного извлечения S (%) принятых к исследованиям органических веществ (см. табл. 1).

Исследование механизма адсорбции ионов тяжелых металлов реализова-

но на примере ионов Ni^{2+} на бентоните, модифицированном УНТ, обжигом при $550\text{ }^{\circ}\text{C}$, после активации по вариантам №3 и №4 в статических условиях. Изотермы адсорбции ионов Ni^{2+} от равновесных концентраций C_p для бентонита, модифицированного УНТ и обжигом при $550\text{ }^{\circ}\text{C}$, показаны на рис. 2.

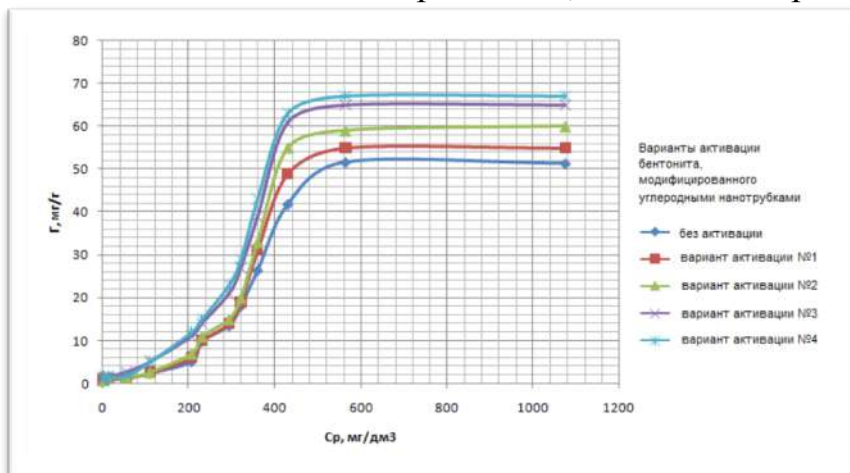
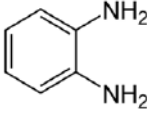


Рисунок 1 - Изотермы адсорбции *o*-фенилендиамина на бентоните, модифицированном УНТ в статических условиях

Таблица 1 - Параметры сорбции *o*-фенилендиамина на бентоните, модифицированном УНТ при предложенных вариантах активации

Вещество	Вид активации бентонита	Γ_{∞} , мг/г	K_d , мг/дм ³	S, %
	Неактивированный бентонит	$50,48 \pm 1,74$	$0,11 \pm 0,01$	$42,08 \pm 4,60$
	Бентонит, активированный 9%-м р-ром HCl	$54,13 \pm 5,16$	$0,17 \pm 0,01$	$52,22 \pm 2,27$
	Бентонит, активированный 18%-м р-ром HCl	$60,71 \pm 2,71$	$0,21 \pm 0,02$	$66,32 \pm 2,11$
	Бентонит, активированный 9%-м р-ром HCl и 30%-м р-ром CaCl ₂	$65,44 \pm 1,96$	$0,21 \pm 0,01$	$82,18 \pm 5,55$
	Бентонит, активированный 18%-м р-ром HCl и 38%-м р-ром CaCl ₂	$67,55 \pm 3,14$	$0,22 \pm 0,01$	$93,16 \pm 1,70$

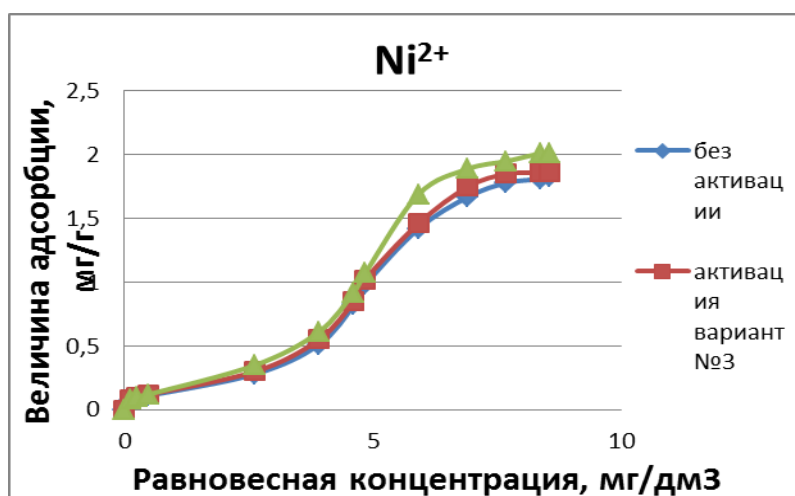


Рисунок 2 - Изотермы адсорбции ионов Ni^{2+} на бентоните, модифицированном УНТ с обжигом при $550\text{ }^{\circ}\text{C}$, после кислотно-солевой активации в статических условиях

Характеристики эффективности адсорбции бентонита, модифицированного УНТ и обжигом при 550^oС, а также активированные кислотой НСl и солью СаСl₂ по отношению к ионам Ni²⁺ приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Параметры, характеризующие эффективность адсорбции ионов Ni²⁺ и Cd²⁺ на бентоните, модифицированном обжигом при 550 °С

Адсорбируемый ион	Наличие у адсорбента кислотной активации	СОЕ , мг/г	K _d , мг/дм ³	S, %
Ni ²⁺	адсорбент без активации	1,83±0,07	0,21±0,04	88,2±4,54
	вариант активации №3	1,86±0,14	0,22±0,01	91,5±2,95
	вариант активации №4	2,01±0,1	0,24±0,03	94,1±7,41

Выводы: 1. Наиболее эффективным адсорбентом *o*-фенилендиамина показал себя бентонит, модифицированный УНТ, обожженный при 550 °С и активированный 18 %-м раствором НСl с последующей активацией 38 %-м раствором СаСl₂. Его преимущество над вторым по эффективности вариантом активации составляет: 3,7 % или 2,38 мг/дм³ в абсолютных значениях для бентонита, модифицированного УНТ.

2. Наибольший адсорбционный эффект по отношению к ионам Ni²⁺ также проявил бентонит, модифицированный УНТ, обожженный при 550 °С и активированный 18 %-м раствором НСl и 38 %-м раствором хлористого кальция СаСl₂. Его характеристики по отношению к ионам Ni²⁺: СОЕ = 2,01 мг/г, K_d= 0,24 мг/дм³, S =94,1 %.

Литература:

1. Способ адсорбционной очистки сточных вод, содержащих ароматические соединения бензольного ряда: пат. 2747540 Рос. Федерация. №2020129510; заявл. 07.09.2020; опубл. 06.05.2021, Бюл. № 13. 3 с.

2. Атаманова О.В., Тихомирова Е.И., Глубокая А.С., Подоксенов А.А. Исследование механизмов адсорбции ионов Fe(II) и Cu(II) бентонитом, модифицированным углеродными нанотрубками // Химическая безопасность / Chemical safety science. 2020. № 4 (2). С. 147-159.

3. Истрашкина М.В., Атаманова О.В., Тихомирова Е.И., Веденеева Н.В. Эффективность многокомпонентного адсорбционного фильтра по отношению к органическим соединениям с различной способностью к ионизации в водной среде (на примере *o*-толуидина, гидрохинона и *p*-динитробензола) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18. № 2-3. С. 687-691.

4. Тунакова Ю.А., Файзуллина Р.А., Шмакова Ю.А. Использование модельных растворов для оценки сорбционной емкости биополимерных сорбентов // Вестник Казанского технологического университета. 2011. № 5. С. 57-61.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ГАЛЬВАНОШЛАМОВ НА БАРАБАННОМ ВАКУУМНОМ ФИЛЬТРЕ

Бильданова А.А., обучающийся;
Мальцева С.А., кандидат химических наук, доцент;
Григорьева И.Г., старший преподаватель
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Предложена технологическая схема очистки сточных вод гальванического производства, включающая барабанный вакуумный фильтр, обеспечивающий снижение влажности до 50-75%, что является необходимым условием для утилизации гальваношламов.

Ключевые слова: гальваническое производство, технологическая схема очистки сточных вод, барабанный вакуумный фильтр, утилизации гальваношламов.

DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGICAL SCHEME OF THE ELECTROPLATING SLUDGE DEWATERING SYSTEM ON A DRUM VACUUM FILTER

Bildanova A.A., student;
Maltseva S.A., candidate of chemical sciences, associate professor;
Grigorieva I.G., senior lecturer
Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI,
(Kazan, Russian Federation)

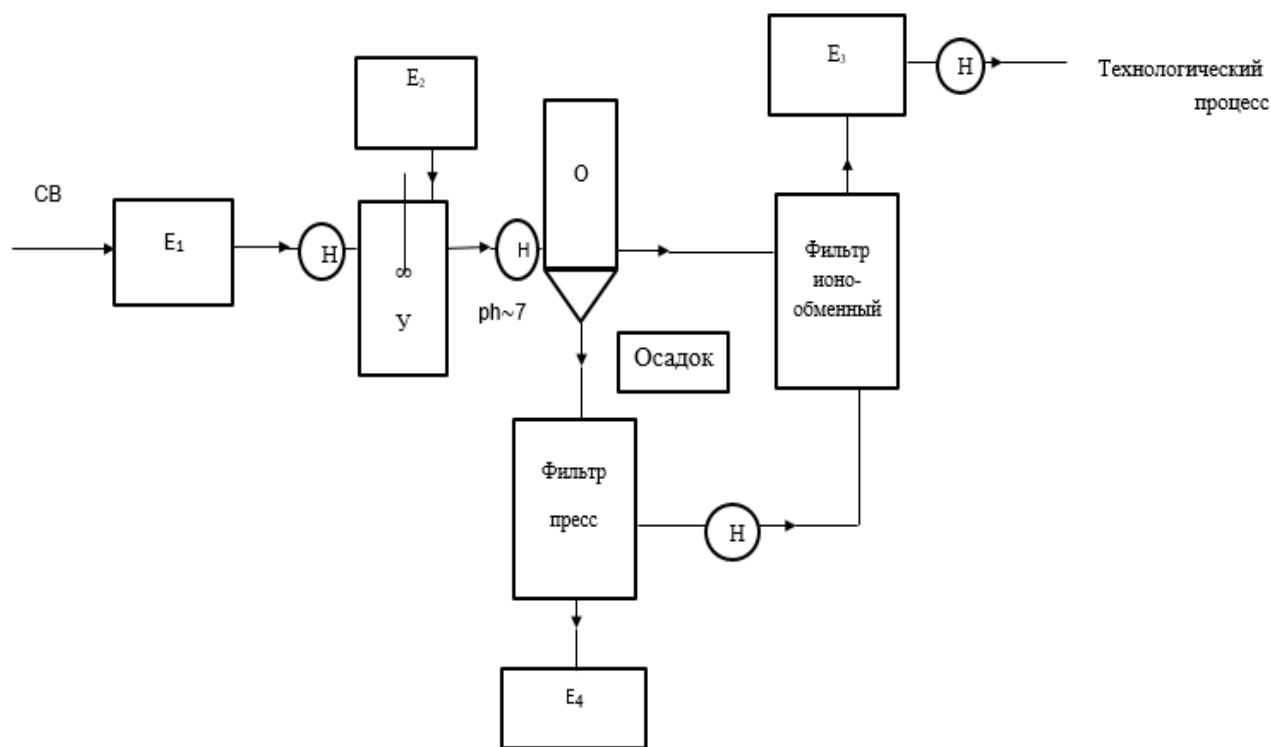
Annotation: A technological scheme for wastewater treatment of electroplating production is proposed, including a drum vacuum filter that reduces humidity to 50-75%, which is a necessary condition for the disposal of electroplating sludge.

Keyword: electroplating production, technological scheme of wastewater treatment, drum vacuum filter, disposal of electroplating sludge.

Из анализа научно-технической литературы следует [1 – 3], что в машиностроительном производстве объем гальваностокос образующихся на одном гальваническом производстве, составляет 600-800 м³/сут.

На основе передового и отечественного опыта в области экологической безопасности [1, 2] предложена технологическая схема очистки сточных вод гальванического производства, включающая барабанный вакуумный фильтр, обеспечивающий снижение влажности до 50-75%, что является необходимым условием для утилизации гальваношламов.

На рисунке 1 предложена технологическая схема процесса очистки сточных вод гальванического производства. Сточные воды с ванн промывки и ванн нанесения покрытия поступают в накопительную емкость и оттуда с помощью насоса отправляются в усреднитель с целью реализации процесса нейтрализации сточных вод известковым молоком и регулирования рН. Суспензия $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в усреднитель подается из емкости приготовления раствора суспензии $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Усреднитель снабжен перемешивающим устройством для равномерного смешения раствора $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и сточной воды. Отделение сформированного осадка гидроксидов металлов от сточной воды происходит в отстойнике. Влажные осадки гидроксидов металлов направляются в фильтр-пресс на обезвоживание, затем обезвоженный осадок направляется в накопительную емкость для гальваношламов, а вода с вакуумного фильтра на ионообменный фильтр для доочистки, откуда в накопительную емкость, а затем на технологические нужды предприятия.



E_1 - емкость для сбора промывных СВ и вод с ванны нанесения покрытия, E_2 - емкость для раствора $\text{Ca}(\text{OH})_2$, У - усреднитель, О - отстойник, E_3 - накопительная емкость для гальваношламов, E_4 - накопительная емкость очищенной воды, Н - насос

Рисунок 1 - Технологическая схема процесса очистки сточных вод гальванического производства

Согласно расчёту, площадь поверхности фильтрования барабанного вакуумного фильтра составляет $19,45 \text{ м}^2$. Производительность по снимаемому с

фильтра влажному осадку по фильтрату $Q_{oc} = 0,28$ кг/с. Производительность по снимаемому с фильтра сухому осадку $Q_c = 0,0064$ кг/с.

Основными направлениями утилизации гальванических шламов в строительной индустрии является их применение при производстве строительной керамики, бетонных и растворных смесей, стекла, а также в синтезе пигментов и красок. При варке листового, коврово-мозаичного и трехкомпонентного стекла в шихту добавляют от 0,5 до 1 % шлама, высушенного до влажности 2 %. В зависимости от химического состава шламов получают стекла разных цветов.

В металлургическом производстве для легирования сталей и добавлении их в количестве 60 кг/т вместе с коксом и известняком в плавильную печь при влажности 4 – 10 %. Для производства бетонных конструкций, в составе цементных смесей и асфальтобетона. Смешивают шламы гальванического производства влажностью 60% с отработанным трансформаторным маслом битумом и известняком, сушат и размалывают, а затем используют в производстве. Максимальная добавка шлама при этом составляет 20 %. Так же используют при изготовлении строительной керамики, производстве красителей – пигментов.

Гальваношламы, содержащие большое количество гипса, используют как добавку: 10 – 15 % в производстве строительного гипса или 30 – 50 % при получении ячеистых бетонов [3, 4].

Литература:

1. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии / Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС –2015: Очистка сточных вод при производстве продукции, выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях 2.2.9 Сточные воды машиностроительного комплекса.

2. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии/ Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 8 – 2015: Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях: М.: Бюро НДТ, 2015. 2.3.5 Обезвоживание осадков сточных вод

3. Кузнецова Е.Ю. Проблемы и решения переработки и утилизации сточных вод гальванических производств / Е.Ю. Кузнецова, А.К. Акулова, А.В. Мотовилов // Евразийский Союз Ученых. 2016. №3(24). С. 109–112.

4. Горбунова, Л. Н. Исследование процесса приготовления каустифицированной шихты / Л. Н. Горбунова, Н. Д. Вершинина, Н. А. Панкова // Исследования по разработке технологии активации сырья и шихты с целью интенсификации стекловарения. М.: ГИС, 2015. С. 28 – 32.

МИНИМИЗАЦИЯ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Бильданова А.А., обучающийся;
Мальцева С.А., кандидат химических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Для минимизации техногенного воздействия сточных вод гальванического производства предложена реагентная очистка сточных вод и подготовка осадков к утилизации путем обезвоживания.

Показано, что экономическая эффективность предлагаемых природоохранных мероприятий составляет 0,56.

Ключевые слова: гальваническое производство, сточные воды, реагентная очистка, обезвоживание осадков, экономическая эффективность.

MINIMIZATION OF TECHNOGENIC EFFECTS OF WASTEWATER ELECTROPLATING PRODUCTION ON THE ENVIRONMENT

Bildanova A.A., student;
Maltseva S.A., candidate of chemical sciences, associate professor
Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: To minimize the technogenic impact of wastewater from galvanic production, reagent wastewater treatment and preparation of precipitation for disposal by dewatering are proposed. It is shown that the economic efficiency of the proposed environmental measures is 0.36.

Keyword: galvanic production, waste water, reagent treatment, precipitation dewatering, economic efficiency.

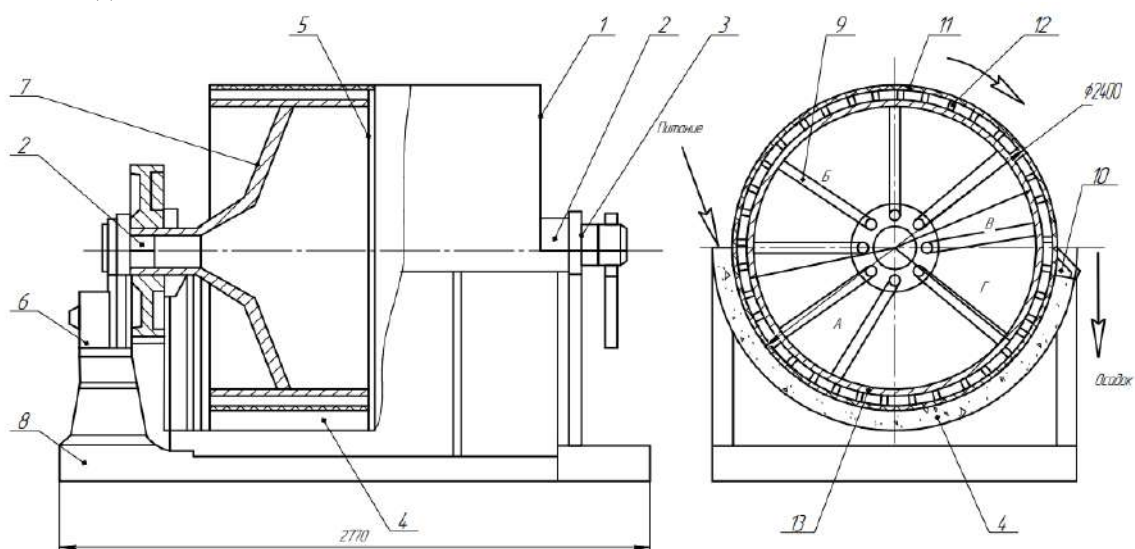
Обезвоживание шлама гальванического производства является одним из этапов подготовки шлама к утилизации [1-2]. На рисунке 1 представлен барабанный вакуумный фильтр для обезвоживания гальваношламов непрерывного действия. Рабочий цикл вакуум-фильтров включает следующие операции: фильтрование, обезвоживание (просушку), удаление обезвоженного осадка, регенерацию фильтровальной ткани.

Удаление обезвоженного осадка с поверхности фильтровальной ткани производится с помощью различных механических устройств либо отдувкой сжатым воздухом. Регенерация ткани производится с целью восстановления фильтрующей способности продувкой сжатым воздухом либо промывкой [2].

Фильтры БОУ имеют переменную частоту вращения барабана. Их значение находится в диапазоне 0,13 - 0,43 до 1,8 - 2 об/мин. Производительность фильтров тем больше, чем выше скорость вращения барабана и тоньше слой отфильтрованного осадка, но максимальная скорость вращения барабана ограничена из-за необходимости получения слоя осадка толщиной не менее 5 мм.

Согласно расчёту, площадь поверхности фильтрования составляет 19,45 м². Производительность по снимаемому с фильтра влажному осадку, соответствующую заданной производительности по фильтрату $Q_{oc} = 0,28$ кг/с. Производительность по снимаемому с фильтра сухому осадку $Q_c = 0,0064$ кг/с.

Для технико-экономического обоснования принято: линией нанесения медного покрытия сбрасываются производственные сточные воды в реку Волга в объёме, равном 10,714 м³/час (54750 м³/год). Содержание ионы Cu^{+2} (вредные вещества I-II классов опасности) с концентрацией на входе в систему очистки $C_{исх.} = 0,133$ мг/л. Время поступления хозяйственно-бытовых и производственных стоков (t): 1 год=365дней.



1 - корпус барабана, 2 - полая цапфа, 3 - головка распределительная, 4 - ванна, 5 - перегородка вертикальная, 6 - привод, 7 - труба, 8 - опора, 9 - каналы отводные, 10 - нож, 11 - ткань фильтровальная, 12 - крепления для фильтровальной ткани, 13 - барабан

Рисунок 1 – Барабанный вакуумный фильтр

Предельно допустимая концентрация меди, сбрасываемая в водоём, соответствует $C_{доп.}$ установленным для водоёмов рыбохозяйственного назначения и равна 0,001 мг/л.

Согласно расчетам [3] масса сброшенного вредного вещества в составе сточных вод составила 12388,8125т, размер вреда, причиненного водному объекту сбросом вредных веществ в составе сточных вод составило 89461900000 тыс. руб. Экономическая эффективность от очистки сточных вод гальванического производства составляет 56%.

Литература:

1. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии/Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 8-2015: Очистка сточных вод при производстве продукции, выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях 2.2.9 Сточные воды машиностроительного комплекса.

2. Поникаров И.И. Расчеты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки (примеры и задачи): учебное пособие / И.И. Поникаров, С.И. Поникаров, С.В. Рачковский. М.: Альфа–М, 2008. 712 с.

3. Методика исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства (утв. Приказом Минприроды России от 13 апреля 2009 г. №87).

УДК 504.06

ПОИСК ЭФФЕКТИВНЫХ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА

Васильева Ж.В., кандидат технических наук, заведующий кафедрой;
Яшкина А.А., старший преподаватель;
Тюляев В.С., Беззубова И.В., Мотовилова И.С., студенты
ФГАОУ ВО «Мурманский государственный технический университет»
(г. Мурманск, Российская Федерация)

Аннотация: В работе отражены результаты сравнительных исследований характеристик и эффективности применения ряда коммерческих сорбентов, присутствующих в настоящее время на рынке, а также сорбционных материалов на основе природного сырья Мурманской области в условиях реализации разлива нефтепродуктов в морях арктического региона.

Ключевые слова: ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов, Арктический регион, коммерческие сорбенты, сорбенты из регионального сырья.

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF UTILIZATION OF SALT RUNOFF OF A MINING AND METALLURGICAL ENTERPRISE

Vasilyeva Zh.V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Yashkina A.A., senior lecturer
Tyulyaev V.S., Bezzubova I.V., Motovilova I.S., students
Murmansk State Technical University
(Murmansk, Russian Federation)

Annotation: The paper considers the results of comparative studies of the character-

istics and effectiveness of the use of a number of commercial sorbents currently on the market, as well as sorption materials based on natural raw materials of the Murmansk region in the conditions of oil spill in the seas of the Arctic region.

Keyword: oil spills response, Arctic region, commercial sorbents, sorbents from regional raw materials.

Развитие добычи и переработки углеводородов, увеличение работ по разведыванию и разработки новых месторождений нефти и газа на шельфе Арктической зоны ведет к возрастанию рисков возникновения аварийных разливов нефти и нефтепродуктов и, как следствие, серьезным негативным последствиям для экологической безопасности арктических акваторий [1].

Экстремальные природные условия прибрежных территорий и шельфа северных морей – низкие температуры, наличие экстремальных и непредсказуемых погодных условий, низкая устойчивость арктических экосистем к антропогенному воздействию – являются не только причинами увеличения вероятности наступления аварийных ситуаций, в результате которых могут происходить аварийные разливы нефти, но и оказывают негативное влияние на эффективность мероприятий по их ликвидации [2].

В настоящее время активно осуществляется поиск средств и разработка технологий ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов на арктических акваториях. Среди них важное место занимают разработка и оценка сорбционных материалов [3], позволяющих наиболее быстро и безопасно ликвидировать последствия попадания углеводородов в морскую среду.

В настоящее время на рынке представлено значительное количество сорбентов для сбора нефти и нефтепродуктов с водной поверхности, однако остается открытым вопрос о фактической эффективности ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов данными сорбентами в акваториях морей в условиях Арктики.

Целью проведенной исследовательской работы являлась сравнительная оценка характеристик и эффективности применения ряда коммерческих сорбентов, присутствующих в настоящее время на рынке, а также сорбционных материалов на основе природного сырья Мурманской области в условиях реализации разлива нефтепродуктов в морях арктического региона.

В качестве объектов исследования были исследованы: коммерческие сорбенты «Новосорб», «Лессорб», «АГ-3», «Oil Sorb», «AG-Sorb»; сорбционные материалы на основе природного сырья Мурманской области: модифицированный вермикулит Ковдорского месторождения, верховой торф месторождения «Лейпи». Так же в целях опробования был получен экспериментальный образец сорбционных материалов: хитин из панциря головогруды (карапакса) *Paralithodes Camtschaticus*, высушенные водоросли *Fucus vesiculosus L.*

Оценку сорбционных характеристик проводили согласно методики ASTM F716-18 [4] при температуре $(23\pm 4)^{\circ}\text{C}$ (стандартный) и диапазоне температур $(0 \div \pm 15)^{\circ}\text{C}$. Моделирование загрязнения морских вод осуществляли посредством внесения различных образцов нефти и нефтепродуктов в морскую

воду, отобранную в Кольском заливе Баренцева моря. Температура воды составляла плюс 5⁰С (± 1⁰С), имитируя среднегодовую температуру морской поверхности Кольского залива [5].

В качестве модельных загрязнителей были выбраны: нефть арктического месторождения, судовое дизельное топливо, моторное масло. Выбор данных загрязнителей обусловлен наиболее вероятными разливами каждого нефтепродукта в результате аварийных ситуаций на судах в морской акватории Кольского залива Баренцева моря.

Моделирование процесса сорбции производили следующим образом: сорбент равномерно распределялся по поверхности загрязненной воды, имитируя условия реальной ликвидации разлива нефтепродуктов с учетом времени начала мероприятий от момента разлива, процесс сорбции осуществляли в период до 4,0 часов от времени разлива, после чего сорбент извлекался из воды. Анализ содержания нефтепродуктов в пробах морской воды проводили в приповерхностном слое и в толще воды через 1; 2; 3 и 4 часа. Содержание нефтепродуктов в воде определялось согласно ПНД Ф 14.1:2.4.128-98 [6].

В результате проведения исследовательской работы были даны оценки сорбционными характеристикам материалов в отношении исследованных загрязнителей (нефть арктического месторождения, судовое дизельное топливо, моторное масло) в условиях стандартных и пониженных температур. Сравнение сорбционных характеристик с данными производителей коммерческих сорбентов показало, что в целом отличия фактической нефтеемкости от заявляемой при стандартных температурах отличается незначительно и составляет 5 - 14%. В случае использования коммерческих сорбентов при пониженных температурах, свойственных арктическому региону сорбционная емкость материалов может отличаться от заявляемой в 1,3 - 2 раза в зависимости от температуры морской среды и сорбируемого нефтепродукта.

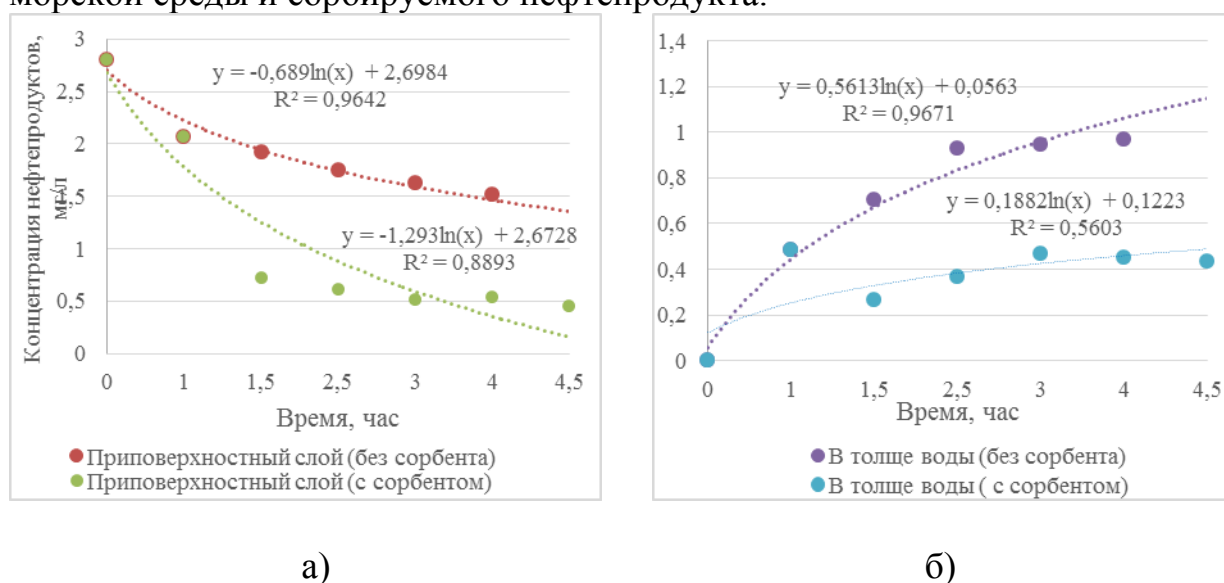


Рисунок 1 - Изменение концентрации нефтепродуктов в приповерхностном слое и в толще морской воды при температуре 5⁰С с использованием и без использования сорбционного материала («Новосорб»)

а) - изменение концентрации нефтепродуктов в приповерхностном слое;

б) - изменение концентрации нефтепродуктов в толще морской воды

При моделировании ликвидации аварийного разлива нефти и нефтепродуктов исследованными сорбентами установлено, что использование сорбционных материалов при температуре 5°C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$), не только эффективно снижает содержание нефтепродуктов в приповерхностном слое морской воды (Рис.1, а), но и существенно снижает динамику и скорость возрастания концентрации нефтепродуктов в толще воды (Рис.1, б).

В результате исследований получены эмпирические зависимости для прогнозирования эффективности процессов сорбции коммерческих и региональных сорбентов в отношении ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов и нефти. Установлены фактические показатели эффективности ликвидации аварийных разливов нефти в модельных условиях для исследованных сорбентов. Установлены высокие значения эффективности снижения концентрации нефтепродуктов в приповерхностном слое и в толще морской воды для полученного сорбента из хитина – не менее 80% в зависимости от вида нефтепродукта при установленной сорбционной емкости не менее 5,7 г/г в зависимости от вида нефти и нефтепродукта, и температуры окружающей среды.

Полученные в результате исследовательской работы данные будут использованы для создания банка данных сорбентов для ликвидации аварийных разливов нефти и снижения уровня нефтяного загрязнения в условиях арктического климата.

Литература:

1. Акчурин Л.А. Экологические риски освоения нефтегазовых месторождений арктического шельфа Российской Федерации: Подходы и решения / Акчурин Л.А., Малашенко Б.М. // Инновации и инвестиции. 2019. №2. С. 266-276.

2. Brakstad O.G., Lofthus S., Ribicic D., Netzer R. Biodegradation of Petroleum Oil in Cold Marine Environments. In: Margesin R. (eds) Psychrophiles: From Biodiversity to Biotechnology. Springer, Cham. 2017. P. 435–447.

3. Zamparas M., Tzivras D., Dracopoulos V., Ioannides T. Application of Sorbents for Oil Spill Cleanup Focusing on Natural-Based Modified Materials: A Review. *Molecules*. 2020; 25(19):4522.

4. ASTM F716-18, Standard Test Methods for Sorbent Performance of Absorbents for Use on Chemical and Light Hydrocarbon Spills, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018 - [Электронный ресурс]//ASTM INTERNATIONAL Helping our world work better. URL: <https://www.astm.org/Standards/F716> (access date: 07.09.2024).

5. Зонн И.Б. Баренцево море: энциклопедия / авт. и сост. И. С. Зонн и А. Г. Костяной. М.: Междунар. отношения, 2011. 266 с.

6. ПНД Ф 14.1:2:4.128-98. Методика измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, сточных вод на анализаторе жидкости «Флюорат-02» (М 01-05-2021).

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ В ОЧИЩЕННОЙ СТОЧНОЙ ВОДЕ

Гаджиева В.А., ассистент, м.н.с;
Мясоедова Т.Н., кандидат технических наук, доцент
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»
(г. Таганрог, Российская Федерация)

Аннотация: В работе исследована возможность использования коллоидного раствора оксида меди (I), в качестве комплексообразующего агента, для определения растворенных гуминовых веществ в водных растворах после их очистки гуматсодержащими сорбентами.

Ключевые слова: гуминовые вещества, коллоидный раствор, определение гуминовых веществ в водных растворах.

SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF HUMIC SUBSTANCES IN TREATED WASTE WATER

Gadzhieva V.A., assistant, junior researcher
Myasoedova T.N., candidate of technical sciences,
Leading Researcher Southern Federal University
(Taganrog, Russia)

Annotation: The possibility of using a colloidal solution of copper (I) oxide as a complexing agent for the determination of dissolved humic substances in aqueous solutions after their purification with humate-containing sorbents was studied.

Keyword: humic substances, colloidal solution, determination of humic substances in aqueous solutions.

В настоящее время актуальным является направление по исследованию сорбционных свойств гуминовых веществ, но данный аспект затрудняется, тем что нежелательное их присутствие в системах водоснабжения, обуславливает увеличение общего уровня органических загрязнителей и цветности [1].

Довольно сложная природа строения гуминовых веществ затрудняет их количественное определение в водных средах. Одним из наиболее перспективным является применение спектрофотометрического способа определения водорастворимых гуминовых веществ с использованием комплексообразующего агента, за счет относительно более низкой стоимости метода, более простого процесса проведения анализа, а также возможности предоставления данных о поглощении в ультрафиолетовой и видимой областях [2-4].

Была исследована возможность применения разработанного метода определения гуминовых веществ в очищенной воде при очистке загрязненных вод

от ионов меди гуматсодержащими сорбентами в динамических условиях. Сущность метода заключалась в том, что в качестве комплексообразующего агента для определения водорастворимых гуминовых веществ использовался коллоидный раствор оксида меди (I). Для определения гуминовых веществ в водных растворах 5 мл коллоидного раствора оксида меди (I) смешивали с 20 мл раствора, очищенного от ионов меди (II) гуматсодержащим сорбентом. Очистку водных растворов от ионов меди гуматсодержащими сорбентами в динамических условиях производили путем пропускания медьсодержащих растворов (V=50 мл) через фильтровальную колонку, заполненную сорбентом, масса которого составляла 0,05 г, 0,1 г, 0,15 г.

Определение массовой концентрации содержания гуминовых веществ в анализируемой пробе производили с помощью уравнения, полученного на основе калибровочного графика стандартных растворов гуминовых веществ в присутствии коллоидного раствора оксида меди (I), при максимуме поглощения 266 нм. Результаты анализа полученных растворов представлены на рисунках 1, 2.

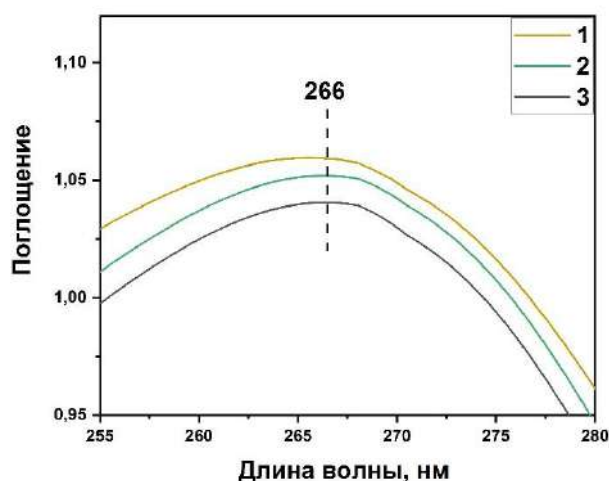


Рисунок 1 – Спектры поглощения гуминовых веществ после очистки водных растворов от ионов меди гуматсодержащими сорбентами (1 – масса сорбента 0,05 г; 2 – масса сорбента 0,1 г; 3 – масса сорбента m=0,15 г)

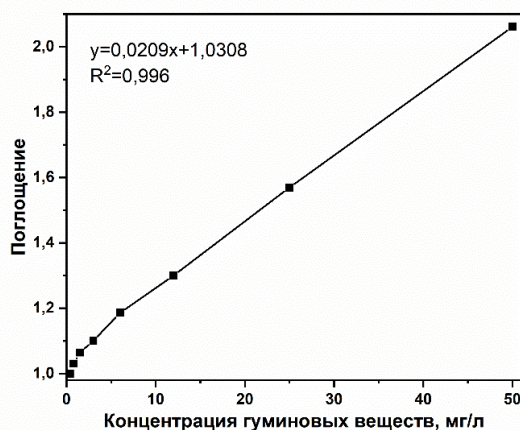


Рисунок 2 – Линейная зависимость определения гуминовых веществ в водном растворе в присутствии коллоидного раствора оксида меди (I)

В результате оценки содержание гуминовых веществ в пробах составил: 1 – 0,47 мг/л; 2 – 0,49 мг/л; 3 – 0,5 мг/л.

Таким образом, коллоидный раствор оксида меди (I), используемый в качестве комплексообразующего агента, может успешно использоваться для количественного определения содержания гуминовых веществ в сточных водах очищенных от ионов металлов гуматсодержащими сорбентами.

Литература:

1. Rajkumar D. Electrochemical treatment of industrial wastewater // Journal of Hazardous Materials. 2004. V. 113. № 1-3. P. 123-129.

2. Firmino A., Borato C. E., Leite F. L., Oliveira O. N., Silva W. T. L., Mattoso L. H. C. // Sensors for Detecting Humic Substances and Heavy Metal Complexes in Waters. 2005 12th Int. Symposium on Electrets. doi:10.1109/ise.2005.1612413

3. Гоголь Э.В., Гумерова Г.И., Тунакова Ю.А., Исхакова М.Н., Богданова Д.А. Экспрессанализ в экохимии//Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 1. С. 163-166.

4. Егорова О.С., Салимгараева Л.Ш., Федорова И.А., Гоголь Э.В., Тунакова Ю.А. Разработка методики для определения анионно-катионного состава сточных вод комбинированным способом с использованием полимерсодержащих тест-полосок и фотометрического датчика // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 1. С. 167-169.

УДК 504.3.054

МИНИМИЗАЦИЯ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ВЫБРОСОВ ОТ ЛИНИИ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ СТОЧНЫХ ВОД ПРОИЗВОДСТВА НИКЕЛЬСОДЕРЖАЩИХ ПОКРЫТИЙ ИЗ СЕРНОКИСЛОГО ЭЛЕКТРОЛИТА

Гисматуллина А.И., обучающийся;

Мальцева С.А., кандидат химических наук, доцент;

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Для минимизации техногенного воздействия на окружающую среду выбросов от линии нейтрализации сточных вод производства никельсодержащих покрытий из сернокислого электролита разработана технологическая схема очистки выбросов гальванического производства. Приведены результаты расчета выделения загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Ключевые слова: гальваническое производство, выбросы, максимальные выделения, годовой выброс, технологическая схема, нейтрализатор, каплеуловитель, фильтр волокнистый.

MINIMIZATION OF THE TECHNOGENIC IMPACT ON THE ENVIRONMENT OF EMISSIONS FROM THE WASTE WATER NEUTRALIZATION LINE FOR THE PRODUCTION OF NICKEL- CONTAINING COATINGS FROM SULFURIC ACID ELECTROLYTE

Gismatullina A. I., student;
Maltseva S.A., candidate of chemical sciences, associate professor
Kazan National Research Technical University A.N. Tupolev-KAI
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: To minimize the anthropogenic impact on the environment of emissions from the waste water neutralization line of the production of nickel-containing coatings from sulfuric acid electrolyte, a technological scheme for cleaning emissions of galvanic production has been developed. The results of calculating the release of pollutants into the atmospheric air are presented.

Keyword: galvanic production, emissions, maximum emissions, annual emissions, technological scheme, neutralizer, droplet collector, fiber filter.

Обилие мероприятий, связанных с перемещениями больших объемов кислых, щелочных и других химических соединений на гальваническом предприятии, неизбежно порождает вредные пары и аэрозольные конденсаты, вдыхание которых приводит к острым или хроническим отравлениям [1].

Согласно методики расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при производстве металлопокрытий гальваническим способом [2], в атмосферный воздух в виде аэрозоля выделяются вещества, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Загрязняющие вещества, выделяющиеся в атмосферный воздух в атмосферу при производстве металлопокрытий гальваническим способом

Вещество	Величина удельного выделения, мг/(с·м ²)
Никеля сульфат	0,15
Магния сульфат	0,15
Натрия сульфат	0,20
Кислота борная	0,50

Для расчета максимального выделения загрязняющих веществ приняты следующие параметры: источником загрязнения атмосферного является станция нейтрализации СН 2000 с максимальным расходом сточных вод (при нейтрализации в течение 20 мин.) 1,6 л/с. Диаметры входного и выходного патрубков составляют 100 мм. Диаметр вентиляционного патрубка равен 110 мм. Длина и диаметр емкости нейтрализации составляет 2400 и 1400 мм соответственно. Очистка сточных вод ведется в соответствии с ГОСТ Р 59748-2021 «Технические принципы обработки осадков сточных вод. Общие требования». Установка организована при двухсторонней нейтрализации - с применением

обоих химических реагентов-нейтрализаторов (и кислоты, и щелочи). Электрическая мощность СН 2000 составляет 2 кВт.

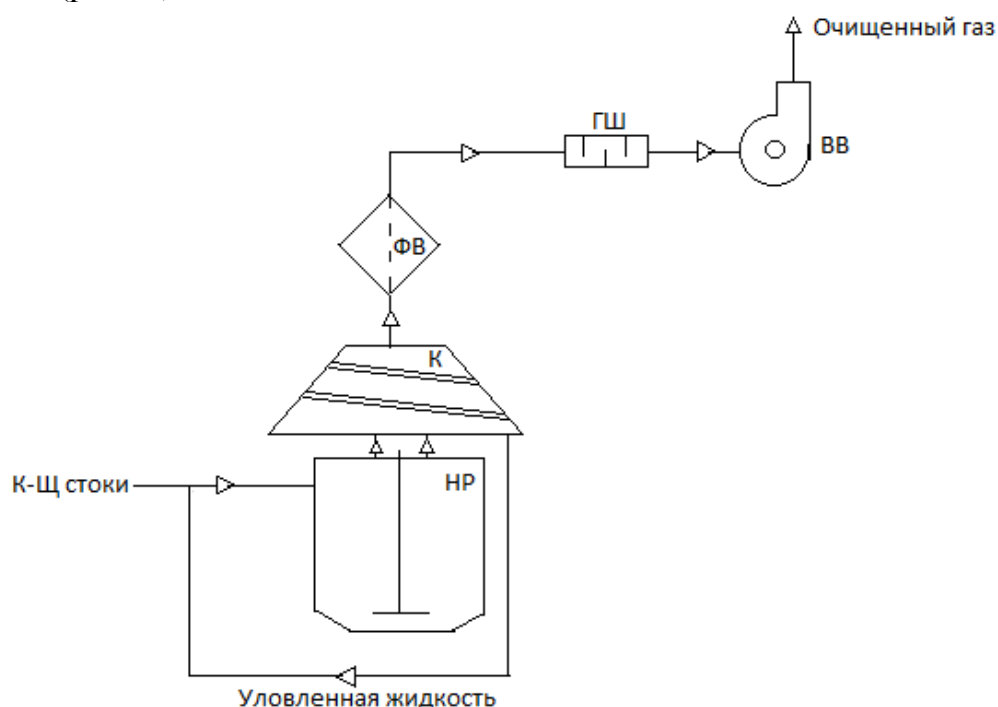
В таблице 2 приведены результаты расчета максимального выделения загрязняющего вещества от линии нейтрализации сточных вод после нанесения никелевых покрытий сернокислым электролитом.

Таблица 2 – Результаты расчета выбросов от линии нейтрализации сточных вод производства никельсодержащих покрытий из сернокислого электролита

Вещество		Максимальные г/с выделения к-го ЗВ	Годовой выброс, т/год
код	Наименование		
0166	Никеля сульфат	$2,82 \cdot 10^{-3}$	$88,9 \cdot 10^{-3}$
3164	Магния сульфат	$2,82 \cdot 10^{-3}$	$88,9 \cdot 10^{-3}$
0160	Натрия сульфат	$3,76 \cdot 10^{-3}$	$118,85 \cdot 10^{-3}$
0308	Кислота борная	$9,4 \cdot 10^{-3}$	$296,4 \cdot 10^{-3}$

Из расчетных данных, приведенных в таблице 2, и ПДК следует, что в воздух при нейтрализации сточных вод гальванического производства выделяются загрязняющие вещества с многократным превышением ПДК.

Для минимизации техногенного воздействия выбросов на окружающую среду приведена технологическая схема очистки выбросов линии нейтрализации сточных вод производства никельсодержащих покрытий из сернокислого электролита (рис. 1).



НР – нейтрализатор, К – каплеуловитель, ФВ – фильтр волоконный,
ГШ – глушитель шума, ВВ – вентилятор вытяжной

Рисунок 1 – Технологическая схема очистки выбросов от линии нейтрализации сточных вод производства никельсодержащих покрытий из сернокислого электролита

Исходные кислотнo-щелoчные стоки поступают в нейтpализатор НР. При этом активно выделяются соли тяжелых металлов в виде аэрозoлей. При помощи вытяжного вентилятора ВВ данные аэрозoли попадают в каплеуловитель К. При столкновении капель с ламелями каплеуловителя на поверхности ламелей формируются тонкие водяные ручейки, стекающие наклонно в вниз в поддон [3] и оттуда направляются вновь в нейтpализатор. Далее газовый поток попадает в волокнистый фильтр ФВ, где улавливается оставшаяся часть аэрозoли. Очищенный газ выводится в атмосферу. Для уменьшения шума от вытяжной вентиляции в схеме предусмотрен глушитель шума ГШ. Таким образом, частицы аэрозoля, содержащие ионы тяжелых металлов, улавливаются и, соответственно, не попадают в атмосферный воздух. Для очистки выбросов линии нейтpализации сточных вод гальванического производства требуется сеть аппаратов очистки.

Литература:

1. Галимова А.Р., Шагидуллин Р.Р., Тунакова Ю.А. Оценка вклада предприятий в формирование полиметаллического загрязнения поверхностных вод в районе г.Казани // Вестник Технологического университета. 2015. Т. 18. № 14. С. 245-248.

2. Методика расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при производстве металлопокрытий гальваническим способом (по величинам удельных показателей) (с учетом редакционных правок НИИ Атмосфера - письмо НИИ Атмосфера N 165/33-07 от 17.03.2000) (Приказ Госкомэкологии России от 30.04.1999 N 216);

3. Каплеуловитель: патент 162509 Рос. Федерация № 2015134606/05 / Сталинский Д.В.; заявл. 2015.08.17; опубл. 2016.06.10, Бюл. 16.

УДК 502.5

К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГАЛЬВАНОШЛАМОВ В КАЧЕСТВЕ ДОБАВКИ В ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТЕКЛОПОДОБНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Гисматуллина А.И., обучающийся;
Мальцева С.А., кандидат химических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: В работе рассмотрен методологический подход к проблеме утилизации твердых отходов гальванического производства. Представлены результаты исследования стеклоподобных материалов при добавлении в исходные образцы в количестве 10 % по массе мелкодисперсного порошка гальваношлама.

Ключевые слова: гальваническое производство, гальваношлам, стеклоподобный материал, декоративно-облицовочный материал.

ON THE ISSUE OF THE USE OF ELECTROPLATING AS AN ADDITIVE IN THE MANUFACTURING TECHNOLOGY OF GLASS-LIKE MATERIALS

Gismatullina A. I., student;
Maltseva S.A., candidate of chemical sciences, associate professor
Kazan National Research Technical University A.N. Tupolev-KAI
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The paper considers a methodological approach to the problem of solid waste disposal of electroplating production. The results of the study of glass-like materials when adding a fine powder of electroplating sludge to the initial samples in an amount of 10% by weight are presented.

Keyword: electroplating production, electroplating, glass-like material, decorative facing material.

Утилизация и регенерация промышленных твердых отходов является необходимой задачей, которую необходимо решать в отечественных техпроцессах, учитывая сложившийся уровень технологии, инженерно-экологических решений и экономических факторов.

При разработке инженерных решений необходим методологический подход к оценке их образования, полный учет их образования и точный анализ состава.

Утилизация отходов металлообработки осуществляется в основном путем выщелачивания из отходов тяжелых металлов с последующим использованием их в качестве добавок к сырью в строительной и металлургической промышленности, в производстве изделий из стекла и глазури.

Стекло и стеклоподобные материалы (неорганический твердый аморфный материал, получаемый переохлаждением расплава) получают на основе систем, содержащих до 10 и более компонентов. Обычно окрашивание стекол и стеклоподобных материалов в различные цвета производят введением в шихту оксидов или солей металлов. Так, добавки CrO_3 , NiO , Fe_2O_3 придают стеклу желтую окраску, Cr_2O_3 , CuO – зеленую, CuO , CoO – синюю, NiO , Mn_2O_3 – фиолетовую, солей Cd – красную [1 – 2].

Для варки стеклоподобного декоративно-облицовочного и керамического материала в лабораторных условиях подобраны следующие составы: твердые отходы, включающие смешанные остатки с основных ванн гальванического производства, содержащие от 0,02 - 8 % меди, цинка, кадмия, никеля, фосфора. Данные отходы высушены и раздроблены до дисперсности не более 1 мм. Полученный мелкодисперсный порошок добавлен в количестве 10 % по массе в глину Нижне-Суксинского месторождения РТ для получения керамических об-

разцов. Температура обжига составил 1000°C.

В таблице 1 представлено сравнение свойств полученных образцов с добавкой диспергированного порошка из твердых отходов гальванических производств со свойствами стандартных образцов.

Таблица 1 – Сравнительные свойства керамических образцов, содержащих 10% добавку порошка из твердых отходов гальванических производств, и стандартных образцов

Вид образца	Усадка общая, %	Прочность к сжатию, МПа	Средняя плотность, г/см ³	Водопоглощение, %
С добавками	5,6	24,3	1,82	9,3
Без добавок	9,5	23,8	1,83	8,5

Для получения стеклоподобных материалов полученный мелкодисперсный порошок добавляют к SiO₂ (г/кг). В таблице 2 показаны составы и свойства стеклоподобных материалов.

Таблица 2 - Состав и свойства стеклоподобных материалов

Состав, г/кг	Температура плавления, °С	Внешний вид	Усадка, %
Стандарт: SiO ₂ - 600, Al ₂ O ₃ - 80, M ₂ O ₃ - 50 (M - Fe, Cr, Ni, Cu), MOH - 200 (M - K, Na, Ca, Mg), CuO - 50, NaF - 20	1400	Зеленый прозрачный материал	20
+ железосодержащие отходы - 200, алюмосодержащие отходы - 100, отходы щелочных металлов - 100	1300	Зелено-коричневый	17
+ медьсодержащие отходы - 200, алюмосодержащие отходы - 100, отходы щелочных металлов - 100	1300	Черно-коричневый	17
+ медь, никельсодержащие отходы - 200, алюмосодержащие отходы - 100, отходы щелочных металлов - 100	1350	Красно-коричневый	17

Из данных, приведенных в таблице 2, следует, что при добавлении мелкодисперсного порошка из гальваношлама понижается температура плавления стеклоподобного материала, уменьшается усадка. Декоративно-облицовочный материал по своим прочностным и декоративным характеристикам соответствует требованиям ТУ 400-1-72-80 и может быть рекомендован для использования в качестве внутренней и внешней облицовки стен, настилки полов в общественных и промышленных зданиях. Таким образом, использование отходов гальванических производств создает дополнительные резервы экономии материальных и трудовых затрат, снижает издержки производства.

Литература:

1. Ярынкина Е.А. Утилизация осадков сточных вод гальванических производств с применением комплексонов / Е.А. Ярынкина, М.В. Бузаева, В.С. Гу-

сарова и др. - Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Химия. 2019. №11. С.28-38.

2. Мелконян Р.Г. Аморфные горные породы и стекловарение. М.: НИИ-Природа, 2002. 266 с.

УДК 608.4

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ НАИЛУЧШЕЙ ИЗ ДОСТУПНОЙ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Гоголь Э.В., кандидат химических наук, доцент;
Габдрахманова А.И., обучающийся
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Приведена оценка опасности литий-ионных аккумуляторов при попадании их в окружающую природную среду. Авторами реализован анализ способов утилизации отработанных литий-ионных аккумуляторов и описаны достоинства и недостатки выбранных способов.

Ключевые слова: литий-ионные аккумуляторы, рециклинг, переработка.

SELECTION AND JUSTIFICATION OF THE BEST AVAILABLE TECHNOLOGY FOR RECYCLING SPENT LITHIUM-ION BATTERIES

Gogol E.V., candidate of chemical sciences, associate professor;
Gabbrakhmanova A.I., the bachelor's student
Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev – KAI
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: An assessment is given to the danger of lithium-ion batteries when they are in the surrounding natural environment. The authors implemented an analysis of the methods of utilization of spent lithium-ion batteries and described advantages and disadvantages of the selected methods.

Keyword: Lithium-ion batteries, recycling, processing.

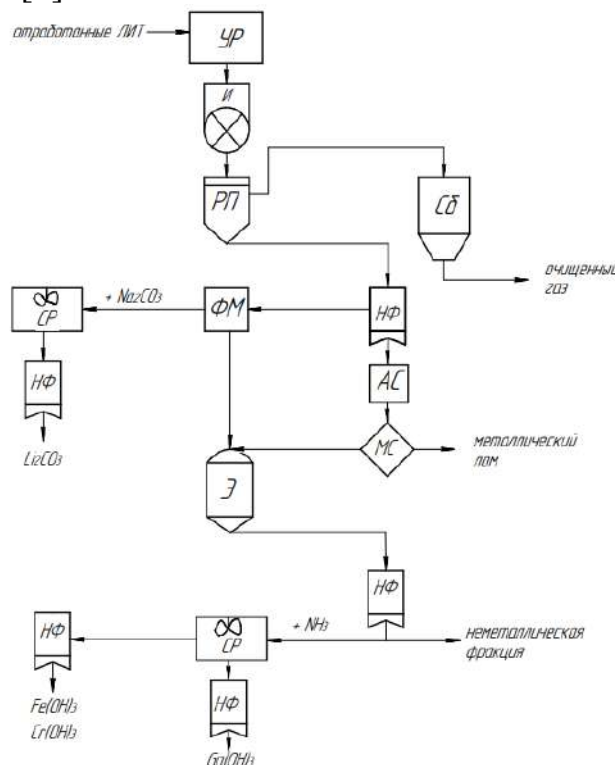
Рынок литий-ионных аккумуляторов с 2020 года растёт необычайными темпами и будет продолжать расти по крайней мере с такой же скоростью до 2030 года. Аккумуляторы в электромобилях, как легких, так и тяжелых, являются движущей силой роста и в 2030 году составят 77 % от общей установленной ёмкости литий-ионных аккумуляторов. Объёмы, которые достигнут конца срока службы, будут расти медленнее, чем объёмы, размещенные на рынке, по-

тому что новые компоненты и сами батареи будут более долговечными в сроке эксплуатации [1].

В 2020 году, по данным Росприроднадзора, в рамках РОП по нормативу было утилизировано 1,39 тыс. тонн батареек и аккумуляторов. В год в РФ ввозят 20 тыс. тонн батареек. Из данной информации можно сделать вывод о том, что было утилизировано почти в 1,5 раза меньше, чем было ввезено!

При утилизации щелочных аккумуляторов на предприятиях образуются сточные воды и шлам. Сточные воды содержат едкий кали - 18-200 мг/л, гидроксид лития - 3-10 г/л и смесь карбонатов калия и лития - 10-100 мг/л. Шламы представляют собой медно-алюминиевые шпинели. Объемы таких стоков составляют в среднем 7-8 м³ в сутки. В настоящее время стоки чаще всего сливают в канализацию, а шламы накапливают в шламонакопителях или захоранивают, что приводит к потере ценных веществ и загрязнению окружающей среды солями тяжелых металлов [2]. Когда отработанная литий-ионная батарея правильно не утилизируется, это крайне опасно.

Технологическая схема линии утилизации ЛИТ по выбранному способу приведена на рисунке 1 [3].



УР - установка разрядная, И - измельчитель, РП - реактор-приёмник, Сб - скруббер, НФ - нутч-фильтр, ФП - фильтр микропористый, СР - синтез-реактор, АС - аппарат сушильный, МС - металл-сепаратор, Э - экстрактор

Рисунок 1 - Технологическая схема утилизации литий-ионных батарей

На разрядной установке проводят разрядку отработанных литиевых батарей производили дифференцированным методом.

После разрядки элементов питания, батареи подвергают измельчению в шредере (измельчителе).

Далее идёт процесс нейтрализации измельчённых батарей. Измельченные элементы питания подавали через герметичный шлюз в реактор-приемник, где происходит жидкофазная нейтрализация химически агрессивных веществ, содержащихся в элементе питания. Для этого реактор-приемник РП оборудуют системой контроля рН, системой перемешивания. Кроме того, упомянутый реактор-приемник подключают к скрубберу. В специально отведенное отверстие в реакторе-приемнике подают нейтрализующий раствор. Выгрузку нейтрализованного скрапа осуществляют через герметично закрываемое отверстие реактора-приемника. Для приемки измельченных батарей со шредера, подключения скруббера, подачи нейтрализующего раствора и выгрузки скрапа после нейтрализации измельченных батарей, предусмотрены отдельные отверстия.

По окончании реакции в реакторе-приемнике, выгружают продукт нейтрализации (полученный скрап), через предусмотренное для этого отверстие в систему ступенчатых решеток для грубой очистки и затем в полимерный нутч-фильтр. В нутч-фильтре отделяется жидкая часть скрапа от твердой. Последняя промывается водой.

Жидкую фракцию от присутствующих в ней взвешенных частиц (микро-частицы стекловолокна, угля, нерастворимых гидроксидов металлов - осадок) очищают с помощью фильтрации на тканевом микропористом фильтре под сниженным давлением.

Далее идёт процесс получения карбоната лития. Для этого фильтрат, содержащий ионы металлов первой и второй группы, собирают в синтез-реакторе, оборудованном нагревательными элементами для концентрирования Li^+ , перемешивающим устройством, отверстием для ввода реагента и отверстием для выведения фильтрата. В реактор с концентрированным по литию раствором подают раствор карбоната натрия, наилучшее осаждение карбоната лития происходит при температуре 85-90°C.

Затем осажденный карбонат лития для снижения потерь, промывают горячей водой, отделяли от фильтрата в нутч-фильтре и сушат. Полученный карбонат лития являлся товарным продуктом.

Промытую в нутч-фильтре твердую фракцию сушат в аппарате термической дегидратации. После сушки твердая фракция подвергается процессу магнитной сепарации в металл-сепараторе, в котором отделяется металлическая составляющая (цветной и черный лом).

Твердую неметаллическую фракцию, имеющую в своем составе уголь, полимерные и композитные материалы, стекловолокно, нерастворимые гидроксиды металлов, в том числе гидроксид галлия, объединяют с осадком и загружают в экстрактор из полимерного материала, оборудованный перемешивающим устройством, отверстием для ввода реагента и отверстием для выведения фильтрата. В экстракторе твердую неметаллическую фракцию подвергают процессу кислотного гидролиза до рН~4-5. При этом нерастворимые в воде гидроксиды металлов, в том числе гидроксид галлия, переходят в растворимые соли.

Далее используя нутч-фильтр, осуществляют отделение жидкой фракции от твердой, последнюю промывают.

Для очистки от гидроксидов железа и хрома фильтрат (жидкая часть) переносят в синтез-реактор, оборудованный перемешивающим устройством, отверстием для ввода реагента и отверстием для выведения фильтрата, нагревательным элементом и сорбционной колонной. Фильтрат подвергают обработке аммиаком до $\text{pH} \sim 12$, что позволяет получить методом осаждения из фильтрата, гидроксиды железа ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) и хрома ($\text{Cr}(\text{OH})_3$). Затем гидроксиды промывают и отфильтровывают в нутч-фильтре и сушат до получения товарного продукта.

Для выделения гидроксида галлия используют нагревание в синтез-реакторе, очищенного от железа и хрома, аммиачного раствора. Осажденный гидроксид галлия отфильтровывают на нутч-фильтре, промывают и сушат.

Отмытую от солей d- и p-металлов твердую неметаллическую фракцию, имеющую в своем составе уголь, стекловолокно, полимерные и композитные материалы, сушат. Полученный товарный продукт используется как наполнитель (добавка) в асфальт, цементный раствор и др.

В работе было дано обоснование наилучшей из доступных технологий по утилизации литий-ионных источников тока (Таблица 1).

Способ [3] является наиболее рациональным для очистки воды от карбоната лития. Поскольку предложенное изобретение позволяет более совершенно и безопасно, относительно пожаро-взрывоопасности утилизировать литийсодержащие батареи. Кроме того, предложенный способ позволяет безопасно измельчить элементы питания, нейтрализовать имеющиеся в элементе питания и образующиеся в процессе измельчения и гидролиза кислые газы. Предложенное изобретение позволяет выделить, из образовавшегося скрапа (жидкая и твердая фракции), продукты и полупродукты товарного качества. Предложенный способ утилизации позволяет значительно снизить потребление природных, энергетических и иных ресурсов (чистая вода, воздух, электроэнергия, химреагенты), максимально снизить количество сточных вод, выбросов в атмосферу.

Литература:

1) The Lithium-ion battery life-cycle report 2021. Circular Energy Storage. [Электронный ресурс]. - URL: <https://static1.squarespace.com/static/587657ddbe659497fb46664c/t/5fdaa991dc2ddb6396c30fa6/1608165783527/The+lithium-ion+battery+life+cycle+report+sample.pdf>.

2) Утилизация отработанных аккумуляторов [Электронный ресурс]. - URL: https://studref.com/527267/tehnika/utilizatsiya_otrabotannyh_akkumulyatorov

3) Евдокимов А.Н., Нестеров Л.В./ Способ утилизации отработанных литиевых источников тока/ Патент RU 2676806 С1 МПК51, С22В 26/12, С22В 3/04, С22В 7/00, Н01М 6/52, Н01М 10/54, 11.01.2019, Бюл. № 2.

4) Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии/ Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 15-2016: Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом (сжигание отходов): М.: Бюро НДТ, 2016. С. 30-98.

Таблица 1 - Сравнение наилучших из доступных технологий по утилизации ЛИТ [3,4]

Предложенная в работе технологическая схема		Существующие технологии переработки из НДТ			
Преимущества	Недостатки	Гидрометаллургический метод (сернокислотный способ)		Проект ReCharge утилизации аккумуляторных батарей	
		Преимущества	Недостатки	Преимущества	Недостатки
<p>1) пожаро- и взрывобезопасное измельчение элементов питания;</p> <p>2) выделение из образовавшегося скрапа продукты и полупродукты товарного качества;</p> <p>3) значительное снижение потребления природных, энергетических и иных ресурсов (чистая вода, воздух, электроэнергия, химреагенты);</p> <p>4) максимальное снижение количество сточных вод и выбросов в атмосферу.</p>	<p>1) технологическая сложность переработки использованных литиевых источников тока;</p> <p>2) неполное извлечение лития и кобальта в товарные продукты и низком качестве товарного продукта.</p>	<p>1) выделение из аккумуляторов ценных для промышленности элементов;</p> <p>2) эффективность извлечения порядка 96% компонентов, которые успешно используются в дальнейшем для изготовления новых батарей.</p>	<p>1) метод представляет собой сложный многоступенчатый процесс;</p> <p>2) технологические трудности очистки промышленных растворов;</p> <p>3) использование растворов серной кислоты сопровождается выделением в атмосферу сернистых газов, а аммиака - летучестью и проблематичностью регенерации.</p>	<p>1) можно заменить традиционные системы измельчения на компактные, высокопроизводительные блоки;</p> <p>2) метод отличается низким потреблением электроэнергии и идеально подходит для измельчения твердых материалов.</p>	<p>1) повышенная пожароопасность.</p>

Существующие технологии очистки из НДТ	
Пиролиз (термический распад)	
Преимущества	Недостатки
<p>1) продукты распада не выделяются в окружающую среду, что позволяет избежать распространения вредных веществ;</p> <p>2) в процессе распада не образуются опасные вещества;</p> <p>3) продукты пиролиза можно захоронить без вреда для природы;</p> <p>4) уменьшение объема перерабатываемого материала в несколько раз;</p> <p>5) тяжелые и опасные металлы полностью превращаются в золу, что позволяет исключить вероятность их дальнейшего распространения.</p>	<p>1) высокая стоимость установок;</p> <p>2) большие габариты печей и сложная конструкция;</p> <p>3) не извлекаются ценные примеси для дальнейшего вторичного использования.</p>

ИЗМЕРЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ СУЛЬФАТ-ИОНОВ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ ОЗЕР ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Гоголь Э.В., кандидат химических наук, доцент
Габдрахманова А.И., обучающийся
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Приведена физико-химическая характеристика природных вод. Авторами реализован эксперимент по определению сульфат-ионов в воде озёр.
Ключевые слова: вода, сульфат-ионы, ПДК.

MEASUREMENT OF SULFATE ION CONCENTRATIONS IN NATURAL WATERS OF LAKES OF THE CHUVASH REPUBLIC

Gogol E.V., candidate of chemical sciences, associate professor,
Gabdrakhmanova A.I., the bachelor's student
Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The physical and chemical characteristics of natural waters are given. The authors have implemented an experiment to determine sulfate ions in lake water.
Keyword: water, sulfate ions, MPC

Вода в своем составе может иметь разные химические элементы. Но именно концентрация этих элементов играет важную роль при определении пригодности или непригодности воды для той или иной цели. Главным инструментом или методом оценки состояния качества воды, в том числе определения концентрации веществ в воде является – физико-химический метод исследования воды [1].

Основными физическими свойствами природных вод являются:

- 1) Температура является важной гидрологической характеристикой водоема, показателем возможного теплового загрязнения.
- 2) Прозрачность воды зависит от количества растворенных в ней веществ, содержания механических частиц и коллоидов.
- 3) Цвет воды зависит от их химического состава, наличия микроорганизмов, частиц ила, глины и других примесей.
- 4) Запах воды обусловлен наличием в ней летучих пахнущих веществ, которые попадают в воду естественным путем либо со сточными водами.

Также огромную роль при исследовании качества воды играют химические показатели воды:

1) Водородный показатель (рН). В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого водопользования, воды водных объектов в зонах рекреации, а также воды водоемов рыбохозяйственного назначения, величина рН не должна выходить за пределы интервала значений 6,5-8,5 [2].

2) Хлориды. Хлориды присутствуют практически во всех пресных поверхностных и грунтовых водах, а также в питьевой воде в виде солей металлов.

3) Сульфаты – распространенные компоненты природных вод. Их присутствие в воде обусловлено растворением некоторых минералов – природных сульфатов (гипс), а также переносом с дождями содержащихся в воздухе сульфатов. Последние образуются при реакциях окисления в атмосфере оксида серы (IV) до оксида серы (VI), образования серной кислоты и ее нейтрализации (полной или частичной):



Метод определения массовой концентрации сульфат-аниона основан на реакции сульфат-анионов с катионами бария с образованием нерастворимой суспензии сульфата бария по реакции [3]:



Также значительные количества сульфатов поступают в водоемы в процессе отмирания организмов, окисления наземных и водных веществ растительного и животного происхождения и с подземным стоком. В больших количествах сульфаты содержатся в шахтных водах и в промышленных стоках производств, в которых используется серная кислота, например, окисление пирита. Сульфаты выносятся также со сточными водами коммунального хозяйства и сельскохозяйственного производства.

Концентрация сульфата в природной воде лежит в широких пределах. В речных водах и в водах пресных озер содержание сульфатов часто колеблется от 5–10 до 60 мг/дм³, в дождевых водах – от 1 до 10 мг/дм³. В подземных водах содержание сульфатов нередко достигает значительно больших величин.

Повышенные содержания сульфатов ухудшают органолептические свойства воды и оказывают физиологическое воздействие на организм человека. Поскольку сульфат обладает слабительными свойствами, его предельно допустимая концентрация строго регламентируется нормативными актами [4,5].

Измерение концентрации сульфат-ионов в пробах природных вод проводилось по методике [6, 7] с использованием прибора для фотометрического анализа.

Осадительную смесь для измерения концентрации готовим следующим образом: 60 г хлорида бария и 30 г борной кислоты растворяем при нагревании в 500 - 600 см³ дистиллированной воды и охлаждаем. Приливаем 200 см³ глицерина, 50 см³ концентрированной соляной кислоты, разбавляем дистиллированной водой до 1000 см³, перемешиваем и оставляем на 2 - 3 дня. Затем приготовленный раствор декантируем с осадка.

Измерения проводились следующим образом.

Пробу сточной воды фильтруем через фильтр «синяя лента», отбрасывая первые порции фильтрата. Затем анализируем две аликвотные порции воды. Содержание сульфат-ионов в аликвотной порции должно составлять 0,2-1,5 мг, желательно 0,5 - 1,5 мг.

В три мерные колбы вместимостью 50 см³ помещаем по 20 см³ осадительной смеси, затем в две из них по каплям вносим 1 - 20 см³ анализируемой пробы.

Содержимое всех колб быстро доводим до метки дистиллированной водой, перемешиваем в течение 30 сек и через 5 - 10 мин измеряем оптическую плотность растворов проб относительно раствора, приготовленного без введения пробы.

Результаты измерений и расчёт концентрации представлены ниже:

Таблица 1 – Результаты измерений и расчётов содержания сульфат-ионов

№ пробы	Объём пробы, мл	A _x	C _x , мг/дм ³
78	20	0,208	28,75
79	20	0,212	29,25
80	20	0,070	11,5
81	20	0,160	22,75
82	20	0,08	12,75

По полученным данным вычисляем содержание сульфат-ионов в пробах:

$$C_x = 125 \cdot (A_x + 0,022) \cdot (20/V_{пр}) \quad (4)$$

$$C_{78} = 125 \cdot (0,208 + 0,022) \cdot (20/20) = 28,75 \text{ мг/дм}^3 \quad (5)$$

$$C_{79} = 125 \cdot (0,212 + 0,022) \cdot (20/20) = 29,25 \text{ мг/дм}^3 \quad (6)$$

$$C_{80} = 125 \cdot (0,070 + 0,022) \cdot (20/20) = 11,5 \text{ мг/дм}^3 \quad (7)$$

$$C_{81} = 125 \cdot (0,160 + 0,022) \cdot (20/20) = 22,75 \text{ мг/дм}^3 \quad (8)$$

$$C_{82} = 125 \cdot (0,08 + 0,022) \cdot (20/20) = 12,75 \text{ мг/дм}^3 \quad (9)$$

Согласно [8] ПДК для сульфатов составляет 500 мг/л. Полученные экспериментальные данные не превышают данное значение.

Таким образом, в пробе природной воды под номером 78 (оз. Б.Щучье) содержится 28,75 мг/дм³ сульфат ионов, в пробе №79 (оз. М.Щучье) – 29,25 мг/дм³, в пробе №80 (оз. Базарское) – 11,5 мг/дм³, в пробе №81 (оз. Люля) – 22,75 мг/дм³, в пробе №82 (оз. Лопата) – 12,75 мг/дм³. Все полученные данные не превышают допустимую концентрацию.

Литература:

1. Буйолов Ю. А. Физико-химические методы изучения качества природных вод: Методическое пособие. М.: “Экосистема”, 1996.-17с.
2. Экологический мониторинг: Учебно-методическое пособие. Изд. 3-е, испр. и доп. / Под ред. Т.Я. Ашихминой. М.: Академический Проект, 2006. - 416 с.
3. Муравьев А.Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. 3-е изд., доп. и перераб. – СПб.: «Крисмас+», 2004. – 248 с.

4. Е.В. Логинова, П.С. Лопух. Гидроэкология: курс лекций. Минск: БГУ, 2011. – 300 с.

5. Гисматуллина А.И., Мальцева С.А. К вопросу об определении концентрации тяжелых металлов в водах Куйбышевского водохранилища // Химия и инженерная экология - XXI. Сборник трудов международной научной конференции (школа молодых ученых), посвященной 90-летию Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева - КАИ и 60-летию создания Института автоматики и электронного приборостроения КНИТУ-КАИ. Казань, 2021. С. 1286-1287.

6. ПНД Ф 14.1:2.159-20. Количественный химический анализ вод методика выполнения измерений массовой концентрации сульфат-ионов в пробах природных и сточных вод турбидиметрическим методом.

7. Шевелёва М.Г., Фокин А.Е., Гунцов А.В. Определение сульфат-ионов в природной воде турбидиметрическим методом // Западно-сибирский нефтегазовый конгресс. Сборник научных трудов XI Международного научно-технического конгресса студенческого отделения общества инженеров-нефтяников - Society of Petroleum Engineers (SPE). 2017. Из-во: Тюменский индустриальный университет (Тюмень). С.116-117

8. ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования»

УДК 608.4

ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ПОПАДАНИИ ОТХОДОВ ОТРАБОТАННЫХ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ В ВОДУ

Гоголь Э.В., кандидат химических наук, доцент;

Габдрахманова А.И., обучающийся

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Приведена оценка опасности литий-ионных аккумуляторов при попадании их в окружающую природную среду. Авторами реализован анализ риска при попадании ионов лития в воду.

Ключевые слова: литий-ионные аккумуляторы, рециклинг, риск

ASSESSMENT OF THE RISK TO HUMAN HEALTH WHEN WASTE FROM SPENT LITHIUM-ION BATTERIES ENTERS THE WATER

Gogol E.V., candidate of chemical sciences, associate professor

Gabdrakhmanova A.I., the bachelor's student

Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev – KAI
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: An assessment is given to the danger of lithium-ion batteries when they are in the surrounding natural environment. The authors have implemented a risk analysis when lithium ions enter the water.

Keyword: Lithium-ion batteries, recycling, risk

Литиевые аккумуляторные батареи являются самым востребованным источником питания на протяжении нескольких десятилетий из-за простоты производства и эксплуатации. Но литиевая батарея содержит в себе вредные и опасные вещества, поэтому она нуждается в правильной утилизации или переработке. Неправильная утилизация литий-ионного аккумулятора при его попадании на поверхность почвы может привести к различным физико-химическим превращениям, которые только усиливают токсическое воздействие ЛИТ на ОС.

1) при коррозии корпуса аккумулятора образуются соединения тяжёлых металлов, которые в свою очередь попадают в подземные грунтовые воды. Это причиняет вред не только растениям и животным, но и непосредственно человеческому здоровью.

2) содержание отходов литий-ионного аккумулятора в почве приводит к угнетению, истощению почвы, к изменению структуры почвы, отклонению рН почвы от предельно допустимых, что неблагоприятно для роста и развития растений, которые являются источниками кислорода в атмосфере и участвуют в процессе фотосинтеза.

3) при термической утилизации бытовых отходов происходит выброс загрязняющих веществ в атмосферу, они накапливаются в воздушных массах и выпадают на землю в виде атмосферных осадков, что чревато для всего живого организма [1].

Опасность утилизации аккумуляторных батарей, утративших потребительские свойства, в настоящее время обусловлена содержанием практически во всех батарейках токсичных веществ в виде различных металлов и химикатов, которые при разрушении корпусов батарей попадают в окружающую среду (Таблица 1). Компонентами аккумуляторных батарей являются такие элементы, как свинец, никель, кадмий, цинк, ртуть, оксид серебра, кобальт, литий [2,3].

Таблица 1 - Состав отработанных литий-ионных аккумуляторов [4]

Название компонента	Содержание, %
Al	15
C	0,1
Cu	5
Диэтилкарбонат-1	10
Этиленкарбонат-1	10
LiPF ₆	1
Графитовый порошок	10
LiCoO ₂	25
Поливинилиденфторид (ПВДФ) 0,5	2

При утилизации щелочных аккумуляторов на предприятиях образуются сточные воды и шлам. Сточные воды содержат едкий кали - 18-200 мг/л, гид-

роксид лития - 3-10 г/л и смесь карбонатов калия и лития - 10-100 мг/л. Шламы представляют собой медно-алюминиевые шпинели. Объемы таких стоков составляют в среднем 7-8 м³ в сутки.

В настоящее время стоки чаще всего сливают в канализацию, а шламы накапливают в шламонакопителях или захоранивают, что приводит к потере ценных веществ и загрязнению окружающей среды солями тяжелых металлов [5,6].

Одно изделие способно заражать грунт площадью 20 квадратных метров. И при попадании в грунтовые воды отравляет до 400 литров жидкости. Именно поэтому категорически нельзя отвозить батарейки на свалки [7].

Для оценки рисков, связанных с попаданием металлов в окружающую среду в количествах, превышающих их кларки в земной коре, можно использовать методику расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах промышленных предприятий, а также методику расчета рисков. При оценке неканцерогенного риска на примере лития рассчитывается коэффициент опасности. Расчет производится согласно методике [8].

1) расчет средней суточной дозы при случайном заглатывании.

$$I = (C_w \cdot IR \cdot EF \cdot ED \cdot ET) / (AT \cdot BW \cdot 365) \quad (1)$$

Стандартные значения факторов экспозиции при случайном заглатывании поверхностной воды (воды водоемов, содержащей ионы лития) приведены в таблице 2:

Таблица 2 - Стандартные значения факторов экспозиции

Параметр	Характеристика	Стандартное значение
I	Пероральное поступление лития, мг/(кг·день)	-
C _w	Концентрация вещества в воде, мг/л	-
IR	Скорость поступления, л/ч	0,05 л/ч
ET	Время воздействия, ч/дн.	1 ч
EF	Частота воздействия, дн./г	45 дн./год
ED	Продолжительность воздействия, лет	30 лет, дети: 6 лет
AT	Период усреднения экспозиции, лет	30 лет, дети: 6 лет канцерогены: 70 лет
BW	Масса тела, кг	70 кг, дети: 15 кг

1. для взрослого человека:

$$I = (0,2 \cdot 0,05 \cdot 45 \cdot 30 \cdot 1) / (30 \cdot 70 \cdot 365) = 1,79 \cdot 10^{-5} \text{ мг/ (кг} \cdot \text{день)} \quad (2)$$

2. для ребёнка:

$$I = (0,2 \cdot 0,05 \cdot 45 \cdot 6 \cdot 1) / (6 \cdot 15 \cdot 365) = 8,2 \cdot 10^{-5} \text{ мг/ (кг} \cdot \text{день)} \quad (3)$$

2) расчёт неканцерогенного риска оценивается путем расчета коэффициента опасности (HQ):

$$HQ = D/RfD \quad (4)$$

где D - доза вещества при пероральном поступлении, мг/кг;

RfD - референтная (безопасные) доза.

1. для взрослого человека:

$$HQ = 1,79 \cdot 10^{-5} / 0,03 = 0,000597 \quad (5)$$

2. для ребёнка:

$$HQ = 8,2 \cdot 10^{-5} / 0,03 = 0,00273 \quad (6)$$

Оценка риска производится в соответствии с критериями коэффициента опасности:

Таблица 3 - Оценка риска

Менее 0,1	Риск минимальный, пренебрежимый
0,1 - 1	Риск низкий
1 - 5	Риск средний
5 - 10	Риск высокий
Более 10	Риск чрезвычайно высокий

По результатам расчётов и, исходя из данных таблицы 3, можно сделать вывод о том, что среднесуточная доза лития при случайном захватывании для взрослого человека составила $1,79 \cdot 10^{-5}$ мг/ кг, для ребенка - $8,2 \cdot 10^{-5}$ мг/ кг, а неканцерогенный риск для взрослого человека составила - 0,000597, для ребёнка - 0,00273, что характеризуется минимальным, пренебрежимым.

Таким образом, была проведена оценка риска, связанная с попаданием лития в окружающую среду. Даже если по результатам расчётов риск получился минимальным, это не означает то, что литий-ионные аккумуляторы не оказывают негативного воздействия на окружающую среду. Поскольку нами был рассмотрен расчёт риска лишь части компонента электролита аккумулятора – LiOH. А литий-ионный аккумулятор состоит из трех основных частей: сосуда, пластин и электролита, которые при комплексном воздействии причиняют огромный вред экологии. Именно из-за этого нельзя допускать попадание литиевых источников тока на окружающую среду.

Литература:

1. К. Ивановская. Влияние использованных батареек на окружающую среду [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Научная статья "Влияние использованных батареек на окружающую среду" - экология, разное (ecokroshka.ru).

2. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии/ Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 15-2016: Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом (сжигание отходов): Москва, Бюро НДТ, 2016. С 30-98.

3. Зайцев В. А. Утилизация литиевых источников тока / В. А. Зайцев, В. В. Горбунова // Энергия: экономика, техника и экология. - 2008. - № 2. - С. 34 -39.

4. Письмо производителя ГК «Космос» Исх. № б/н от 23.10.2015 г. паспорт материала литиевые батареи.

5. Утилизация отработанных аккумуляторов [Электронный ресурс]. - URL: https://studref.com/527267/tehnika/utilizatsiya_otrabotannyh_akkumulyatorov

6. Гоголь Э.В., Габдрахманова А.И. Способы переработки отработанных литий-ионных аккумуляторов// Химия и инженерная экология - XXI. Сборник трудов международной научной конференции (школа молодых ученых), посвященной 90-летию Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева - КАИ и 60-Летию создания Института автоматики и электронного приборостроения КНИТУ-КАИ. Казань, 2021.С. 107-110.

7. Сусанин Д.А. Утилизация отработанных элементов питания в Великом Новгороде/ Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого. 2020.

8. Н.В.Степанова, Э.Р. Валеева, Фомина С.Ф // Оценка неканцерогенного риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду - Казань: К(П)ФУ. - ИФМиБ. - 2015. - 112 С.

УДК 628.16

ВЛИЯНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА НА ОБРАЗОВАНИЕ ТРИГАЛОГЕНМЕТАНОВ

Григорьева Е.В., магистрант;

Ксенофонтов Б.С., д.т.н., профессор

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(г. Москва, Российская Федерация)

Аннотация: В работе представлены данные по качеству воды в районе водозаборов. Показано, что доминируют представители диатомовых (Bacillariophyta) водорослей. Установлено, что в летнее время повышается значение водорослей из отделов зеленых (Chlorophyta) и сине-зеленых – Cyanophyta (Cyanobacteria).

Ключевые слова: природные воды, водоподготовка, фитопланктон, тригалогенметаны, хлор.

INFLUENCE OF PHYTOPLANKTON ON THE FORMATION OF TRIHALOMETHANES

Grigoreva E.V, undergraduate;

Ksenofontov B.S., Doctor of Technical Sciences, Professor

Bauman Moscow State Technical University (Moscow, Russian Federation)

Annotation: The paper presents data on water quality in the area of water intakes. It is shown that representatives of diatoms (Bacillariophyta) dominate. It has been es-

established that in the summer the value of algae from the divisions of green (Chlorophyta) and blue-green - Cyanophyta (Cyanobacteria) increases.

Keyword: natural waters, water treatment, phytoplankton, trihalomethanes, chlorine.

Известно, что источниками побочных продуктов хлорирования природной воды являются природные примеси и различные антропогенные загрязнители [1-2]. Разнообразии побочных продуктов хлорирования связано с формированием химического состава водоисточника и принятыми условиями водоподготовки. При этом основная доля приходится на летучие галогенорганические соединения – тригалогенметаны (ТГМ), суммарная концентрация которых нередко достигает 100 – 200 мкг/дм³. Результаты многочисленных исследований доказывают, что образование ТГМ связано с наличием в воде гумусовых веществ. Однако, проводимый многолетний мониторинг показателей качества питьевой воды поверхностного водозабора (ПВ) и воды рек свидетельствует об отсутствии прямых корреляций между суммарным содержанием тригалогенметанов (ΣТГМ) в питьевой воде и значениями обобщенных показателей качества исходной воды, характеризующих содержание природных органических веществ, а также суммарной дозой хлора, используемой для обеззараживания. Это связано с присутствием в водоисточнике, помимо гумуса, и других органических веществ, так или иначе взаимодействующих с хлором. Известно, что большое влияние на качество природных вод оказывают водоросли, в процессе жизнедеятельности которых и после отмирания их клеток в водную среду попадает большое количество веществ различной химической природы от низкомолекулярных летучих соединений до каротиноидов [1-2]. Часть из этих веществ характерна практически для всех отделов водорослей, другая часть отличается значительной специфичностью и найдена лишь у отдельных представителей определенных отделов, классов и родов водорослей. Многие метаболиты сами по себе проявляют высокую биологическую активность (терпены и их производные, изопреноиды, диметилсульфоксид, галоидированные лактоны и кетоны, гетероциклические, ароматические и азот- и серосодержащие углеводороды). Не меньшую роль эти соединения играют и в формировании качества питьевой воды при водоподготовке. Реагируя с окислителями, используемыми для обеззараживания воды, многие вещества дают ряд еще более биологически активных соединений, в том числе и канцерогенов. Представляется важным изучение влияния фитопланктона на образование наиболее распространенных побочных продуктов обеззараживания воды хлором – ТГМ.

Как показали результаты исследований, фитопланктон речной воды представлен 182 видами и разновидностями, но, в целом, в районе водозаборов по видовому составу он является диатомово-хлорококковым. Таксономический спектр водорослей планктона в районе водоприемного ковша ПВ, в целом, сходен со спектром, отражающим положение фитопланктона для всех створов реки. В районе водозаборов, главным образом, доминируют представители диатомовых (Bacillariophyta), но в летнее время повышается значение водорослей из отделов зеленых (Chlorophyta) и сине-зеленых – Cyanophyta (Cyanobacteria). Средняя численность фитопланктона составляет 531±58 тыс. кл./дм³, средняя

биомасса – $0,706 \pm 0,066$ мг/дм³.

Выполненный ранее анализ временных рядов некоторых показателей качества воды выявил выраженную сезонность во временном ряду содержания ТГМ в поверхностном водозаборе. Наибольшая концентрация ТГМ в питьевой воде ПВ наблюдается с июня по сентябрь. Этот период времени охватывает и период интенсивного развития фитопланктона. Были проведены эксперименты по хлорированию проб воды с искусственно выращенными на питательных средах водорослями. Хлорирование осуществляли дозой 1; 2; 3 мг/дм³, время экспозиции – 2 часа. Результаты анализа проб на содержание ТГМ после хлорирования модельных проб дозой хлора 3 мг/дм³ приведены на рисунке 1.

Таблица 1 – Образование ТГМ в зависимости от состава фитопланктона

Проба	Общая биомасса, мг/дм ³	Общая численность, млн. клет./дм ³	Вклад трех отделов водорослей в общую биомассу, мг/дм ³ (%)			ΣТГМ, мкг/дм ³
			Диатомовые	Зеленые	Сине-зеленые	
1	0,127	1,387	0,059 (47%)	0,070 (53%)	–	2,6
2	26,238	321,53	0,0034 (0,013%)	26,19 (99,8%)	0,014 (0,053%)	3,7
3	24,360	279,454	0,028 (0,1%)	24,300 (99,9%)	–	6,5
Фильтрат (3)	–	–	–	–	–	5,7
4	0,040	0,491	0,00065 (1,7%)	0,0046 (11,4%)	0,035 (87%)	27,5
Фильтрат (4)	–	–	–	–	–	11,6
5	14,35	338,90	0,013 (0,1%)	8,24 (57,4%)	6,1 (42,5%)	27,2
Фильтрат (5)	–	–	–	–	–	33,3
6	14,17	219,80	–	0,57 (4%)	13,6 (96%)	131,6
Фильтрат (6)	–	–	–	–	–	185,6

Результаты проведенных экспериментов показали, что в пробах с высоким содержанием биомассы сине-зеленых водорослей после хлорирования заметен значительный прирост ΣТГМ (4, 5, 6). Пробы, в которых доминируют зеленые водоросли или присутствуют только зеленые и диатомовые (1, 2, 3), характеризуются наименьшим содержанием ΣТГМ. Отсутствие прямой зависимости между ΣТГМ и биомассой сине-зеленых водорослей можно объяснить недостатком активного хлора в пробах с высоким содержанием биомассы водорослей.

Таким образом, установлена значимая роль в процессе образования ТГМ представителей только одного отдела водорослей – сине-зеленых из трех, характерных для речной воды (Bacillariophyta, Chlorophyta, Cyanophyta).

Литература:

1. Фрог Б.Н., Левченко А.П. Водоподготовка. М.:МГУ. 1996. – 680 с.
2. Ксенофонов Б.С. Водоподготовка и водоотведение. М.: ИД «Форум»: Инфра – М.-2018.-298 с.

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ХИМИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ И ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Гурьева В.Е., обучающийся;
Мальцева С.А., кандидат химических наук, доцент
Григорьева И.Г., старший преподаватель
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Показано, что в результате биохимической очистки сточных вод химического предприятия образуются осадки.

Предложена комплексная технологическая схема очистки сточных вод химического предприятия и обезвоживания осадков сточных вод, включающая, насосную станцию, вторичный отстойник, воздуходушную станцию, аэротенк, декантер, барабанную сушилку.

Ключевые слова: биохимической очистки, комплексная технологическая схема, вторичный отстойник, аэротенк, декантер, барабанная сушилка.

DEVELOPMENT OF A COMPREHENSIVE TECHNOLOGICAL SCHEME FOR WASTEWATER TREATMENT OF A CHEMICAL ENTERPRISE AND DEWATERING OF SEWAGE SLUDGE

Gurieva V.E., student;
Maltseva S.A., candidate of chemical sciences, associate professor
Grigorieva I.G., senior lecturer
Kazan National Research Technical University A.N. Tupolev-KAI
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: It is shown that precipitation is formed as a result of biochemical wastewater treatment of a chemical enterprise. A complex technological scheme of wastewater treatment of a chemical enterprise and wastewater sludge dewatering is proposed, including a pumping station, a secondary sump, a blower station, an aerotank, a decanter, a drum dryer.

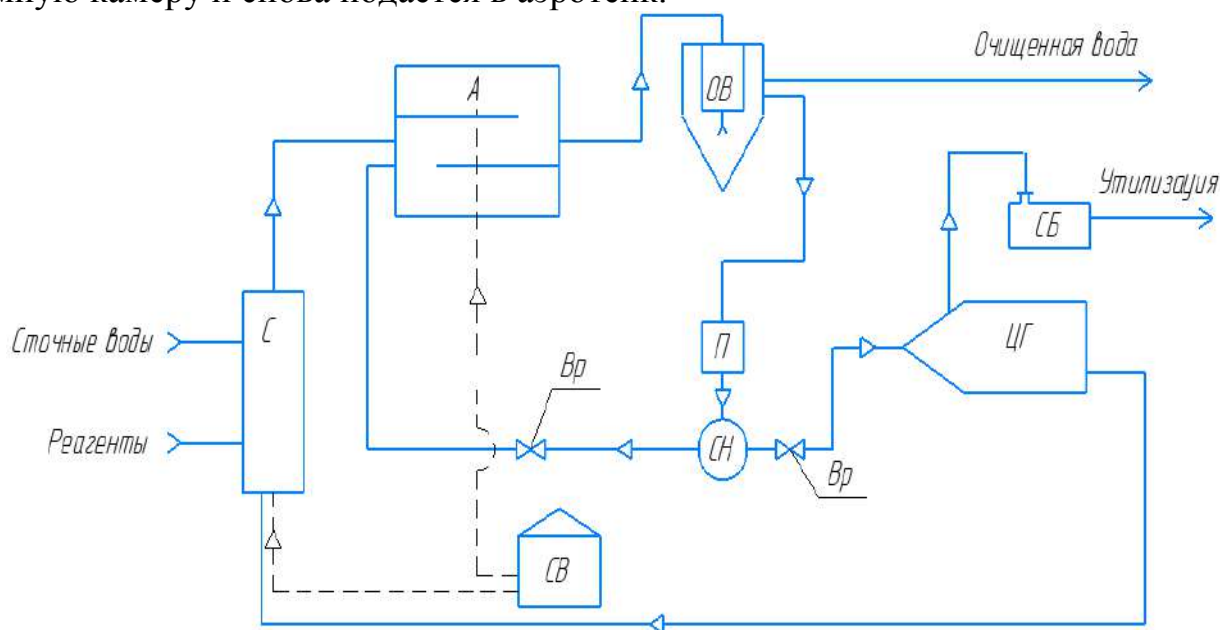
Keyword: biochemical purification, complex technological scheme, secondary settling tank, aerotank, decanter, drum dryer.

Из анализа научно-технической литературы [1–3] следует, что химическое предприятие является крупным источником загрязнения окружающей среды и относится к 1 классу опасности; в состав сточных вод предприятия входят ацетон, бензол, метанол, метилэтилкетон, моноэтаноламин, нефтепродукты, поверхностно-активные вещества, сульфаты, фенол, хлориды, этиленгликоль.

Концентрация фенолов превышает допустимую концентрацию более, чем в 3 раза, что является основанием для использования очистки сточных вод.

Показано, что в результате биохимической очистки сточных вод химического предприятия образуются осадки. К отходам (осадкам) данной технологической линии относится отработанный и избыточный активный ил. Складирование на иловых полях приводит к отчуждению новых земельных территорий, к загрязнению атмосферного воздуха и водотоков. Предложена подготовка осадков к утилизации и использования путем обезвоживания и сушки [4 – 6].

Предложенная технологическая схема биохимической очистки сточных вод (рис. 1) включает барабанную сушилку, насосную станцию, вторичный отстойник, воздуходувную станцию, аэротенк, декантер. Производственные сточные воды и реагенты поступают в смеситель, а затем в аэротенк. В нем происходит биохимическое окисление органических веществ. Иловая смесь из аэротенка поступает во вторичный вертикальный отстойник. Где происходит осаждение мелкодисперсных и коллоидных примесей. При разделении сточных вод от взвесей микроорганизмов во вторичном отстойнике, очищенная вода отправляется на дальнейшую очистку, а активный ил частично поступает в приемную камеру и снова подается в аэротенк.



С – смеситель, А – аэротенк, ОВ – отстойник вторичный, П – приемная камера, СН – станция насосная, СВ – станция воздуходувная, Вр – вентиль регулировочный, ЦГ – центрифуга горизонтальная, СБ – сушилка барабанная

Рисунок 1 – Технологическая схема биологической очистки

Избыточный активный ил направляют на обезвоживание в декантер, где в процессе центрифугирования очищенная вода отправляется снова в смеситель, а обезвоженный активный ил в барабанную сушилку. Высушенный обезвоженный осадок направляется на дальнейшую утилизацию.

Накопление огромных объемов иловых осадков на иловых полях наносят экологический ущерб окружающей среде и представляют угрозу существования почвенных и водных биоценозов. Разработка технологии утилизации осад-

ков позволит сократить отведение площадей под иловые поля и получить экономический эффект от вторичного использования продукта.

Литература:

1. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 8 – 2015 Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях.

2. ГОСТ 17.4.3.07–2001. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрения

3. Ладыгин К. В., Стомпель С. И. Проблема очистных сооружений – избыточные иловые осадки // «ЭКОИНЖ», 2019. Вып. № 19. С. 41-43.

4. Термическая утилизация избыточного активного ила муниципальных биологических очистных сооружений на примере г. Перми / М.С. Дьяков, Я.И. Вайсман, И.С. Глушанкова, Е.В. Калинина // Экватэк-2008 / Сб. докл. Междунар. конгресса «Вода: Экология и технология». М., 2008. С. 886–891.

5. Кириллов М.В., Асонов А.М. Перспективы использования активных илов станций аэрации в качестве органических удобрений // Аграрный вестник Урала. 2010. № 2. С. 43–45.

6. Гуляева И. С., Дьяков М.С., Глушакова И. С., Беленький М.Б. Утилизация осадков сточных вод с получением продуктов, обладающих товарными свойствами // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе, 2012. № 19. С. 43-49.

УДК 628.3

МИНИМИЗАЦИЯ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Гурьева В.Е., обучающийся;

Мальцева С.А., кандидат химических наук, доцент

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Показано, что в результате биохимической очистки сточных вод химического предприятия образуются осадки. Складирование осадков на иловых полях приводит к отчуждению новых земельных территорий, к загрязнению атмосферного воздуха и водотоков. Для минимизации техногенного воздействия осадков сточных вод предложена подготовка осадков к утилизации путем обезвоживания.

Приведено технико-экономическое обоснование внедрения системы подготовки осадков сточных вод к утилизации с получением продуктов, обладающих товарными свойствами.

Ключевые слова: биохимическая очистка, осадки сточных вод, декантер, ущерб от загрязнения земель, экономическая эффективность природоохранных мероприятий.

MINIMIZATION OF TECHNOGENIC IMPACT OF SEWAGE SLUDGE ON THE ENVIRONMENT

Gurieva V.E., student;
Maltseva S.A., candidate of chemical sciences, associate professor
Kazan National Research Technical University A.N. Tupolev-KAI
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: It is shown that precipitation is formed as a result of biochemical wastewater treatment of a chemical enterprise. Storage of sediments on silt fields leads to alienation of new land territories, to pollution of atmospheric air and water-courses. To minimize the technogenic impact of sewage sludge, the preparation of precipitation for disposal by dewatering is proposed. The feasibility study of the introduction of a system for the preparation of sewage sludge for disposal with the production of products with marketable properties is given.

Keyword: biochemical purification, sewage sludge, decanter, damage from land pollution, economic efficiency of environmental protection measures.

Из анализа научно-технической литературы [1 – 4] следует, что в результате биохимической очистки сточных вод химического предприятия образуются осадки. К отходам (осадкам) данной технологической линии относится отработанный и избыточный активный ил. Традиционное обезвоживание осадков в естественных условиях с помощью сушки на иловых площадках очистных сооружений зачастую оказывается невозможным в связи с отсутствием свободных земельных участков для создания иловых площадок. В то время как складирование осадков на иловых полях приводит к отчуждению земельных участков, загрязнению атмосферного воздуха и водотоков. Обезвоживание осадков и последующая сушка позволит подготовить осадки для вторичного использования.

Для технико-экономического обоснования внедрения системы обезвоживания осадков сточных вод принято количество избыточного активного ила, поступающего на поля фильтрации/поля орошения до внедрения системы обезвоживания: 4 т/год, количество избыточного активного ила после внедрения системы обезвоживания: 1 т/год. Обезвоженный осадок направляется в барабанную сушку и на использование в технологиях получения продуктов, обладающих товарными свойствами.

Затраты на стационарное оборудование приведены в таблице 1.

Эксплуатационные расходы включают энергетические затраты электроэнергии, пошедшей на работу насосной станции, декантера и барабанной сушки (табл. 2)

Таблица 1 – Затраты на стационарное оборудование

№ п/п	Наименование покупных Очистных сооружений	Количество, шт.	Цена за 1 шт., руб.	Амортизационные исчисления	Общая сумма, руб.
1	Декантер	2	400000	49200	898400
2	Насос	2	132000	26400	316800
3	Барабанная сушилка	2	320000	39360	679360
Итого:					1894560

Таблица 2 – Расход электроэнергии

№ п/п	Наименование электрооборудования	Мощность, кВт	Время работы, час	Стоимость электроэнергии, руб/год
1	Декантер	18,5	8760	726028
2	Насос	3	8760	353200
3	Барабанная сушилка	25	8760	981120
Итого:				2060348

Зарботная плата сотрудника: 960000 руб/год. Плата за размещение отхода приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Плата за размещение отхода

№ п/п	Наименование отхода	Код по ФККО	Класс опасности для окружающей среды	Фактически находилось на отчетный период, т	Норматив платы за размещение отходов	Сумма платы за размещ. отходов, руб
1	Отходы (осадок) механической и биологической очистки сточных вод производств фенолов	31324911393	III	1	1 327	104569,92

Согласно расчётам [5], исчисление ущерба от загрязнения земель химическими веществами составило 4256000 руб. Экономическая эффективность природоохранных мероприятий составляет 0,36. Срок окупаемости внедрения данного аппарата – 3 года.

Полученный продукт обладающих товарными свойствами и может быть использован в качестве органических удобрений, при рекультивации полигонов и т.д. [3, 4, 6].

Литература:

1. ГОСТ 17.4.3.07–2001. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрения
2. Ладыгин К. В., Стомпель С И. Проблема очистных сооружений – избыточные иловые осадки // «ЭКОИНЖ», 2019. Вып.№ 19. С. 41-43.

3. Термическая утилизация избыточного активного ила муниципальных биологических очистных сооружений на примере г. Перми / М.С. Дьяков, Я.И. Вайсман, И.С. Глушанкова, Е.В. Калинина // Эква-тэк-2008: сб. докл. Междунар. конгресса «Вода: Экология и технология». М., 2008. С. 886–891.

4. Кириллов М.В., Асонов А.М. Перспективы использования активных илов станций аэрации в качестве органических удобрений // Аграрный вестник Урала. – 2010. – № 2. С. 43–45.

5. О порядке определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами. Письмо Мин. охраны ОС и природных ресурсов РФ от 27 декабря 1993 г. № 04-25.

6. Гуляева И. С., Дьяков М.С., Глушакова И. С., Беленький М.Б. Утилизация осадков сточных вод с получением продуктов, обладающих товарными свойствами // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе, 2012. - № 19. С. 43-49.

УДК 504.53.062.4

РАСЧЕТ КОНЦЕНТРАЦИИ МИКРООРГАНИЗМОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОЧВЫ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Елисеева П.А., магистр;

Научный руководитель: Галимова А.Р., кандидат химических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация. Рассмотрены методы очистки нефтяных загрязнений почв. Представлен принцип организации системы биологической очистки грунта на месте загрязнения при внесении нефтеокисляющих микроорганизмов. На основе уравнения Моно проведен расчет необходимой концентрации бактерий для очистки почвы от нефтепродуктов.

Ключевые слова: биосорбенты, очистка почвы, загрязнение нефтепродуктами, уравнение Моно.

CALCULATION OF THE CONCENTRATION OF MICROORGANISMS FOR CLEANING THE SOIL FROM PETROLEUM PRODUCTS

Eliseeva P.A., master;

Scientific adviser: Galimova A.R., candidate of chemical sciences,
associate professor

Kazan National Research Technical University A.N. Tupolev-KAI
(Kazan, Russian Federation)

Annotation. The methods of purification of oil pollution of soils are considered. The principle of organization of a system of biological soil treatment at the site of contamination with the introduction of oil-oxidizing microorganisms is presented. Based on the Monod equation, the required concentration of bacteria was calculated to clean the soil from oil products.

Keyword: biosorbents, soil cleaning, oil pollution, Monod's equation.

Почва является депонирующей средой и отражает уровень многолетнего антропогенного воздействия. При ее загрязнении на протяжении многих лет различными бытовыми и производственными отходами происходит ее деградация, в результате чего она сама начинает выступать в качестве вторичного источника загрязнения приземного слоя атмосферы, поверхностных и грунтовых вод. Смешение почвы с нефтепродуктами представляет собой особый вид загрязнения, который оказывает влияние на ее морфологические, физические, химические и биологические свойства. Нефтепродукты имеют длительный период полураспада, сами продукты разложения также являются загрязнителями и подавляют способность почвы к самоочищению [1].

Нефть и нефтепродукты принадлежат к известным загрязнителям природной среды, вызывая видимые изменения в химическом составе, свойствах и структуре почвы. Нефть является распространенным опасным загрязнителем, при разливах которой на длительное время нарушается нормальное функционирование почвенной экосистемы, ухудшается почвенное плодородие и резко меняется интенсивность и направленность окислительно-восстановительных процессов. Поступление нефти в почву неопределенно влияет на активность ферментов, которая усиливаться, и конечно ослабевает в зависимости от дозы и вида загрязнителя и типа почвы, подвергшейся загрязнению [2]. По данным Министерства природных ресурсов Российской Федерации и Российского отделения «Гринпис», потери нефти и нефтепродуктов в России за счет аварийных ситуаций колеблются от 17 до 20 млн. т ежегодно, что составляет порядка 7% от добычи нефти [3].

В почвах нефтепродукты состоят в следующих формах:

1) в пористой среде – в парообразном и жидком легкоподвижном состоянии, в свободной или растворенной водной или водно-эмульсионной фазе;

2) в пористой среде, а также трещинах – в свободном неподвижном состоянии, играя роль вязкого или твердого цемента между частицами и агрегатами почвы, в сорбированном состоянии на частицах горной породы или почвы, в том числе – гумусовой составляющей почв;

3) в поверхностном слое почвы или грунта в виде плотной органоминеральной массы [4].

В настоящее время имеется выбор различных методов по снижению и предотвращению нефтяных загрязнений почв. Выбор определенного метода происходит от следующих факторов: уровень загрязнения, состав нефти, продолжительность загрязнения, свойства почвы, ландшафтные и климатические условия. Как правило, используется системный подход в решении данных вопросов.

Естественное самоочищение природных земель от нефтяного загрязнения - длительный процесс, где долгое время сохраняется пониженный температурный режим. В связи с этим, применение способов очистки почвы от загрязнения углеводородами нефти – одна из важных задач при решении проблемы снижения антропогенного воздействия на окружающую среду. Рекультивация земель – это состав мероприятий, направленных на восстановление продуктивности и хозяйственной ценности нарушенных и загрязненных земель. Задача рекультивации – уменьшить содержание нефтепродуктов и находящихся с ними других токсичных веществ до безопасного уровня, восстановить продуктивность земель, утерянную в результате загрязнения [5].

Биологический метод очистки грунта, заключается в направленной активизации почвенной микрофлоры, внесении микробных препаратов, разлагающих нефть, а также фиторемедиации — уменьшению загрязнения почвы, основанного на стимуляции естественного почвенного сообщества нефтеокисляющих микроорганизмов в результате их тесного взаимодействия с толерантными к нефти растениями.

Биопрепараты стимулируют местный грунтовый и почвенный биоценоз и создают приятные условия для перехода нефтяных углеводородов в трудноокисляемое состояние. Образуются органические соединения гумусоподобного характера, положительно влияющие на почвенное плодородие [6]. Перспективным направлением по очищению объектов окружающей среды от нефти с помощью микроорганизмов является использование биосорбентов [7].

Принцип организации системы биологической очистки грунта на месте загрязнения представлен на рисунке 1.

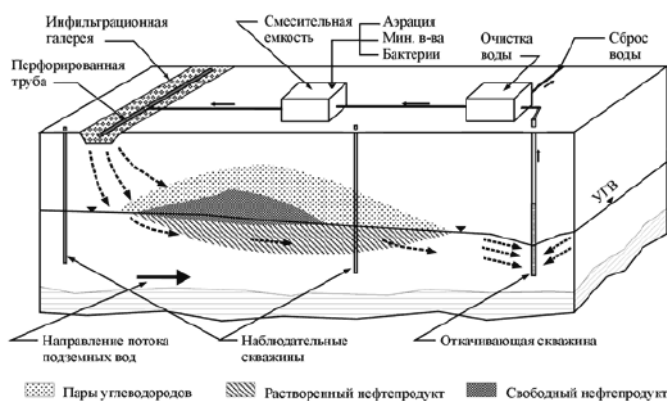


Рисунок 1 - Схема процесса очистки почвы от нефтепродуктов с внесением нефтеокисляющих микроорганизмов

На основе имеющихся литературных и экспериментальных данных были рассмотрены следующие процессы - это разложение нефтепродукта бактериями, рост и отмирание бактерий, выработка бактериями поверхностно-активных веществ, переход нефтепродукта в эмульсию, перенос бактерий с инфильтрующейся водой с учетом их сорбции и десорбции, перенос эмульсии нефтепродукта с инфильтрующейся водой [8].

Для описания динамики микробной популяции и убыли нефтепродуктов

используются зависимости, описанные уравнением Моно с учетом отмирания бактерий:

$$\begin{cases} \frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\mu \cdot G}{G+K_s} \cdot M - \lambda \cdot M \\ \frac{\partial G}{\partial t} = \frac{1}{q} \cdot \frac{\mu_m \cdot G}{G+K_s} \cdot M \end{cases} \quad (1)$$

где M - концентрация бактерий, μ_m - максимальная скорость роста бактерий, G - концентрация субстрата (нефтепродукта), K_s - константа сродства субстрата к микроорганизму, λ - скорость отмирания клеток, q - коэффициент пропорциональности, связывающий количество образовавшихся клеток с поглощенным субстратом.

Провели расчет необходимой концентрации бактерий при условии, что концентрация нефтепродукта в почве составляет 0,005 г/г грунта. Согласно расчетам, необходимая концентрация бактерий в почве для проведения биологической очистки $M = 1,014 \cdot 10^{-4}$ г/г. Этот параметр помогает определить динамику микробной популяции и определить необходимую концентрацию биосорбента.

Литература:

1. Сазонова О.В., Сучков Вячеслав Владимирович, Рязанова Т.К., Судакова Т.В., Торопова Н.М., Вистяк Л.Н., Тупикова Д.С. Исследование закономерностей химического загрязнения почвенного покрова в зоне деятельности нефтехимического предприятия // ЗНиСО. 2017. №6 (291).
2. Скворцов А.П. Способы очистки почвы после аварийных разливов нефти и нефтепродуктов // Политехнический молодежный журнал. 2020. №02 (43).
3. Терещенко Н.Н., Лушников С.В. Способ стимулирования активности углеводородоокисляющих микроорганизмов в почве, загрязненной нефтью и нефтепродуктами // Материалы 1-го Международного конгресса «Биотехнология - состояние и перспективы развития». М., 2002.
4. Дугов Ю. С. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов / Ю.С. Дугов, А. А. Родин. СПб, 2000. 250 с.
5. Клещенок, С.Е. Анализ существующих технологий рекультивации нефтезагрязненных почв / С.Е. Клещенок, Д.С. Подавальный, Е.Е. Булгаков // Молодёжь и наука: Сб. материалов VIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, посвященной 155-летию со дня рождения К. Э. Циолковского [Электронный ресурс]. — Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2012.
6. Темирханов Б.А. Исследование основных свойств нефтяных сорбентов и их сравнительный анализ // Актуальные проблемы современной науки. Ч.13. Экология / Труды 5-й Международной конференции молодых ученых и студентов. 2004.
7. Белик Е.С., Рудакова Л.В. Получение биосорбента на основе карбонизата для очистки нефтезагрязненных почв и грунтов // Экология и промышленность России. 2013. № 11. С. 48–52.

8. Брикс А.Л., Коннов Д.В., Огняник Н.С., Парамонова Н.К., Пашковский И.С. Основы изучения загрязнения геологической среды легкими нефтепродуктами. Киев, 2006 –278 с.

УДК 628

ОЧИСТКА ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОКОВ ОТ МЕТАЛЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОКОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Желовицкая А.В., кандидат химических наук, доцент;

Заляев А.И., магистр

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: выполнен расчет термодинамического критерия для оценки техногенного загрязнения окружающей среды. Разработана технологическая схема очистки сточной воды от цинка (II) с применением композиционного материала на основе наноразмерного железа и активированного угля

Ключевые слова: сточная вода, гальваника, цинк (II), наноразмерное железо, активированный уголь, свободная энергия Гиббса

PURIFICATION OF INDUSTRIAL EFFLUENTS FROM METALS USING NANOCOMPOSITE MATERIALS

Zhelovitskaya A.V., candidate of chemical Sciences, assistant Professor

Zalyaev A.I., Master's

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev–KAI
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: the calculation of the thermodynamic criterion for the assessment of technogenic pollution of the environment is carried out. A technological scheme of wastewater treatment from zinc (II) using a composite material based on nanoscale iron and activated carbon has been developed

Keyword: wastewater, electroplating, zinc (II), nanoscale iron, activated carbon, Gibbs free energy

Для оценки техногенного воздействия загрязняющих веществ на окружающую среду и эффективности ее защиты целесообразно использовать некий универсальный критерий, который позволяет трактовать загрязнение окружающей среды с энергетических позиций [1]. Это упрощает сравнение используемых методов и способов ее защиты, основанных иногда на совершенно различных принципах. Таким требованиям соответствует термодинамический критерий [2].

Для практических расчетов можно использовать два уравнения, характеризующих изменение энергии Гиббса при постоянной температуре, предполагая, что при выбросе или сбросе загрязняющих веществ в воздушную и водную среды их температура не меняется. Эти уравнения записываются в следующем виде:

для газа

$$\Delta G = RT \frac{P_2}{P_1} = 2,3RT \lg \frac{P_2}{P_1} \quad (1)$$

для раствора

$$\Delta G = RT \frac{C_2}{C_1} = 2,3RT \lg \frac{C_2}{C_1} \quad (2)$$

Входящие в эти выражения величины трактуются следующим образом: P_1 - парциальное давление токсичной i -й примеси в воздушной среде до ее загрязнения; P_2 - парциальное давление токсичной i -й примеси в воздушной среде после ее загрязнения; C_1 - концентрация токсичной i -й примеси в водной среде до ее загрязнения; C_2 - концентрация токсичной i -й примеси в водной среде после ее загрязнения; R - универсальная газовая постоянная; T - абсолютная температура.

Схема загрязнения окружающей среды при непосредственном поступлении в нее загрязняющих веществ (без использования очистных устройств) представлена на рисунке 1.

Запишем уравнение (2) в виде

$$\Delta G = 2,3RT \lg \frac{C_k}{C_n} = 2,3RT \lg \frac{C_k}{\text{ПДК}} \quad (3)$$

где ПДК - предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в водной или воздушной средах.

Предполагается, что начальная концентрация загрязняющего вещества в воздушной или водной среде равна ПДК (в принципе, значение C_n может быть задано любым).

Определим знак ΔG . Для этого случая $C_k > C_n$, $\frac{C_k}{C_n} > 1$ положителен.

Это означает, что над системой работа производится извне (несамостоятельный процесс) за счет воздействия на окружающую среду технологического процесса, который часть своей энергии затрачивает на ее загрязнение токсичными веществами. Для возвращения системы (окружающей среды) в первоначальное состояние, т. е. для снижения концентрации загрязняющего вещества путем очистки до первоначальных значений $C_n = \text{ПДК}$, необходимо затратить внешнюю работу:

$$-W_{\text{н}} = \Delta G.$$

В реальных условиях затраченная работа будет превышать $-W_{\text{н}}$, так как процесс очистки происходит в условиях, отличных от равновесных. Таким образом, при непосредственном (без очистки) сбросе загрязняющих веществ в окружающую среду $\Delta G > 0$ и $W_{\text{н}} < 0$.

Величина изменения свободной энергии Гиббса может быть использована и для термодинамической оценки эффективности работы очистных сооружений

и устройств. Для этого запишем формулу (2) в виде:

$$\Delta G = 2,3RT \ln \frac{C_2}{C_1} = 2,3RT \ln \frac{C_{\text{вых}}}{C_{\text{вх}}} \quad (4)$$

где $C_{\text{вх}}$ – концентрация загрязняющего вещества до очистки (на входе в очистное сооружение); $C_{\text{вых}}$ – концентрация загрязняющего вещества после очистки (на выходе из очистного сооружения).

Используя понятие эффективности очистки η , выразим $C_{\text{вых}}$ и подставим ее в уравнение (5):

$$\Delta G = 2,3RT \ln \frac{C_{\text{вых}}}{C_{\text{вх}}} = 2,3RT \ln \frac{C_{\text{вх}}(1-\eta)}{C_{\text{вх}}} = 2,3RT \ln(1-\eta) \quad (5)$$

Последнее выражение связывает величину ΔG с достигаемой эффективностью очистки.

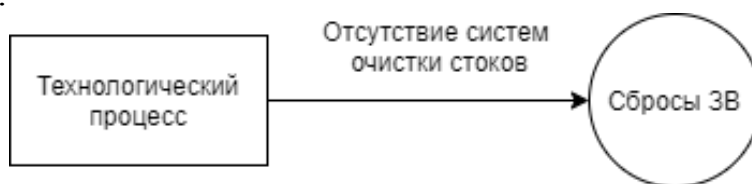


Рисунок 1 – Блок-схема схема очистки сточной воды гальванического производства без систем очистки

Термодинамический критерий оценки техногенного воздействия на окружающую среду (ОС) определяется по формуле:

$$\Delta G = RT \frac{C_2}{C_1} = 2,3RT \log \frac{C_2}{C_1}$$

где C_2 – концентрация в водной среде после ее загрязнения;

C_1 – концентрация в водной среде до ее загрязнения;

Итак, определим термодинамический критерий оценки техногенного воздействия на ОС без систем очистки:

$$C_2 = 235 \text{ мг/дм}^3; C_1 = 43 \text{ мг/дм}^3;$$

$$\Delta G = 8,314 \cdot 10^{-3} \cdot 290 \frac{235}{43} = 13176 > 1$$

Вывод: Сама природа не сможет извлечь загрязняющее вещество (Zn^{2+}), поэтому над системой надо производить работу из вне (не самопроизвольный процесс) за счет воздействия на окружающую среду.



Рисунок 2 – Блок-схема схема очистки сточных вод гальванического производства с системой очистки

Определим термодинамический критерий оценки техногенного воздействия на ОС с системой очистки (рис. 2):

$$C_2 = 7,14 \text{ мг/дм}^3; C_1 = 43 \text{ мг/дм}^3;$$

$$\Delta G = 2,3 \cdot 8,314 \cdot 10^{-3} \cdot \lg 290 \frac{7,14}{43} = 0,2831$$

Вывод: Из вышеизложенного следует, что рассмотренный термодинамический критерий позволяет количественно оценить состояние окружающей среды и эффективность ее защиты с использованием энергетических характеристик, а также выбрать среди конкурирующих способов защиты окружающей среды наилучший.

На основании расчета термодинамического критерия оценки техногенного загрязнения окружающей среды и материала отечественной и зарубежной литературы [3-5] была разработана технологическая схема адсорбционной очистки гальванических линий цинкования (рис. 3).

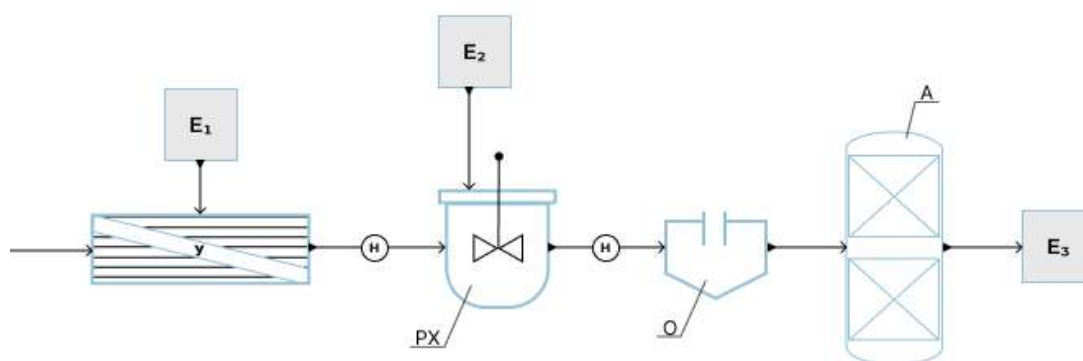


Рисунок 3 – Усовершенствованная технологическая схема очистки сбросов, образующихся при электролитической обработке поверхности металлов

Литература:

1. Галимова А.Р., Шагидуллин Р.Р., Тунакова Ю.А. Оценка вклада предприятий в формирование полиметаллического загрязнения поверхностных вод в районе г.Казани // Вестник Технологического университета. 2015. Т. 18. № 14. С. 245-248.
2. Кривошеин, Д.А. Основы экологической безопасности производств [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Д.А. Кривошеин, В.П. Дмитренко, Н.В. Федотова. СПб: Лань, 2021. 336 с. URL: <https://reader.lanbook.com/book/168784#4> (дата обращения: 28.05.2021).
3. Stefania Mura Ferrates for water remediation / Stefania Mura, Luca Malfatti, Gianfranco Greppi, Plinio Innocenzi // Rev. Environ. Sci. Biotechnol., 2017. – V. 16. – P. 15-35.
4. Yi Xu Application of zero valent iron coupling with biological process for wastewater treatment: a review // Yi Xu, Chao Wang, Jun Hou, Peifang Wang, Guoxiang You, Lingzhan Miao, Bowen Lv, Yangyang Yang, Fei Zhang // Rev. Environ. Sci. Biotechnol., 2017. V. 16. P. 667-693.
5. Xuan Zhang Preparation of Novel ALRCs/nZVI Composite and Its Removal of Cr(VI) from Aqueous / Xuan Zhang, Xiao-qiang Cao, Guang Li, Jijie Yin, Di

Zhang, Mingzhen Li, Na Meng, Liang Dong, Xian-jun Lyu, Lin Li, Jun Qiu, Yan Zhang, Peng Wang, Qing-jian Zhang // International Journal of Environmental Research, 2020. V. 14. P. 123-133.

УДК 628

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ

Желовицкая А.В., кандидат химических наук, доцент;
Ильин Е.Н., магистр

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева – КАИ»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: разработана математическая модель и составлена блок–схема технологического процесса очистки сточных вод нефтеперерабатывающего предприятия с целью оптимизации процесса очистки путем повторного использования сырьевых ресурсов

Ключевые слова: предприятия нефтепереработки, сточная вода, нефтепродукты, флотация, математическое моделирование технологических процессов

MATHEMATICAL MODELING OF CHEMICAL-TECHNOLOGICAL PROCESSES OF WASTEWATER TREATMENT AT OIL REFINERIES

Zhelovitskaya A.V., candidate of chemical Sciences, assistant Professor
Ilyin E.N., Master's

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev–KAI
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: A mathematical model was developed and a block diagram of the technological process of wastewater treatment at an oil refinery to optimize the treatment process through the reuse of raw materials

Keyword: refineries, wastewater, petroleum products, flotation, mathematical modeling of technological processes

Предприятия нефтепереработки имеют высокий уровень водопотребления. Количество расходуемой воды на предприятии используется в установках охлаждения и конденсации различных продуктов перегонки; приготовления различных растворов для проведения химических реакций; в тепловых установках для получения пара необходимых характеристик и т.д. Одним из источников загрязнений сточных вод нефтехимической отрасли являются сильно за-

грязненные сточные воды, образующиеся в процессах обессоливания и обезвоживания [1-2].

Наиболее широкое распространение в практике очистки сточных вод предприятий нефтепереработки получил метод флотации [3].

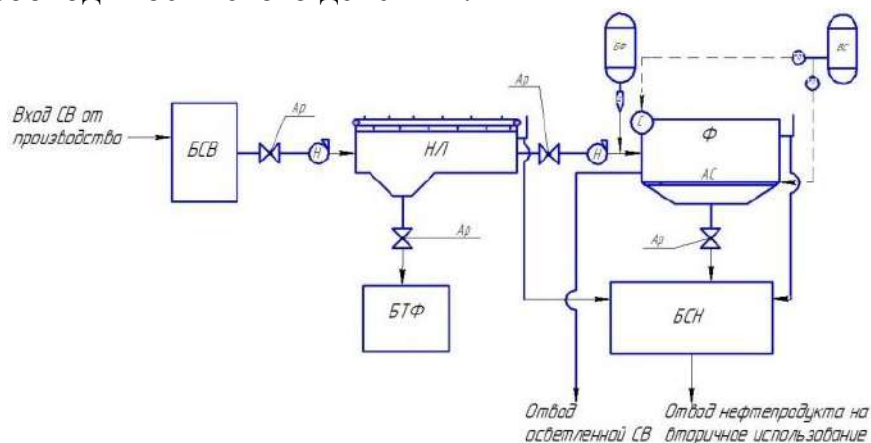
Переработка нефти – это сложный технологический процесс, началом которого является доставка нефти на завод нефтепереработки, с последующими операциями по переработке, а его концом – выход готовой к потреблению продукции.

Так, в цехе перегонки нефти осуществляется перегонка сернистых нефтей и выработки из них нефтепродуктов. Для первичной переработки нефти с разделением на целевые фракции, которые являются сырьем для установок базового комплекса предприятия и производства этилена на производстве нефтехимии применяется нефтеперерабатывающая установка ЭЛОУ-АВТ-7 с модернизированным вакуумным блоком. Годовая производительность по сырой нефти составляет 7,344 млн. т/год. Также имеется цех, где реализуется процесс крекирования сернистых нефтей и выработки из них нефтепродуктов. Для переработки гудрона с вакуумного блока предназначена установка ЭЛОУ АВТ-7 путем термического превращения его в компонент котельного топлива. Установка построена по лицензии фирмы Shell. Производительность по перерабатываемому гудрону составляет 1,8 млн. т/год.

Наибольшую опасность от данных цехов представляют сточные воды электрообессоливающих установок (ЭЛОУ), содержащие до 30–40 г/л нефтепродуктов. С одной стороны, если образуется большое количество воды, концентрация содержащихся в ней нефтепродуктов будет уменьшаться за счет разбавления. Перед сбросом сточных вод, содержащих нефтепродукты необходимо очистить их до норм ПДК или до определенных значений концентраций, с целью повторного использования в оборотном водоснабжении.

При сбросе сточных вод с нефтеперерабатывающего предприятия выделяются следующие состояния нефти (эмульгированная, всплывающая, растворенная), находящиеся в водной среде. Они могут влиять на санитарное состояние вод. Нефтепродукты, нерастворимые в воде, образуют нефтяную пленку различной толщины. Как правило, в месте сброса – около микрона, а на более отдаленных участках – доли микрона. Они имеют свойство продолжительного удерживания на поверхности вод. Это пагубно влияет на кислородный режим водоема. Эта пленка может распределиться на прибрежной части, что приведет к загрязнению растительности, находящейся на ней. На основании изученных данных литературных источников [1-3] была разработана технологическая схема очистки сточной воды от нефтепродуктов методом флотации (рис. 1). Сплошные линии отражают движение сточной воды, а прерывистые линии – движение сжатого воздуха. Сточная вода по трубопроводу поступает в бак для сбора сточной воды (БСВ). Посредством насоса загрязненная нефтепродуктами вода перекачивается в нефтеловушку (НЛ). По завершении некоторого времени и проведения в ней процессов, в дальнейшем, с поверхности воды нефть удаляется и направляется в БСН (бак сбора нефтепродуктов), а осевшие тяжелые

фракции – в БТФ (бак сбора тяжелых фракций). Сточная вода, прошедшая предварительную очистку, перекачивается насосом во флотатор (Ф), причем в поток подается флокулянт (путем дозирования). Далее, в перфорированный трубчатый аэратор подается сжатый воздух, реализуется процесс флотации. Образовавшаяся в процессе флотопена периодически удаляется с поверхности воды при помощи сдувания сжатым воздухом. Флотопена попадает в отведенный для нее бак, а далее в БСН. После проведения процесса флотации, вода отводится самотеком. В донной части флотокамеры имеется промывной штуцер, на случай необходимости этого действия.



БСВ – бак со сточной водой; Н – насос; НЛ – нефтеловушка; БТФ – бак сбора тяжелых фракций; Ф – флотатор; БФ – бак с флокулянт; ВС – воздушная станция; БСН – бак сбора нефтепродуктов; Ар – арматура (запорная); Д – дозатор; С – сдувка; АС – аэрационная система

Рисунок 1 – Технологическая схема очистки сточной воды от нефтепродуктов

Поскольку ускорения технического прогресса и сокращения сроков освоения новых технологических процессов можно добиться с помощью моделирования, в частности моделирования химико-технологических процессов, то было принято решение по разработке математической модели технологии очистки стоков нефтеперерабатывающего предприятия методом флотации. Моделирование процессов, систем, технологических аппаратов, природных и техногенных явлений и ситуаций в деле охраны окружающей среды основано на единстве экспериментального и теоретического методов исследования. Это подбор вида и дозы реагента в лабораторных условиях для реальных условий; проверка режима работы пилотных установок на модельных растворах воды; прогностические расчеты состояний окружающей среды и многое другое. При моделировании технологических процессов следует принимать во внимание объективно существующие ограничения, накладываемые на входные, управляемые (оптимизируемые) и выходные параметры и характеристики состояния процесса [4]. Каждый модуль оказывает влияние на показатели качества воды. Так, показатели качества воды на входе из какого-либо модуля являются входными показателями для следующего (рис. 2).

При построении математических моделей комплекса технологических процессов учитывается, что водоочистная станция состоит из нескольких сооружений (модулей), через которые исходная вода проходит последовательно.

На рисунке 2 изображена блок–схема технологического процесса очистки сточных вод нефтеперерабатывающего предприятия с повторным использованием сырьевых ресурсов [4]. Основная идея этой схемы в том, что возможно запустить условно очищенную сточную воду (в случае соответствия качеству вод присущих второй системе водоснабжения ("Ведомственные указания по техническому проектированию производственного водоснабжения, канализации и очистки сточных вод предприятий нефтеперерабатывающей промышленности - ВУТП-97"))).

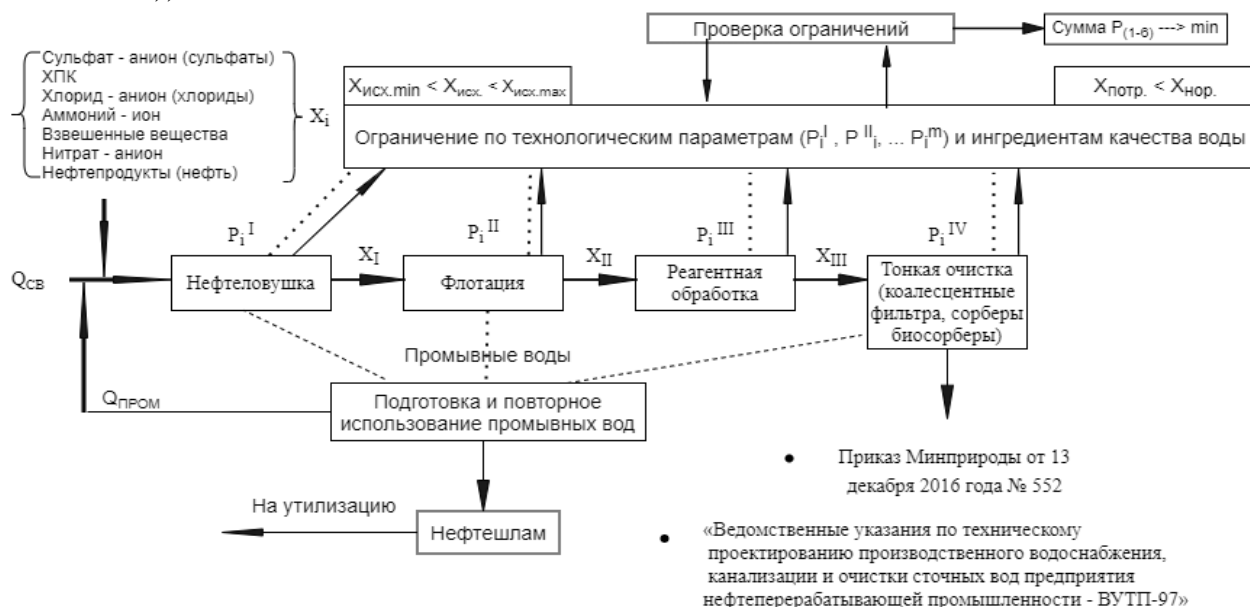


Рисунок 2 – Блок – схема технологического процесса очистки сточных вод нефтеперерабатывающего предприятия с повторным использованием сырьевых ресурсов

Литература:

1. Жаскайратов Т.Е. Эффективные способы в технологии обессоливания сточных вод на предприятиях нефтепереработки / Т.Е. Жаскайратов, С.Р. Масакбаева, М.Г. Баймухамбетова // Технические науки – от теории к практике, 2016. № 4. С. 160-170.
2. Галимова А.Р., Шагидуллин Р.Р., Тунакова Ю.А. Оценка вклада предприятий в формирование полиметаллического загрязнения поверхностных вод в районе г.Казани//Вестник Технологического университета. 2015. Т. 18. № 14. С. 245-248.
3. Зубарева Г.И. Флотация в технологических схемах очистки промышленных сточных вод // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура, 2019. Т. 10. №4. С. 67-77.
4. Ушакова И.Г. Научные и инженерные основы выбора методов очистки природных, сточных вод и обработки осадка: учеб. пособие / И.Г. Ушакова, Ю.В. Корчевская, Г.А. Горелкина. Омск: ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2019. – 151 с.

СИСТЕМА АДСОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ХРОМА (VI) С ПОМОЩЬЮ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Желовицкая А.В., кандидат химических наук, доцент;
Мингазов Т.Ф., магистр
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева – КАИ»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: разработана технологическая схема очистки сточной воды от хрома (VI) адсорбцией. Новизна разработанной технологии предполагает использование в качестве сорбента нанокomпозиционного материала – активированный низкосортный уголь/наноразмерное железо нулевой валентности

Ключевые слова: хром (VI), гальваническое производство, адсорбция, наноразмерное нулевалентное железо, активированный низкосортный уголь, нанокomпозиционный материал

ADSORPTION WASTEWATER TREATMENT SYSTEM FROM CHROMIUM (VI) USING A COMPOSITE MATERIAL

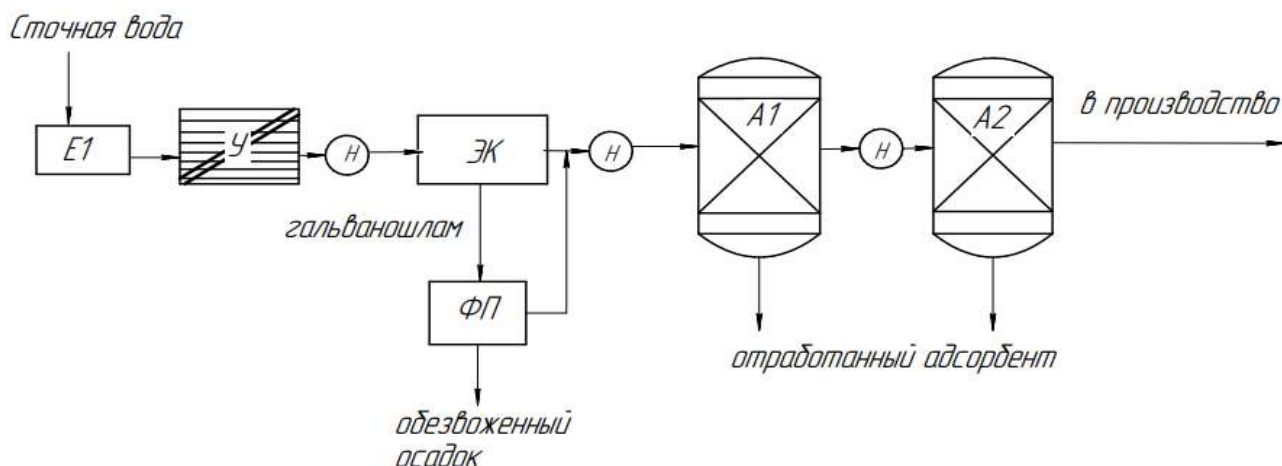
Zhelovitskaya A.V., candidate of chemical Sciences, assistant Professor
Mingazov T.F., Master's
Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev–KAI
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: a technological scheme of wastewater purification from chromium (VI) by adsorption has been developed. The novelty of the developed technology involves the use of a nanocomposite material as a sorbent – activated low rank coals/nanoscale zero-valent iron

Keyword: chromium (VI), electroplating, adsorption, nanoscale zero-valent iron, activated low rank coals, nanocomposite material

Шестивалентный хром – Cr(VI) является широко используемым металлом во многих отраслях промышленности, таких как гальваника, кожевенная промышленность, производство печати и крашения, а также текстильная отрасль. Ионы Cr(VI) токсичны, кумулятивны и не поддаются биологическому разложению и даже канцерогенны, что может повлиять на генетику человека. Существует множество способов удаления Cr(VI), таких как адсорбция, биологические методы, химическое восстановление, мембранное разделение и электрохимический метод [1-3]. Эти технологии часто имеют недостатки, включая высокую стоимость, сложную эксплуатацию и даже вторичное загрязнение. Поскольку Cr(VI) обладает высокой степенью окисления, он может быть эффективно удален мето-

дом «восстановление–осаждение». Поэтому вопрос о том, как эффективно уменьшить концентрацию Cr(VI) до менее токсичного Cr(III), в последнее время стал весьма актуальным. Все большее внимание в последние годы уделяется материалам на основе железа из-за его преимуществ, таких как широкий ресурс и хороший эффект восстановления. Одним из возможных материалов на основе железа получило большое внимание наноразмерное нулевалентное железо (nZVI – nanoscale-zero-valent iron) ввиду его малого размера частиц, большой удельной поверхности, большой поверхностной энергии и высокой активности [3]. Однако nZVI также имеет некоторые недостатки с точки зрения применения: из-за присутствующего ему магнитного действия и относительно высокой поверхностной энергии nZVI склонен к агломерации, что ослабляет его восстановительную способность. Чтобы преодолеть этот недостаток, композитные материалы на основе nZVI могут быть получены путем загрузки (наполнения) nZVI на поверхность носителя. Общие материалы-носители включают материалы на основе углерода. Для оптимизации адсорбционного материала на основе углеродного наноразмерного нулевалентного железа (nZVI) и более эффективного удаления Cr(VI) были использованы активированные низкосортные угли (ALRC – activated low rank coals) и FeCl₂ для приготовления "активированных низкосортных углей/наноразмерного нулевалентного железа композитов путем карботермического восстановления [3]. Результаты исследования [3] показывают, что удельная площадь поверхности ALRCs/nZVI достигает 2908 м²/г. Микросферы nZVI с диаметром около 500 нм успешно загружаются на поверхность ALRCs. Кислая среда и высокая температура благоприятствуют удалению Cr(VI) с помощью ALRCs/nZVI. Адсорбция Cr(VI) на ALRCs/nZVI соответствует модели Фрейндлиха и кинетической модели псевдо-второго порядка. Электростатическое притяжение, восстановление и осаждение на поверхности являются основными механизмами удаления Cr(VI). Максимальное удаление Cr(VI), рассчитанное по модели Ленгмюра, составило 159,7-196,5 мг/г сорбента, что выше, чем у большинства композитов nZVI на основе углерода. Новизна работы [3] включает: использование низкосортного угля в качестве сырья для снижения стоимости; процесс предварительной активации материала улучшает адсорбционную способность производства; восстановление и загрузка наноразмерного нулевалентного железа с помощью карботермического метода – простая операция, высокая безопасность, хорошее сочетание нулевалентного железа и подложки, простота крупномасштабного применения и непрерывного производства и т.д.). Адсорбция Cr(VI) на ALRCs/nZVI может быть более точно установлена с помощью модели Фрейндлиха и кинетической моделью псевдо-второго порядка. XPS-анализ ALRCs/nZVI до и после реакции показал, что почти весь адсорбированный Cr(VI) был восстановлен до Cr(III). Механизмы удаления Cr(VI) включают электростатическое притяжение, восстановление и осаждение на поверхности. Данные по удалению Cr(VI), рассчитанные по модели Ленгмюра указывает на то, что ALRCs/nZVI является отличным материалом для удаления Cr(VI). На основании изученных материалов литературы была разработана технологическая схема очистки стоков гальванического производства от хрома (VI) (рис. 1).



E1 – емкость для сбора загрязненной воды, У – усреднитель,
 ЭК – электрокоагулятор, ФП – фильтр-пресс, А – адсорбер, Н – насос
 Рисунок 1 – Схема очистки сточной воды от хрома (VI)

Литература:

1. Stefania Mura Ferrates for water remediation / Stefania Mura, Luca Malfatti, Gianfranco Greppi, Plinio Innocenzi // Rev. Environ. Sci. Biotechnol., 2017. V. 16. P. 15-35.
2. Yi Xu Application of zero valent iron coupling with biological process for wastewater treatment: a review // Yi Xu, Chao Wang, Jun Hou, Peifang Wang, Guoxiang You, Lingzhan Miao, Bowen Lv, Yangyang Yang, Fei Zhang // Rev. Environ. Sci. Biotechnol., 2017. V. 16. P. 667-693.
3. Xuan Zhang Preparation of Novel ALRCs/nZVI Composite and Its Removal of Cr(VI) from Aqueous / Xuan Zhang, Xiao-qiang Cao, Guang Li, Jijie Yin, Di Zhang, Mingzhen Li, Na Meng, Liang Dong, Xian-jun Lyu, Lin Li, Jun Qiu, Yan Zhang, Peng Wang, Qing-jian Zhang // International Journal of Environmental Research, 2020. V. 14. P. 123-133.

УДК 628.316.6.094.3

ОКИСЛИТЕЛЬНАЯ ДЕСТРУКЦИЯ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ ИЗ ВОДНЫХ СРЕД

Желовицкая А.В., кандидат химических наук, доцент;
 Нигматзянова Е.Р., магистр
 ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ»
 (г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: в материале тезиса представлен обзор практического исследования деструкции фармацевтических препаратов на примере различных окислительных систем

Ключевые слова: фармацевтические препараты, сточная вода, окислительная деструкция, фотокатализ, диоксид титана

OXIDATIVE DEGRADATION OF PHARMACEUTICALS FROM AQUEOUS MEDIA

Zhelovitskaya A.V., candidate of chemical Sciences, assistant Professor;
Nigmatzaynova E.R., Master's
Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev–KAI
(Kazan, Russian Federation)

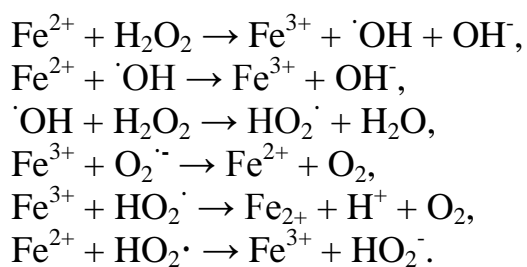
Annotation: thesis material provides an overview of practical research on the degradation of pharmaceuticals using various oxidative systems as an example

Keyword: pharmaceuticals, wastewater, oxidative degradation, photocatalysis, titanium dioxide

В последнее десятилетие наблюдается значительный рост содержания различных фармацевтических препаратов в сточных водах. Поскольку многие фармацевтические препараты не подвергаются метаболизму в организме человека и покидают его находясь в биологически активной форме, практически не теряя при этом своих свойств, то органические фрагменты лекарственных препаратов сбрасываются в сточные воды в качестве отходов, тем самым нанося вредное воздействие на водные объекты окружающей среды. Фармацевтические препараты становятся распространенными загрязнителями водных сред. В этой связи становится актуальной задача не только очистки таких сточных вод до нетоксичных и неканцерогенных веществ, но и поиск эффективных способов разрушения фармацевтических препаратов. В настоящее время в литературе [1, 2] приводится множество способов деструкции фармацевтических препаратов, которые относятся к классу органических соединений. Однако, на данный момент не существует универсального метода, поскольку различно строение органических веществ, их свойства, метод их окислительного разложения, способ обезвреживания в природных объектах.

В настоящее время приобрели актуальность перспективные способы окислительной деструкции органических веществ – advanced oxidation process. Окислительно-деструктивные процессы протекают с участием высокоактивных радикальных частиц – $\cdot\text{OH}$, $\text{HO}_2\cdot$ и т.д. Данные процессы дают возможность создания технологий очистки воды от фармацевтических препаратов различных групп.

Особое место занимает пероксид водорода, как один из распространенных окислительных агентов, способствующих синтезу радикальных частиц. В настоящее время наиболее эффективным способом повышения окислительной способности H_2O_2 является его радикальный распад в присутствии ионных форм Fe^{2+} или Fe^{3+} (система Фентона или Раффа). Радикально-цепной механизм данного процесса отражен уравнениями [1]:



В работе [1] изучен процесс окислительно-деструктивного превращения 12 лекарственных препаратов (анальгин, дибазол, диклофенак, левомецитин, метилурацил, но-шпа, и т.д.). Процессы окисления лекарственных препаратов проводили в водном растворе, добавляя рассчитанные количества растворов H_2O_2 (от 4 до 16 ммоль/л) и FeSO_4 (II) (0,125-0,500 ммоль/л). Среди исследуемых лекарственных препаратов авторы выделили вещества с высокой степенью деструкции, причем независимо от концентраций H_2O_2 и Fe^{2+} . Все эти вещества были отнесены к группе легко окисляемых. В группу трудноокисляемых лекарственных препаратов вошел парацетамол (C_8) и (C_{24}). Более глубокую деструкцию можно обеспечивать путем повышения концентрации H_2O_2 или Fe^{2+} . Согласно данным исследования по начальной скорости окислительной деструкции, то есть по наклону начального участка кинетических кривых, легкоокисляемые лекарственные препараты располагаются в следующем ряду: фурацилин>фуросемид>левомецитин >метилурацил>карбамазепин. В группе трудноокисляемых лекарств препараты по своей способности к окислительно-деструктивным превращениям располагаются в следующем ряду: эффералган УПСА>анальгин≈дибазол>парацетамол>диклофенак>но-шпа=димедрол.

В работе [3] рассмотрена деструкция фармацевтически активных соединений (алпразолама, клоназепам, диазепам, лоразепам и карбамазепина) из модельных (синтетических) и реальных водных смесей с помощью процессов $\text{TiO}_2/\text{УФ}$ -Искусственный свет (ИС), $\text{H}_2\text{O}_2/\text{УФ}$ -ИС и $\text{TiO}_2/\text{H}_2\text{O}_2/\text{УФ}$ -ИС, используя солнечный свет и искусственное облучение. При использовании TiO_2 в суспензии наилучшие результаты были получены при $[\text{TiO}_2] = 0,1$ г/л. Система $\text{H}_2\text{O}_2/\text{УФ}$ -ИС показала лучшие результаты в кислых средах, достигая степени удаления фармацевтических препаратов от 60 до 80%. При использовании WWTP (wastewater treatment plant – установка для очистки сточных вод) степень деструкции снизилась примерно на 50% для обоих процессов, $\text{TiO}_2/\text{УФ}$ -ИС и $\text{H}_2\text{O}_2/\text{УФ}$ -ИС, что указывает на сильный матричный эффект. Было показано, что сочетание обоих процессов является адекватным подходом, поскольку степень удаления увеличилась до 90%. Систему $\text{H}_2\text{O}_2/\text{УФ}$ -ИС использовали для дезинфекции водных растворов, в то время как минерализация фармацевтических соединений была получена с помощью TiO_2 -фотокатализа. Увеличение концентрации TiO_2 приводило к более высокой степени разложения фармацевтически активных соединений, хотя более высокие количества H_2O_2 в растворе не способствовали значительному изменению скорости разложения, что указывает на то, что избыток H_2O_2 влияет на процесс. Процесс $\text{TiO}_2/\text{УФ}$ -ИС более эффективен в кислых и щелочных средах, в то время как деструкция в нейтральной среде из-за близости к TiO_2 . Для процесса $\text{H}_2\text{O}_2/\text{УФ}$ -ИС величина pH кислой области спо-

способствует повышению эффективности разложения. Фотолиза не наблюдалось, в то время как фотодеструкция под воздействием солнечного света была более эффективной, чем фотодеструкция при искусственном освещении. Таким образом, процесс фотодеструкции с использованием синтезированного TiO_2 был более эффективным при кислом pH, в то время как результаты, полученные с иммобилизованным TiO_2 , были аналогичны как в нейтральных, так и в щелочных средах. Разложение оцениваемых соединений в сточных водах было гораздо менее эффективным, поскольку другие соединения, присутствующие в сточных водах, конкурируют за радикалы, образующиеся в процессе. Дезинфекция происходила в процессе $\text{H}_2\text{O}_2/\text{УФ-ИС}$, тогда как минерализация происходила в процессе $\text{TiO}_2/\text{УФ-ИС}$. Для одновременной дезинфекции и минерализации в процессе обработки может быть использована система $\text{TiO}_2/\text{H}_2\text{O}_2/\text{УФ-ИС}$. Однако этот процесс требует дополнительно изучения.

Авторы [4] изучили разложение парацетамола путем ускоренных процессов окисления с использованием модифицированных сетчатых стекловидно-углеродных электродов с TiO_2 и $\text{CuO}/\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$. Разложение парацетамола в водных растворах в присутствии H_2O_2 осуществляли методом фотохимии, электролиза и фотоэлектролиза с использованием модифицированных сетчатых стекловидно-углеродных электродов с размерами пор 100 пор на дюйм. Электроды были покрыты катализаторами, такими как TiO_2 и $\text{CuO}/\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, путем электрофореза с последующей термообработкой. Результаты электролиза с голыми сетчатыми стекловидно-углеродными электродами показывают, что 90% разложения парацетамола происходит за 4 ч при 1,3 В относительно стандартного хлоридсеребряного электрода, образуя промежуточные продукты такие как бензохинон и карбоновые кислоты с последующей их полной минерализацией. Когда электролиз проводили с модифицированными электродами, такими как $\text{TiO}_2/\text{ССУ}$ (сетчатый стекловидный углерод), степень деструкции достигла 90% за 2 часа, в то время как с использованием системы $\text{CuO}/\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{ССУ}$ степень деструкции составила 98% всего за 1 час. Разложение также проводили в присутствии УФ, достигая 95%-ного разложения с системой $\text{TiO}_2/\text{ССУ}/\text{УФ}$ и 99%-ного с системой $\text{CuO}/\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{ССУ}/\text{УФ}$ за 1 час. Используя процесс фотохимического разложения, эффективная минерализация парацетамола в различных системах происходит в следующем порядке в течение 6-часового периода: $\text{TiO}_2/\text{УФ} > \text{CuO}/\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{УФ} > \text{УФ}$. При использовании процесса электрокатализа разложение парацетамола может быть достигнуто 90% и 98% после 1 и 2 ч реакции с помощью модифицированных электродов в системах согласно следующему порядку: $\text{CuO}/\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{ССУ} > \text{TiO}_2/\text{ССУ} > \text{ССУ}$. Фотоэлектрокаталитический процесс также способствует разложению парацетамола до 95% и 99%, а удаление общего органического углерода указывает на полную минерализацию через 60 минут реакции в следующем порядке: $\text{CuO}/\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{ССУ}/\text{УФ} > \text{TiO}_2/\text{ССУ}/\text{УФ}$. Электролиз с сетчатым стекловидным углеродом показывает присутствие промежуточных продуктов, таких как карбоновые кислоты, гидрохинон и бензохинон в значительных количествах, что приводит к низкому проценту разложения, что было подтверждено значениями

общего органического углерода. Система $\text{CuO}/\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CCU}/\text{УФ}$ способствует более быстрому превращению парацетамола непосредственно в CO_2 . Системой с наивысшей эффективностью разложения был фотоэлектродокатализ с использованием модифицированного $\text{TiO}_2/\text{CCU}/\text{УФ}$ электрода, который показывает степень разложения парацетамола 95% при эффективности по току 68%.

Таким образом, окислительная деструкция может рассматриваться как перспективный метод инактивации фармацевтических препаратов, а также как способ локальной очистки сточных вод клиник и фармацевтических производств.

Литература:

1. Немченко М.Н., Лебедева О.Е. Окислительная деструкция лекарственных веществ // Вода: химия и экология. 2011. № 6. С. 30-34.

2. Желовицкая А.В., Дресвянников А.Ф., Чудакова О.Г. Применение перспективных окислительных процессов для очистки сточных вод, содержащих фармацевтические препараты (обзор) // Вестник Технологического университета, 2015. Т. 18, № 20. С. 73-79.

3. Morgana Bosio, Suéllen Satyro, João Paulo Bassin, Enrico Saggiaro, Márcia Dezotti Removal of pharmaceutically active compounds from synthetic and real aqueous mixtures and simultaneous disinfection by supported $\text{TiO}_2/\text{UV-A}$, $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV-A}$, and $\text{TiO}_2/\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV-A}$ processes // Environmental Science and Pollution Research, 2019. V. 26. P. 4288-4299. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2108-x>

4. Arredondo Valdez H.C. Degradation of paracetamol by advance oxidation processes using modified reticulated vitreous carbon electrodes with TiO_2 and $\text{CuO}/\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ H.C. Arredondo Valdez, G. Garcia Jiméñez, S. Gutiérrez Granados, C. Ponce de Leyn // Chemosphere. 2012. 89. P. 1195-1201.

УДК 628.316.6.094.3

ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ В ВОДНЫХ СРЕДАХ

Желовицкая А.В., кандидат химических наук, доцент;

Нигматзянова Е.Р., магистр

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ»

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: в материале тезиса рассмотрен процесс фотокаталитического окисления фармацевтических препаратов из водных сред

Ключевые слова: фармацевтические препараты, деструкция, очистка воды, окислительная деструкция

PHOTOCATALYTIC OXIDATION OF PHARMACEUTICAL PREPARATIONS FROM AQUEOUS MEDIA

Zhelovitskaya A.V., candidate of chemical Sciences, assistant Professor;
Nigmatzaynova E.R., Master's
Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev–KAI
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: thesis material considers the process of photocatalytic oxidation of pharmaceuticals from aqueous media

Keyword: pharmaceuticals, destruction, water treatment, oxidative destruction

В последние десятилетия стал затрагиваться вопрос очистки сточных вод от фармацевтических препаратов. Поступление фармацевтических препаратов в водные объекты происходит с бытовыми сточными водами, сбросами промышленных и сельскохозяйственных сточных вод. Как правило, фармацевтические препараты являются токсичными, поэтому вопросы очистки таких стоков являются актуальными. Обычные способы и методы очистки (биологической) не способны разрушить данные органические соединения, поскольку по своей природе и свойствам они являются трудноокисляемыми. Поэтому разработка технологий и процессов, способных устранить эти соединения, становится очень важной. В настоящее время особую популярность набирают способы и методы окислительной деструкции, так называемые перспективные окислительные процессы (advanced oxidation processes) [1, 2]. Данные процессы считают экологически чистыми технологиями, способными достигать высоких темпов разложения органических соединений и могут выступать эффективной альтернативой традиционным методам обработки.

В настоящее время известно достаточное количество различных окислительных способов и методов деструкции органических соединений [1-4]. Перспективные окислительные процессы (технологии) основаны на генерации высоко реактивных разновидностей – гидроксильных радикалов, используемых в окислительных разрушающих процессах органических соединений, растворенных или рассеянных в водной среде. В 1987 году Глазе и др. определили перспективные окислительные процессы как «процесс близкий к температуре окружающей среды и воздействие процессов обработки воды, которые включают генерацию гидроксильных радикалов в существенном количестве, чтобы осуществить очистку воды». Перспективные окислительные процессы можно реализовывать как химическим, так и электрохимическим способами [1]. Для генерирования гидроксильных радикалов доступно несколько методов. Оба они включают нефотохимические и фотохимические методы (табл. 1). К нефотохимическим методам относятся: озонирование при повышенных рН; озон+пероксид водорода (O_3/H_2O_2); озон+катализатор (O_3/Cat); система Фентон (H_2O_2/Fe^{2+}); озон+катализатор+пероксид водорода ($O_3/Cat/H_2O_2$); сонолиз; озонированный сонолиз, сверхкритическое водное окисление. К фотохимическим

методам относятся: озон+УФ излучение ($O_3/УФ$); пероксид водорода+УФ излучение ($H_2O_2/УФ$); озон+пероксид водорода+УФ излучение ($O_3/H_2O_2/УФ$); каталитическая система $H_2O_2 - Fe^{2+}$ (Fe^{3+}), фото-Фентон/подобные фото-Фентон системы; фотокаталитическое окисление ($УФ/TiO_2$).

Таблица 1 – Типы и классификация перспективных окислительных процессов

Нефотохимические	Фотохимические
<i>Гомогенные процессы</i>	
Озонирование в щелочной среде (O_3/HO^-)	Фотолиз воды в вакуумном ультрафиолете
Озонирование с пероксидом водорода (O_3/H_2O_2)	УФ / H_2O_2
Реагент Фентона (Fe^{2+} или Fe^{3+}/H_2O_2)	УФ / O_3
Электроокисление	УФ / O_3 / H_2O_2
Электрогидравлический разряд - ультразвук	Фото-Фентон (Fe^{2+} или $Fe^{3+}/H_2O_2/УФ$)
Окисление влажного воздуха (Wet air oxidation)	
Сверхкритическое окисление воды (Supercritical water oxidation)	
<i>Гетерогенные процессы</i>	
Каталитическое окисление влажного воздуха	Гетерогенный фотокатализ: $ZnO/УФ$, $SnO_2/УФ$, $TiO_2/УФ$, $TiO_2/H_2O_2/УФ$

Эффективным методом удаления стойких органических соединений является фотокатализ. Однако, эффективность процесса фотокатализа может быть увеличена модификацией катализатора путем добавления частиц металла, например, серебра и активирована в видимом свете [3]. Авторы [3] протестировали наночастицы серебра, осажденные на TiO_2 в качестве катализатора для удаления органических молекул методом фотокатализа. Приготовление катализаторов было выполнено методом фотоосаждения. По результатам исследования удаление органического вещества увеличивается с уменьшением концентрации легирующего компонента. Способность легированного катализатора к разрушению органического вещества зависит от характеристик обрабатываемой молекулы. С помощью результатов, полученных в данной работе, было показано, что титан-серебряные катализаторы, легированные методом фотоосаждения демонстрируют изменения в своих физических и химических свойствах, что делает их привлекательными для использования в качестве поддерживаемых катализаторов. Согласно полученным результатам, было замечено, что твердые вещества имеют поглощение в области от 400 до 600 нм, что соответствует области видимого излучения. Поэтому твердые вещества потенциально могут быть использованы с естественным светом. Также показано, что количество легирующего элемента влияет на площадь поверхности и что избыток уменьшает площадь, доступную для химической реакции; однако, дисперсия серебра компенсирует это уменьшение. Аналогичным образом, масса легирующего элемента не влияет на оценку величины его пропускной способности. В данном исследовании было показано, что степень конверсии ацетаминофена превышает 80%.

В работе [4] изучены эффективность и пути деструкции метронидазола и

амоксициллина в бинарных смесях с помощью УФ/TiO₂. Присутствие амоксициллина значительно снижало деградацию метронидазола, в то время как наличие метронидазола незначительно снижало деградацию амоксициллина. В основном это объясняется разницей в способности окислителей к атаке, присутствующих в процессе фотокатализа TiO₂. В процессе фотокатализа с применением TiO₂ все окислители (гидроксильные радикалы, супероксидные радикалы и дырки) могли атаковать молекулы амоксициллина, но гидроксильные радикалы показали незначительную атакующую способность при деградации метронидазола. Присутствие амоксициллина значительно снижало деградацию метронидазола, в то время как наличие метронидазола незначительно снижало деградацию амоксициллина. В основном это объясняется разницей в способности окислителей к атаке, присутствующих в процессе фотокатализа TiO₂. И метронидазол, и амоксициллин могут быть удалены путем фотокатализа УФ/TiO₂ при среднем рН с эффективностью более 70% после 120-минутного облучения. Было обнаружено, что в бинарной смеси, благодаря способности подвергаться атаке различных окислителей на бензойное кольцо, β-лактамное кольцо и амидную связь молекулы амоксициллина оказывает большее влияние на удаление метронидазола. Это делает необходимым проведение фотокатализа в течение гораздо более длительного времени для удаления метронидазола и его промежуточных продуктов в присутствии амоксициллина. Четыре и один промежуточный продукт были обнаружены во время деградации одиночного амоксициллина и метронидазола, соответственно, что указывает на то, что гидролиз был доминирующим этапом для молекул амоксициллина, а молекулы метронидазола в основном разрушались путем окисления. В случае бинарной смеси, это исследование показало, что не только промежуточные продукты образуются под действием отдельного антибиотика, но также образуются новые продукты трансформации. Для удаления амоксициллина и метронидазола, а также общего органического углерода из водных растворов с помощью фотокатализа УФ/TiO₂, необходимы особые условия, такие как корректировка рН раствора и достаточное время облучения. Время облучения должно быть принято для достижения достаточно высокой эффективности удаления и, следовательно, полной минерализации.

Литература:

1. Stasinakis. Use of selected advanced oxidation processes (AOPs) for wastewater treatment – a mini review // Global NEST Journal, 2008. Vol. 10. № 3. P. 376-385.
2. Желовицкая А.В., Дресвянников А.Ф., Чудакова О.Г. Применение перспективных окислительных процессов для очистки сточных вод, содержащих фармацевтические препараты (обзор) // Вестник Технологического университета. 2015. Т. 18, №20. С. 73-79.
3. Aguilar C. A. Photocatalytic degradation of acetaminophen, tergitol and nonylphenol with catalysts TiO₂/Ag under UV and Vis light // International Journal of Environmental Science and Technology. 2019. V. 16. P. 843-852.

4. Mai Lien Tran Removal of metronidazole and amoxicillin mixtures by UV/TiO₂ photocatalysis: an insight into degradation pathways and performance improvement / Mai Lien Tran, Chun-Chieh Fu, Ruey-Shin Juang // Environmental Science and Pollution Research. 2019. V. 26. P. 11846-11855.

УДК 502:504

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ МАСЛОСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

Исхакова Р.Я., кандидат технических наук, доцент;
Нургалиев А.И., студент

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Статья посвящена актуальной теме – очистке сточных вод. Авторами предложен способ повышения эффективности очистки путём добавления карбонатного шлама при центрифугировании маслосодержащих сточных вод

Ключевые слова: сточные воды, очистка, шлам

OILY WASTEWATER CLEANING EFFICIENCY IMPROVING

Iskhakova R.Y., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
Nurgaliev A.I., student

Kazan State Power-Energy University
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The article is devoted to an urgent topic – wastewater treatment. The author has proposed a method to improve the efficiency of purification by adding carbonate sludge during centrifugation of oil-containing wastewater

Keywords: waste water, purification, sludge

Загрязнение водоёмов сточными водами (СВ), образующимися в процессе хозяйственной деятельности человека, является серьёзной экологической проблемой. Сточные воды, прошедшие недостаточную очистку, оказывают непосредственное негативное воздействие на состояние природных водоёмов, нарушают гидрохимический режим, изменяют видовое разнообразие водоема. При попадании загрязнённых СВ в поверхностные водоёмы происходит образование донных отложений, изменение химического состава воды, снижение содержания растворённого кислорода, что является причиной гибели гидробионтов. Поэтому очистка СВ является одной из насущных экологических проблем.

Промышленные сточные воды являются наиболее опасными для окружающей природной среды. Масло и нефтесодержащие сточные воды образуются в различных отраслях промышленности, таких как нефтедобыча и нефтеперера-

ботка, металлургическая промышленность, транспортное сообщение и мойка транспорта и пр. По причине различных источников возникновения загрязненных сточных вод количество и состав масла - и нефтесодержащих сточных вод различны. Загрязненные маслосодержащие сточные воды представляют собой эмульсию, состоящую из двух взаимно нерастворимых жидкостей, одна из которых (масла и жиры) распределена в другой в виде мельчайших капель.

Существуют различные способы очистки масло-эмульсионных сточных вод: механические методы очистки (процеживание, отстаивание, фильтрование и пр.); химические методы (озонирование, нейтрализация); физико-химические методы очистки сточных вод (коагуляция, флотация, сорбция, экстракция). Сочетание нескольких существующих способов очистки маслосодержащих сточных вод позволяет производить очистку загрязненных сред с максимальной эффективностью.

Предлагается применение отхода производства – карбонатного шлама водоподготовки, образующегося на тепловых электрических станциях для использования как добавки при центрифугировании маслосодержащих сточных вод.

Экспериментальные исследования проводили на двух модельных растворах, в которых использовалось отработанное моторное масло с плотностью – 857 г/дм³, концентрация масла в которых составляла 1,75 г/дм³. В один из модельных растворов дозировали 1 г карбонатного шлама водоподготовки с предварительным взбалтыванием. Далее растворы подвергались центрифугированию на лабораторной центрифуге в течение 1 минуты при частоте вращения 500 об/мин. Для оценки эффективности очистки и изменения концентрации масла был проведен гравиметрический анализ при экстрагировании петролийным эфиром [1].

Массовую концентрацию экстрагированных веществ, X_1 (мг/дм³) рассчитывали по формуле:

$$X_1 = \frac{(m_1 - m_2) \cdot V_2 \cdot 1000}{V_1 \cdot V}$$

Итоговая концентрация жиров в модельных растворах со шламом и без составляет 155,72 мг/ дм³ и 226,07 мг/дм³ соответственно.

По результатам исследования было выявлено, что дозирование шлама в модельные маслосодержащие растворы при центрифугировании повышает эффективность очистки маслосодержащих сточных вод.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда №18–79–10136 <https://rscf.ru/project/18-79-10136/>

Литература:

1. Количественный анализ вод. Методика измерений массовой концентрации жиров в поверхностных и сточных водах гравиметрическим методом / ПНД Ф 14.1:2.122-97 / С.А. Хахалин. Москва 2011.
2. Очистка сточных вод /Владимирский гос. университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых; / Виткалова И. А., Чижова Л.А. Владимир 2017.

ОСОБЕННОСТИ УДАЛЕНИЯ БОРА ПРИ ОПРЕСНЕНИИ ВОДЫ КАРСКОГО МОРЯ

Гречушкин А.Н., кандидат технических наук, доцент;

Ковалева П.В., магистр

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени
Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»
(г. Москва, Российская Федерация)

Аннотация: Одним из способов удаления бора – двухступенчатый обратный осмос. Но необходимо повышение надежности, экономичности при сохранении эффективности. Цель работы: исследование снижения концентраций бора при опреснении обратным осмосом в одну ступень.

Ключевые слова: опреснение, обратный осмос, Карское море, повышенное содержание бора.

PECULIARITIES OF BORON REMOVAL DURING WATER DESALINATION OF THE KARA SEA

Grechushkin A.N., Candidate of Technical Sciences, Associate professor;

Kovaleva P.V., magister

Bauman Moscow State Technical University (National Research University)
(Moscow, Russian Federation)

Annotation: One of the ways to remove boron is a two-stage reverse osmosis. But it is necessary to increase reliability, efficiency while maintaining efficiency. The purpose of the work: to study the decrease in boron concentrations during desalination by reverse osmosis in one stage.

Keywords: desalination, reverse osmosis, Kara Sea, high boron content.

Растущий мировой дефицит пресной воды, может быть скомпенсирован опреснением морской. Одним из современных способов снижения общей минерализации до требуемых значений является обратный осмос (ОО). Обратный осмос (ОО) – баромембранный метод, при котором происходит опреснение минерализованных вод, при их пропускании через полупроницаемую перегородку – мембрану, за счет приложенного давления, превышающего осмотическое.

Состав морской воды разнообразный и многокомпонентный и во многом зависит от географических координат. К наиболее важным особенностям состава воды Карского моря можно отнести: высокое солесодержание (15-25 г/л), значительные концентрации бора (до 4,5-5 мг/л), особо низкая температура. Данные особенности ведут и к некоторым сложностям в достижении качества питьевой воды по нормативным показателям, и к удорожанию самой установки.

Поэтому необходимо найти оптимальное решение для системы обессоливания морской воды, при котором будут достигаться нормативные значения по основным показателям с наименьшими энергозатратами.

Отталкиваясь от значений общего содержания (для корректного расчета необходимо обладать сведениями об ионном составе), можно получить принципиальную схему блока опреснения ОО. Но, ввиду повышенных концентраций бора в исходной воде, конфигурация и структура схемы может значительно отличаться. Из-за этого капитальные и эксплуатационные затраты заметно увеличиваются. Поэтому особое внимание следует уделить селективности мембран к бору и изучить влияние рН и температуры исходной воды Карского моря на данный параметр.

Бор содержится в воде в виде борной кислоты (H_3BO_3), которая, будучи слабой, лучше диссоциирует при высоких значениях рН. Как известно, обратноосмотические мембраны хорошо задерживают гидратированные ионы солей, но плохо задерживают электронейтральные молекулы. Поэтому селективность обратноосмотических мембран по бору возрастает при повышении значения рН обрабатываемой воды [1]. Но, следует отметить, что при повышении рН исходной воды может идти интенсивное образование осадка карбоната кальция на мембранах. В связи с этим возникают трудности в поисках компромисса между доведением концентраций бора до нормативных значений в питьевой воде и рациональным использованием обратноосмотических мембран без заметного увеличения размеров и стоимости установки.

При содержании бора в природных водах на уровне 4-5 мг/л рекомендуется использовать двухступенчатую систему обессоливания для обеспечения нормативных значений [2]. Но при такой схеме затрачивается большее количество мембранных элементов, а также требуется второй насос для повышения давления. Также необходима реагентная обработка перед входом потока в каждую ступень. С целью снижения стоимости установки было рассмотрено другое технологическое решение – опреснение воды Карского моря в одну ступень.

Рассматриваемый опреснительный комплекс относится к классу сложных систем, который характеризуется значительным числом взаимосвязанных параметров. Для таких систем чрезвычайно полезным инструментом на стадии проектирования является математическое моделирование. Обычно разработка установок обратноосмотического опреснения производится с помощью программного обеспечения, рекомендованного производителем мембранных элементов и включающего в себя характеристики мембранных элементов. Для анализа был выбран программный продукт «IMSDesign» компании Hydronautics. При моделировании процесса использовались высокоселективные мембранные элементы – SWC5-LD. В работе была рассчитана конфигурация, состоящая только из одной ступень обратноосмотического опреснения.

На основе полученных данных программы были построены графики зависимости селективности мембран по бору от различных значений рН и температуры.

Первоначально было определено, что нормативные показатели по бору

достигаются при значении рН равном 8,2. Дальнейшее повышение рН не является целесообразным как по технологическим, так и по экономическим показателям.

Другим важным параметром, который в значительной мере оказывает влияние на селективность мембран по бору, является температура. Так как Карское море относится к морям Северного Ледовитого океана, значение температуры варьируется от минусовых до 0°C. Обратноосмотические мембраны не применяются при температурах ниже 5°C. Поэтому исходную воду в любом случае необходимо нагревать. При выбранной конфигурации мембранного блока и значении рН (рН=8,2) производился анализ и построение зависимости селективности мембран к бору от температуры (рисунок 1). Можно заметить, что при повышении температуры на 1°C селективность мембраны по бору снижается на 1%. Снижение бора до нормативных значений (0,5 мг/л) достигается при более низких значениях температуры. Однако, следует помнить, что с понижением температуры происходит падение производительности, что, в свою очередь, связано со снижением скорости диффузии потока через обратноосмотическую мембрану. Оптимальным, в данном случае, будет диапазон температур от 5°C до 10°C (дальнейшие концентрации бора значительны относительно нормативных значений).

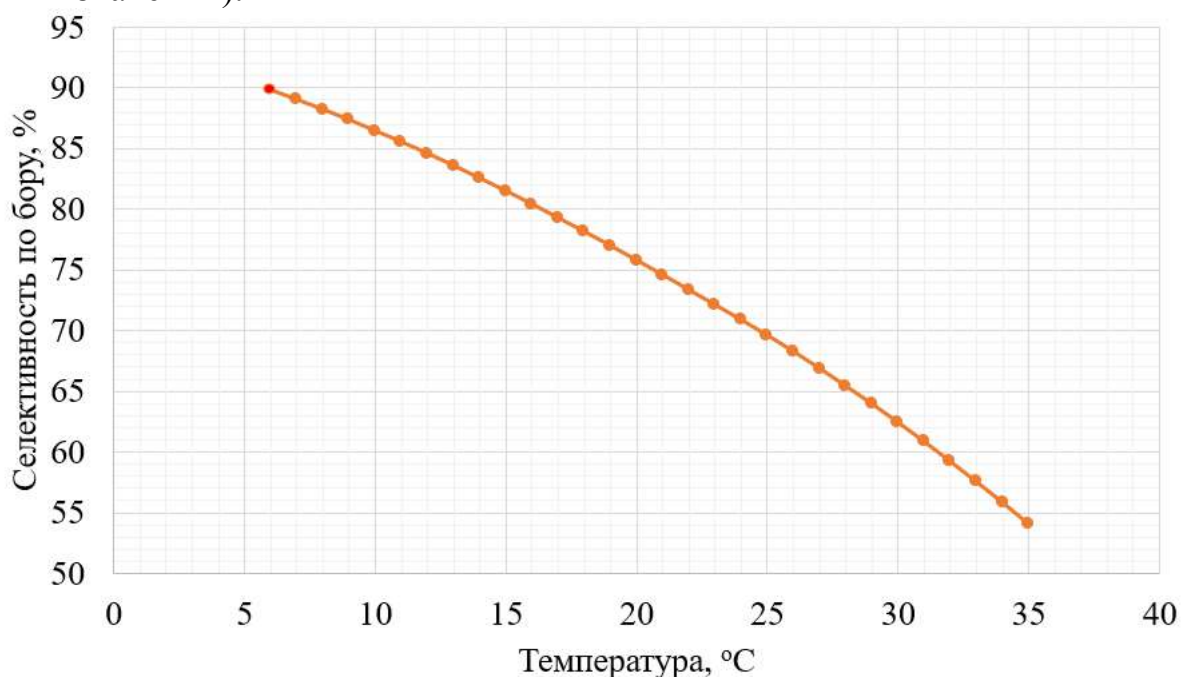


Рисунок 1 – Зависимость селективности мембран к бору от температуры при значении рН=8,2

Итак, удаление бора из морской воды является достаточно серьезным вопросом в водоподготовке. При опреснении морской воды конфигурации могут быть самые разнообразные, необходимо опираться на состав воды и требования, предъявляемые к установке. При опреснении воды Карского моря, более целесообразным будет использовать одноступенчатую обратноосмотическую установку, так как при пониженных температурах на неборселективных мем-

бранах возможно снижение концентраций бора до нормативных значений с предварительным подщелачиванием. Также такое технологическое решение позволяет снизить капитальные и эксплуатационные затраты, а сама установка требует меньших площадей для размещения.

Литература:

1. Дытнерский Ю. И. Обратный осмос и ультрафильтрация. М.: Химия, 1978. 351 с.
2. Технический справочник по обработке воды: в 2 т.: пер. с фр. / под ред. М. И. Алексеев и др. 2-е изд. СПб.: Водоканал Санкт-Петербурга: Новый журн., 2007. Т.1. 1694 с.

УДК 613.155

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УВЛАЖНЕНИЯ ВОЗДУХА ДЛЯ БЫТОВЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Кулебякин С.Д., магистрант;
Навасардян Е.С., доктор технических наук, профессор;
Симакова Е.Н., кандидат педагогических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени
Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»
(г. Москва, Российская Федерация)

Аннотация: В статье приведен обзор нормативных документов, устанавливающих требования к качеству воздуха на производстве и в быту. Сформулированы основные нормативные требования к влажности воздуха. Приведены санитарные обоснования этих требований и описано влияние сухого воздуха на организм человека. Проведён обзор научно-периодических источников и оценены современные технологии увлажнения, используемые как в бытовых, так и промышленных условиях. Подробно описаны наиболее распространённые устройства увлажнения. Определены и сформулированы критерии эффективности этих систем. Сделаны выводы относительно эффективности разных систем.
Ключевые слова: Требования к качеству воздуха, влажность воздуха, системы увлажнения воздуха, испарители, сухой воздух.

MODERN TECHNOLOGIES OF AIR HUMIDIFICATION FOR DOMESTIC AND INDUSTRIAL PREMISES

Kulebyakin S.D., Navasardyan E.S., Simakova E.N.
Bauman Moscow State Technical University (BMSTU)
(Moscow, Russian Federation)

Annotation: The article provides an overview of regulatory documents that establish requirements for air quality in production and at home. The main regulatory requirements for air humidity formulated. Sanitary justifications for these requirements are given and the effect of dry air on the human body described. A review of scientific periodicals carried out, modern humidification technologies used both in domestic, and industrial conditions evaluated. The most common humidification devices described in detail. Criteria for the effectiveness of these systems defined and formulated. Conclusions drawn regarding the effectiveness of different systems.

Keyword: Air quality requirements, air humidity, air humidification systems, evaporators, dry air.

В России и мире промышленным системам увлажнения воздуха практически не уделяется внимание, несмотря на негативное влияние слишком низкой или слишком высокой влажности на здоровье человека. Для нашей страны, актуальности добавляет тот факт, что больше половины года (когда температура на улице заметно ниже, чем в помещениях), человек находится в условиях очень сухого воздуха, что не может не сказываться на здоровье.

Главный документ, устанавливающий требования к качеству воздуха в производственных помещениях – СанПиН 2.1.3685-21.

При разработке и последующем внедрении новых технологических процессов и устройств документ предписывает необходимость обоснования их безопасности и разработки методов осуществления контроля за состоянием атмосферного воздуха.

Помимо этого, существуют государственные стандарты, такие как ГОСТ Р 54578-2011 Воздух рабочей зоны и ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны, устанавливающие содержание аэрозолей и паров в воздухе на производстве.

В соответствии с санитарными нормами микроклимата производственных помещений, наряду с прочими показателями, характеризующими микроклимат, учитывается относительная влажность [1].

Оптимальные параметры распространяются на всю рабочую зону, для относительной влажности это 40-60%, а допустимая варьируется в зависимости от сезона и тяжести работ – от 75% в тёплое время года, до 55% в жарком помещении при легких работах воздуха [2].

В сухом воздухе частицы пыли или микроорганизмы могут электризоваться и практически не оседать, в следствие этого риск попадания этих частиц в дыхательные пути возрастает.

Пересыхание слизистых оболочек приводит к ослаблению местного иммунитета. Сухой воздух подавляет способность иммунной системы реагировать на воздействие патогенных микроорганизмов [3].

Согласно ГОСТ 22270-2018, увлажнители воздуха могут быть различных типов. Принцип их действия основан на растворении водяного пара в воздухе и повышении содержания в нём влаги [4]. Некоторые конструкции помимо увлажнения, также инициируют процесс абсорбции растворимых веществ в во-

дяном слое. Этот процесс улучшает качество воздуха, дополнительно избавляя его от загрязнений.

Форсуночные: в испарителях данного типа вода распыляется форсунками под большим напором.

Подготовленная вода под давлением порядка 60-70 атмосфер подаётся на форсунки, где на выходе распыляется до состояния аэрозоля, который быстро растворяется в воздухе.

Ключевым достоинством этой системы является её относительная простота и высокая эффективность [5].

Но при этом внедрение данной системы требует серьезных капитальных затрат, вода перед распылением должна практически не иметь примесей, проще говоря быть дистиллированной, в ином случае срок службы форсунок значительно снизится.

Плёночные и пористые:

Плёночные — увлажнение воздуха происходит при соприкосновении со смоченной поверхностью насадки.

Пористые — увлажнение воздуха происходит вследствие испарения воды с поверхности влажного пористого материала.

На рынке представлены так называемые мойки воздуха, устройства, совмещающие увлажнение и очистку воздуха. Они представляют собой корпус, внутри которого расположен вентилятор, ёмкость с водой и пакет вращающихся дисков, частично погруженных в воду

Пористые диски частично погружены в поддон с водой, в процессе вращения его поверхность становится влажной. Нагнетаемый вентилятором поток воздуха, проходя через увлажнённые пластины испаряет часть влаги, при этом частицы пыли, содержащиеся в этом воздухе, наоборот оседают на поверхности дисков.

Существенным недостатком данной конструкции является необходимость довольно частого (каждые 3 - 4 дня) обслуживания увлажнителя, поскольку внутри него неизбежно скапливается грязь и вероятно развитие патогенных микроорганизмов [6].

Плюсом данной конструкции является её простота и низкий уровень шума.

Адиабатический:

Одним из смежных типов является адиабатический увлажнитель, его принцип основан на пропускании сухого воздуха через смачиваемую пористую поверхность, при этом качество воды имеет значение, поскольку в случае избытка солей, на поверхности пористого материала будет образовываться налёт, препятствующий дальнейшему испарению. Помимо этого, на материале будут оседать частицы пыли, что в конечном итоге будет требовать обслуживания пористой вставки [7].

Данные системы довольно часто используются в промышленности, как дешёвая и менее требовательная к качеству воды альтернатива форсуночным увлажнителям.

Кипятильные и паровые:

Кипятильные – увлажнение воздуха происходит вследствие испарения и кипения воды, организованного с помощью нагревательного элемента.

Паровые — водяной пар от центрального или собственного источника подаётся непосредственно в поток воздуха.

Такие увлажнители обычно используются в отсутствие альтернативы или при наличии больших излишков тепла. В ином случае термическое испарение воды экономически нецелесообразно ввиду больших энергозатрат. При этом имеется гарантия отсутствия в испарителе микроорганизмов, что можно назвать плюсом.

Ультразвуковой: наиболее распространённый на рынке вид увлажнителя.

Принцип работы основан на испарении жидкости с поверхности пьезоэлектрической мембраны, далее пар смешивается с нагнетаемым вентилятором сухим воздухом и выбрасывается в помещение.

Такая конструкция экономична и практически бесшумна, однако имеет достаточно низкую производительность и подходит только для небольших по объёму помещений [7].

При этом требование к качеству воды остаются достаточно высокими, хоть и не такими, как для форсуночных испарителей.

По результатам проведенного обзора современных систем увлажнения воздуха можно сделать вывод о наличии широкого спектра достаточно эффективных систем увлажнения воздуха, лучшими из которых являются форсуночные. Однако, данные устройства несмотря на целый ряд достоинств имеют такие недостатки как высокая стоимость, сложность конструктивного исполнения, необходимость регулярного технического обслуживания. Именно поэтому форсуночные увлажнители широко не внедряются в системы промышленной вентиляции.

Литература:

1. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

2. ГОСТ 12.1.005-88. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

3. URL: <https://40to60rh.com/ru/> (дата обращения: 21.04.2022).

4. ГОСТ 22270-2018. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования. Термины и определения.

5. URL: <https://www.tria-komm.ru/article/spray-humidifiers-for-adiabatic-humidification/> (дата обращения: 23.04.2022).

6. URL: <https://tehnika.expert/dlya-zdorovya/ochistitel-vozduxa/mojka-vozduxa.html/> (дата обращения: 24.04.2022).

7. Трофимов И.П., Угорова С.В. Современное оборудование для увлажнения воздуха // НАУ. 2020. №51-1. С. 51.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦЕНТРОБЕЖНО-ФЛОТАЦИОННОГО МЕТОДА

Мингазетдинов И.Х.¹, кандидат технических наук, доцент;
Абдуллина П.А.², обучающийся

¹ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева – КАИ»

²МБОУ «Лицей №145»

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Предложена схема очистки сточных вод от взвешенных частиц, в которой совмещаются методы центробежной сепарации, фильтрации и флотации, причем, флотация обеспечивается за счет эжекции атмосферного воздуха, а удаление флотационной пены осуществляется лопастями при вращении центробежного ротора.

Ключевые слова: центробежные вращение, эжекция, фильтрация, флотация.

WASTEWATER TREATMENT USING THE CENTRIFUGAL FLOTATION METHOD

Mingazetdinov Id.Kh.¹, candidate of technical sciences, associate professor,
Abdullina P.A.², the student

¹Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev

²Municipal budgetary general education institution «Lyceum 145»

(Kazan, Russian Federation)

Annotation: A scheme for wastewater treatment from suspended particles is proposed, in which the methods of centrifugal separation, filtration and flotation are combined, moreover, flotation is provided by atmospheric air ejection, and flotation foam is removed by blades during rotation of the centrifugal rotor.

Keyword: centrifugal rotation, ejection, filtration, flotation.

Очистка промышленных сточных вод от взвешенных загрязнителей представляет важную экологическую задачу. Решение этой задачи позволит для ряда технологических процессов организовать оборотные системы водоснабжения, что существенно уменьшит водопотребление [1].

Для очистки сточных вод от взвешенных веществ широкое применение находит центробежная сепарация, при которой от воды отделяются крупные и средние частицы. Мелкие частицы загрязняющих веществ, а также легкие фракции (масла, смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ, ПАВ) остаются в воде и для их отделения требуется дополнительное устройство с использованием метода флотации [2,3]. Использование флотатора требует дополнительных ма-

териальных затрат, компрессора с воздуходувкой, транспортера для удаления флотационной пены.

Разработана конструктивная схема устройства очистки сточных вод, совмещающая в одном агрегате центробежное разделение, флотацию и удаление флотошлама, без дополнительных систем подачи воздуха. Устройство представляет собой цилиндрический напорный гидроциклон (рис. 1).

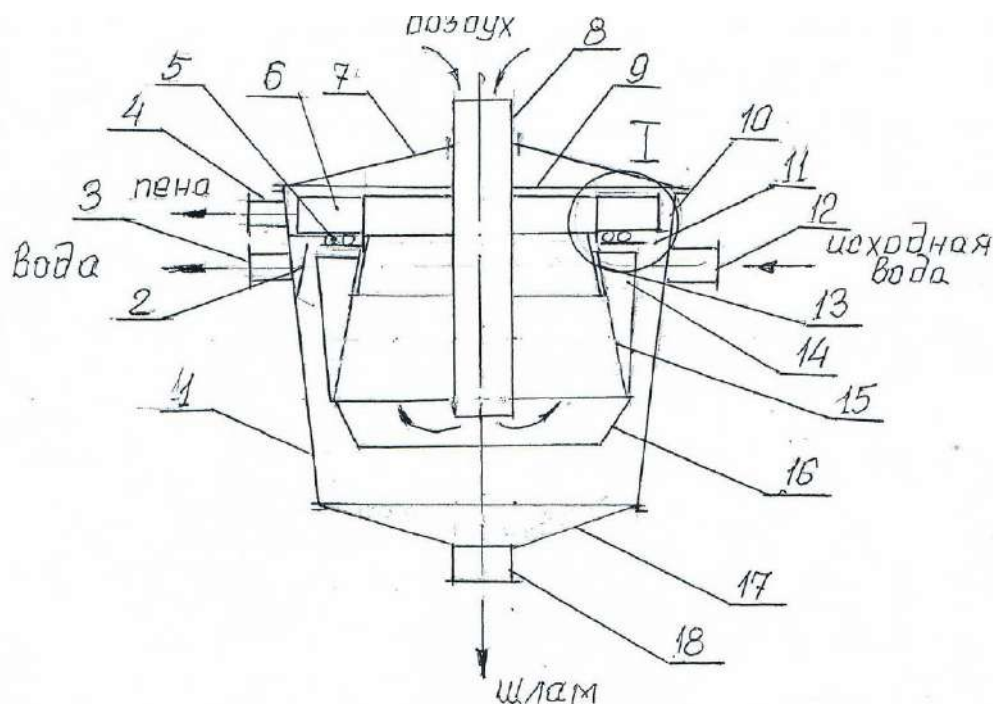


Рисунок 1 – Устройство очистки сточных вод

В верхней крышке гидроциклона установлена центральная труба, коаксиальная корпусу. Центральная труба выполнена подвижной в осевом направлении. Внутри корпуса, вокруг центральной трубы расположен внутренний патрубок-флотатор, на котором расположены лопасти флотатора 14, имеющие кривизну и находящиеся в зоне тангенциального подвода исходной воды через патрубок 12. Патрубок-флотатор 14 подвешивается на кольцевую опору, отделяющую пространство корпуса от камеры флотошлама, на подшипниках вращения. Нижняя часть патрубка-флотатора выполнена в виде фильтровального конуса, который заканчивается ограничительная юбка 16. Выше подшипникового узла, в зоне камеры флотошлама имеются лопасти 6, которые вращаясь, удаляют пену через патрубок 4, установленные тангенциально вращению лопастей. Устройство работает следующим образом. Исходная вода, загрязненная взвешенными веществами поступает тангенциально под давлением через патрубок 12 в корпус 1. Поступившая закрученная жидкость оказывает давление на лопасти 14, закрепленные на патрубок-флотаторе 13, который начинает вращаться в подшипниках 5, установленных на круговых кольцах корпуса 1. Выше уровня подшипников 5, корпус патрубка флотатора 13 проходит в пространство пеносборника 10, где расположены лопасти 6. Вращение лопастей 6 обеспечивает удаление флотационной пены через патрубок 4, установленный тангенци-

ально к корпусу пеносборника, совпадающим с направлением вращения лопастей 6. Давление подачи и скорость поступления исходной воды выбирается таким образом, чтобы в центре трубы 8 образовался воздушный поток, в котором давление воздуха будет ниже атмосферного. Вследствие этого в трубе 8 образуется воздушный столб [3]. Эжектируемый по трубе 8 воздух, у нижнего среза трубы вовлекается в восходящий поток воды и в виде флотируемых пузырьков поднимается в пеносборную камеру, увлекая с собой оставшиеся средние и мелкие частицы загрязнителей. Крупные частицы под действием центробежных сил отбрасываются к внутренней стенке корпуса 1, и далее в виде слоя шлама, сползают к нижнему днищу 17 и удаляются через патрубок 18.

Наличие фильтровальной сетки 15, являющаяся продолжением корпуса-флотатора 13 является дополнительным элементом очистки воды от взвешенных загрязнителей.

Следует отметить, что конфигурация лопастей 14 выполнена с аэродинамической кривизной, представляющей элементы вертикального шнека, расположенного вдоль вертикальной оси корпуса. Такое выполнение лопастей вызывает эффект ввинчивания вверх патрубка-флотатора 13 вверх и отбрасывание поступающей воды вниз. Этот процесс помогает значительно разгрузить осевое усилие, действующее на подшипники 5 и интенсифицирует процесс отбрасывания крупных частиц к стенке корпуса.

Поступающая загрязненная вода подвергается действию центробежных сил, фильтрации и флотации в одном аппарате, очищаясь выходит из устройства и подается потребителю. Вследствие этого, качества очистки повышается, при существенном упрощении схемы очистки.

Литература:

1. Мальцева С.А., Григорьева И.Г. Очистка сточных вод гальванического производства и обезвоживания гальваношламов для уменьшения эксплуатационных затрат при дальнейшей их утилизации. В сборнике: XV Всероссийская конференция "Химия и инженерная экология" с международным участием. Сборник докладов. 2015. С. 94-97.

2. Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник. Т.2.-Калуга. Изд.Н.Бочкаревой.2003г.-884с.

3. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков. Учебное пособие (Д.А.Кривошеин, П.П.Кукин, В.Л.Лапин и др.) М. Высшая школа, 2003. 344с.

4. Устройство центробежно-флотационной очистки сточных вод. Заявка на полезную модель №2022117746.

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ МАСЕЛ, НЕФТИ, НЕФТЕПРОДУКТОВ

Мингазетдинов И.Х.¹, кандидат технических наук, доцент;

Конюхова С.Д.², обучающийся

¹ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева – КАИ»

²МБОУ «Лицей №145»

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Рассмотрены виды и состав загрязнителей в производственных сточных водах. Предложено устройство очистки от масел, нефти, нефтепродуктов, с использованием ленточного пористого поглотителя, с непрерывной регенерацией с использованием ультразвука и регулированием уровня жидкости в рабочей емкости.

Ключевые слова: сточные воды, загрязнители, очистка, регенерация, ультразвук, регулятор уровня.

DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR WASTEWATER TREATMENT FROM OIL PRODUCTS

Mingazetdinov Id.Kh.¹, candidate of technical sciences, associate professor,

Konyukhova S.D.², the student

¹Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev

²Municipal budgetary general education institution «Lyceum 145»

(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The types and composition of pollutants in industrial wastewater are considered. A device for cleaning from oils, oil, oil products is proposed, using a porous belt absorber, with continuous regeneration using ultrasound and regulation of the liquid level in the working tank.

Keyword: wastewater, pollutants, purification, regeneration, ultrasound, level controller.

Сточные воды нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих отраслей содержит значительное количество нефти, нефтепродуктов, масел (от 0,2 м³/т ÷ до 1,3 м³/т) на каждую тонну перерабатываемой нефти [1]. Для очистки сточных вод от таких загрязняющих веществ существуют две схемы, взаимно дополняющие друг друга. Одна схема очистки содержит несколько этапов механической и физико-химической очистки (нефтеловушки, отстойники, флотаторы, песчаные фильтры и др.) и в дальнейшем, вода возвращается в оборотную систему водоснабжения. Другая схема очистки, после ряда механических мето-

дов, содержит систему биологической очистки (азротенки, биофильтры). Каждая схема имеет свои достоинства и недостатки. Для совершенствования методов физико-химической очистки. Разработано устройство [2], которая может найти применение в обеих схема очистки сточных вод. Устройство представляет собой бак, в котором имеется (установлена) система сбора загрязнений с поверхности жидкости в виде замкнутой ленты из волокнисто-пористого поглощающего ячеистого материала (ВПЯМ), которая перемещается по роликам по поверхности очищаемой воды (рис. 1).

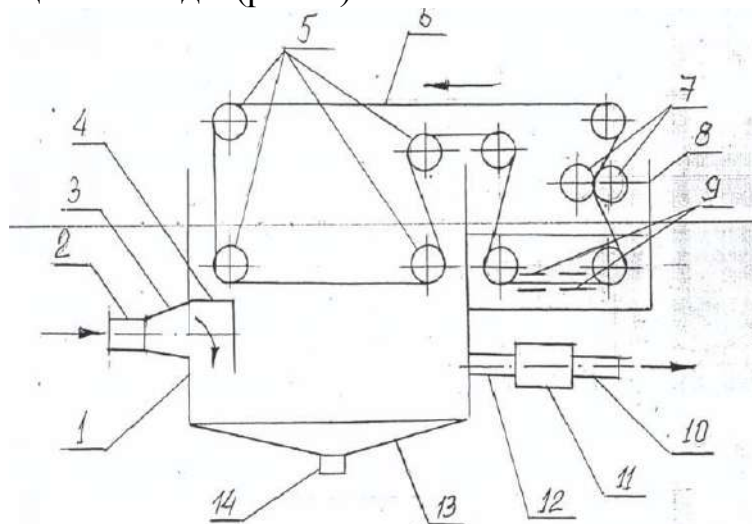


Рисунок 1 – Устройство для очистки сточных вод от масел, нефти, нефтепродуктов

При передвижении по поверхности жидкости гидрофобный материал ВПЯМ впитывает в себя нефтепродукты, масла. После выхода ленты из зоны поглощения загрязнителей, лента по роликам перемещается в бак регенерации, где подвергается воздействию ультразвука и механическому обжиму, и опять возвращается в бак, в зону поглощения загрязнителей. Для достижения высокой производительности процесса очистки воды, в баке реализуется проточная вода, с непрерывным поддержанием определенного уровня жидкости, гарантирующего постоянный контакт зоны масел и нефтепродуктов с лентой ВПЯМ. Однако, в процессе эксплуатации, исходя из производственных задач, расход очищаемой воды может существенно влиять на уровень жидкости в баке. Для обеспечения постоянного контакта ленты ВПЯМ с поверхностью жидкости в устройстве предусмотрен регулятор уровня воды в баке в виде рычажно-поршневой системы, обеспечивающей постоянство уровня воды в баке автоматически. Инженерное проектирование установки проводят на основе исходных данных технологического процесса (общий расход сточных вод $Q_{исх}$ [$м^3/ч$] и начальная концентрация загрязняющих веществ $Q_{нач}$ [$мг/м^3$]). Выбирая конструктивные размеры бака, необходимо их увязать с характеристиками поглощающей ленты ВПЯМ. При большой глубине бака, всплывающие нефтепродукты могут образовать толстый слой загрязняющих продуктов, что вызывает необходимость большой толщины ленты ВПЯМ и затруднит поглощение нефтепродуктов всей толщиной ленты. При малой глубине бака толщина слоя

нефтепродуктов будет значительно меньше, однако, это потребует существенного увеличения габаритов бака и усложнит всю систему передвижения ленты по роликам. Наиболее рациональным представляется выбор габаритов бака таким, чтобы слой загрязнителей на поверхности воды не превышал 10 - 15 мм. При выбранных габаритах бака, необходимо определить скорость протягивания ленты ВПЯМ по роликам. Для этого необходимо, для конкретного материала ленты и вида и характера загрязняющих веществ, экспериментально определить экспоненту насыщения ленты (рис. 2).

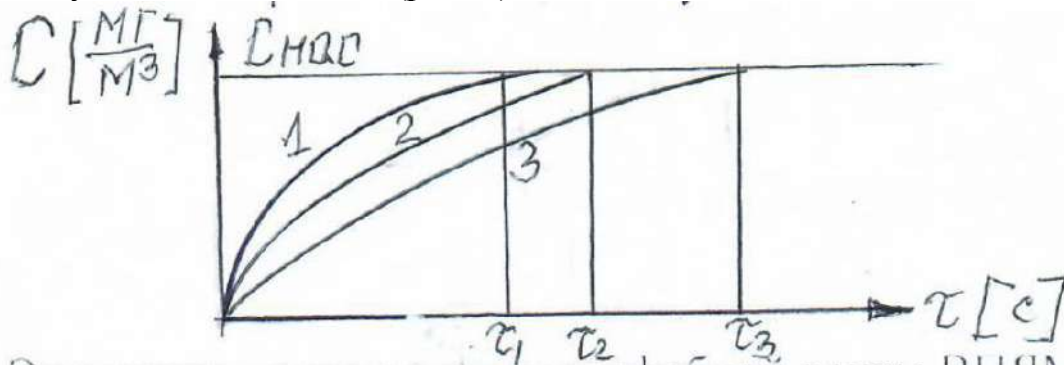


Рисунок 2 – Экспонента поглощения гидрофобной ленты ВПЯМ нефтепродуктов: 1, 2, 3 - различные материалы ВПЯМ; τ_1, τ_2, τ_3 - время сорбции до полного насыщения

На основе полученной кривой сорбции зная τ_i можно выбрать скорость протяжки ленты в зоне поглощения:

$$\dot{U}_л = L/\tau \quad (1)$$

где $\dot{U}_л$ [мм/с] - скорость протяжки ленты, L [мм] – расстояние между роликами в зоне поглощения, τ_i – время насыщения ленты [с].

После прохождения зоны сорбции, лента ВПЯМ, насыщенная нефтепродуктами, по роликам направляется в бак регенерации. Регенерация реализуется последовательно в несколько этапов. В баке регенерации содержится рабочий промывной раствор, в качестве которого может быть водный раствор глицерина либо поверхностно-активные вещества ОП-7. Отмечается перспективным использование псевдоэмульсий, состоящих из щелочных растворов (Na_2CO_3) с 10%, бензина [3].

Внутри жидкости расположены плоские ультразвуковые излучатели, между которыми протягивается лента ВПЯМ. Диапазон ультразвуковых колебаний составляет 40 - 44 кГц. В зоне воздействия УЗ излучений возникают кавитационные пузырьки, которые пульсируют, схлопываются, образуются новые и за счет этого в жидкости возникают интенсивные микропотоки, заходящие внутрь ячеек сорбционной ткани. Связь между тканью и загрязняющими веществами разрушается от воздействия этих потоков. После воздействия ультразвуковых кавитационных колебаний, лента попадает в зону обжимных роликов, где подвергается механическому воздействию регенерации. После механического удаления нефтепродуктов лента ВПЯМ попадает в зону форсунок, подающих под давлением горячую воду или водяной пар, окончательно смывая

остатки нефтепродуктов в бак регенерации. Жидкость из бака регенерации с большим содержанием нефтепродуктов необходимо периодически удалять, заменяя на обновленный состав. Использованная рабочая регенерационная жидкость может быть использована как добавка к жидким топливам. Очищенная лента ВПЯМ по роликам направляется обратно в основной бак.

После выбора габаритов ванны, скорости протяжки ленты ВПЯМ, параметров и характеристик процессов регенерации, необходимо проводить настройку регулятора уровня воды в баке. В сливном трубопроводе основного бака установлен гидроцилиндр с поршнем. Положение поршня определяется соотношением трех сил: сила сжатия пружины, сила давления воды и сила рычажной тяги, которую можно регулировать. Предварительно положение поршня устанавливают на заданный уровень воды в баке, путем регулирования положения тяги. В зависимости от этого система рычагов устанавливает площадь проходного сечения сливного трубопровода с использованием ирисовой диафрагмы.

После настройки регулятор уровня работает автоматически, поддерживая необходимый материальный баланс в баке:

$$Q_{\text{прит}} = Q_{\text{отв}}, \quad (2)$$

где $Q_{\text{прит}}$ - объемный расход приточной воды, $Q_{\text{отв}}$ - объемный расход удаляемой воды.

Если $Q_{\text{прит}} > Q_{\text{отв}}$, то уровень воды в баке будет возрастать (в пределах регулирования), давление на поршень в гидроцилиндре будет увеличиваться, что изменит положение тяги и система рычагов увеличит площадь сливного отверстия, больше открывая ирисовую диафрагму, до достижения необходимого баланса расходов.

Если $Q_{\text{прит}} < Q_{\text{отв}}$, то давление воды на поршень будет уменьшаться, пружина будет перемещать поршень ниже, изменяя положение тяги, вследствие чего система рычагов будет уменьшать площадь сливного отверстия, прикрывая ирисовую диафрагму. Таким образом, использование предложенного устройства, обеспечивает непрерывную регенерацию и автоматическое регулирование, позволит обеспечить высокое качество очистки сточных вод от масел, нефти, нефтепродуктов.

Литература:

1. Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник. Т. 2. Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2003. 884 с.
2. Устройство для очистки сточных вод от масел, нефти, нефтепродуктов. Мингазетдинов И.Х, Лисин Р.А, Конюхова С.Д. Заявка на патент РФ Приоритетная справка № 2020142452 от 21.12.2020.
3. Физические основы ультразвуковой технологии / Под ред. Л.Д. Розенберга. М.: Наука, 1970. 688 с.
4. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков: учебное пособие / Д.А. Кривошеин, П.П. Лапин и др. М.: Высшая школа, 2003. 344 с.

УСТРОЙСТВО КОМБИНИРОВАННОЙ ОЧИСТКИ И УДАЛЕНИЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ С ПОВЕРХНОСТИ ВОДОЕМОВ

Мингазетдинов И.Х.¹, кандидат технических наук, доцент;

Сергеев Р.С.², обучающийся

¹ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ»

²МБОУ «Лицей №145»

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Разработано устройство локальной очистки водоемов от нефти и нефтепродуктов плавающим агрегатом с использованием бесконечной перфорированной ленты с сорбентом при непрерывной регенерации ленты отжимом и воздействием ультразвука с принудительной прокачкой жидкости.

Ключевые слова: сточные воды, загрязнители, отжим, ультразвук, прокачка.

DEVICE FOR COMBINED CLEANING AND REMOVAL OF OIL AND PETROLEUM PRODUCTS FROM WATER SURFACES

Mingazetdinov Id.Kh.¹, candidate of technical sciences, associate professor,

Sergeev R.S.², the student

¹Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev

²Municipal budgetary general education institution «Lyceum 145»

(Kazan, Russian Federation)

Annotation: A device has been developed for local purification of water bodies from oil and oil products by a floating unit using an endless perforated belt with a sorbent with continuous regeneration of the belt by squeezing and exposure to ultrasound with forced pumping of liquid.

Keyword: sewage, pollutants, extraction, ultrasound, pumping.

Добыча, переработка и транспортировка нефти и нефтепродуктов часто сопровождается разливом этих продуктов по поверхности водоемов, очистка которых представляет важную экологическую и техническую задачу. Участки водоемов с загрязнителями ограничивают различными буями и перекачивают воду с нефтепродуктами в специальные горизонтальные емкости, оборудованные транспортерами с нефтеловушками [1]. Для упрощения сбора нефти, как с поверхности водоемов, так и сборных емкостей, разработано устройство, оборудованные поплавками, имеющее возможность перемещаться по поверхности. Устройство выполнено по схеме катамарана, в котором поплавки расположены по длинным сторонам прямоугольного корпуса, а между ними прокачивается очищаемая вода с нефтепродуктами на поверхности (рис. 1) [2]. Внутри корпу-

са находится на роликах бесконечная лента, являющаяся поглотителем нефти, масел, нефтепродуктов. Лента выполнена в виде замкнутого «сэндвича», в котором гранулы сорбента из упругого материала (типа пенополиуретана) находятся между двумя слоями перфорированной ткани.

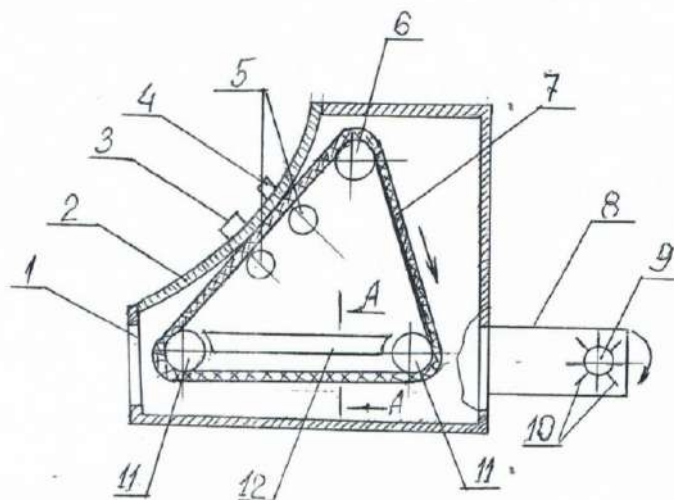


Рисунок 1 – Устройство комбинированной очистки и удаления нефти и нефтепродуктов

Поперек слоев ткани имеются сетчатые перегородки, препятствующие перемещению гранул вдоль ленты. Одна из боковых стенок корпуса выполнена выпуклой в сторону ленты и несколько роликов обеспечивают механический прижим ленты к этой стенке. На выпуклой пластине, снаружи, расположен ультразвуковой излучатель, а после него, по ходу движения сорбционной ленты установлена промывочная форсунка. Сорбционная лента движется по протяжным роликам, один из которых является ведущим. Два протяжных ролика расположены горизонтально и обеспечивают необходимое погружение ленты в зону нахождения нефтепродуктов на поверхности жидкости. Под зоной контакта ленты с выпуклой пластиной установлен сборный поддон, который имеет патрубок отвода отжатого продукта. Между поплавками, с торцевых сторон корпуса имеются окна для прохода жидкости, на уровне поверхности с загрязнителями (нефть, нефтепродукты, масла). В эти окна принудительно прокачивается специальной крыльчаткой очищаемая вода. Направление движения жидкости внутрь корпуса совпадает с направлением перемещения сорбционной ленты между роликами, что обеспечивает более полную продолжительную сорбцию. Для более широкого охвата поверхности водоема, крепление нагнетающей крыльчатки может располагаться в широкой части диффузора. Работа предложенного устройства происходит следующим образом. Вода вместе с поверхностным слоем загрязняющих веществ нагнетается крыльчаткой внутрь корпуса и загрязнители поглощаются сорбентом на движущейся ленте. Далее, сорбционный слой поступает в зону действия ультразвукового излучателя, где за счет действия возникающих кавитационных колебаний связь загрязнителей с сорбентом ослабляется и при механическом отжиме слоя сорбента с выпуклой поверхностью корпуса, загрязнители стекают в сборный поддон. После этого слой сорбента подвергается

промывке под давлением от форсунки. Промывочной средой может служить вода или водяной пар. Может использоваться поверхностно-активные вещества (ПАВ) типа ОП-1. Опытные данные [3] свидетельствуют, что оптимальный диапазон ультразвукового воздействия составляет диапазон 40-44 кГц.

Таким образом, использование разработанного устройства позволяет за счет высокой степени регенерации сорбционного слоя повысить качество удаления нефти, нефтепродуктов с поверхности водоемов, как в открытых пространствах (озера, реки), так и специальных резервуарах.

Литература:

1. Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник. Т.2 Калуга, изд. Н.Бочкаревой, 2003. – 884 с.

2. Устройство для удаления нефти, масел, нефтепродуктов с поверхности воды, пат. модель № 2022117744

3. Физические основы ультразвуковой технологии. Под ред. Л.Д. Розенберга, изд. Наука, Москва, 1970. - 688 с.

УДК 620.92(075.8)

АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА С РОТОРНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

Мингазетдинов И.Х.¹, кандидат технических наук, доцент;

Шурыгина Л.Д.², обучающийся

¹ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ»

²МБОУ «Лицей №145»

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Рассматривается схема альтернативного источника энергии, в котором энергия движущейся воды в водопаде преобразуется в электрическую с использованием пьезоэлементов при воздействии роторного преобразователя, генерирующего кавитационные вихри.

Ключевые слова: поток жидкости, водовод, кавитация, пьезоэлементы, роторный преобразователь.

ALTERNATIVE HYDROPOWER PLANT WITH ROTARY CONVERTER

Mingazetdinov Id.Kh.¹, candidate of technical sciences, associate professor;

Shurygina L.D.², the student

¹Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev

²Municipal budgetary general education institution «Lyceum 145»

(Kazan, Russian Federation)

Annotation: A scheme of an alternative energy source is considered, in which the energy of moving water in a waterfall is converted into electrical energy using piezoelectric elements under the influence of a rotary transducer that generates cavitation vortices.

Keyword: fluid flow, conduit, cavitation, piezoelectric elements, rotary transducer.

Получение энергии, необходимой для развития техносферы, базируется, в основном, на сжигании различных видов органических энергоносителей (уголь, нефть, газ, биотопливо, и др.). Все эти энергоносители относятся к исчерпаемым видам и наносят существенный вред биосфере-загрязнение воздушной, водной среды, почвы продуктами сгорания. В связи с этим, большое значение приобретает поиск и разработка альтернативных источников энергии, которые могут снизить негативное воздействие на окружающую среду. Одним из перспективных направлений является использование энергии водной среды- энергии рек, волн, приливов и др. [1]. Энергия рек широко используется в виде построения высотных плотин поперек рек и строительства гидроэлектростанций (ГЭС). Однако, строительство ГЭС имеет серьезные экологические и экономические недостатки. К ним относятся отчуждение значительного количества плодородных земель, нарушение нормального судоходства. Ухудшение рыболовства, большие водопотери от водохранилищ за счет испарения, изменение микроклимата и др. Одним из возможных путей использования энергии движущегося потока воды является использование явления пьезоэффекта, при котором давление на обкладки пьезокерамических пластин приводит к появлению разности потенциалов на обкладках пластин. Для получения значительного электрического потенциала необходимо создание значительного давления жидкости на пьезоэлементы. Возможности создания большого давления приводятся в работах [2], [3], [4]. Создание избыточного давления в гидравлическом тракте, в работе [2] обеспечивается выступами и резонатором, в работе [3] периодическое изменение площади сечений выступов обеспечивается модулирующими пьезоэлементами. В работе [4] кавитационные колебания давления создаются плоским гидродинамическим излучателем, а полезный электрический потенциал снимается с обкладок пьезоэлементов, расположенных вокруг водовода, под защитной эластичной оболочкой. Общим недостатком указанных устройств является низкая эффективность гидроэнергетических установок. Для повышения коэффициента полезного действия (к.п.д.) разработана гидроэнергетическая установка с роторным преобразователем [5] (рис. 1).

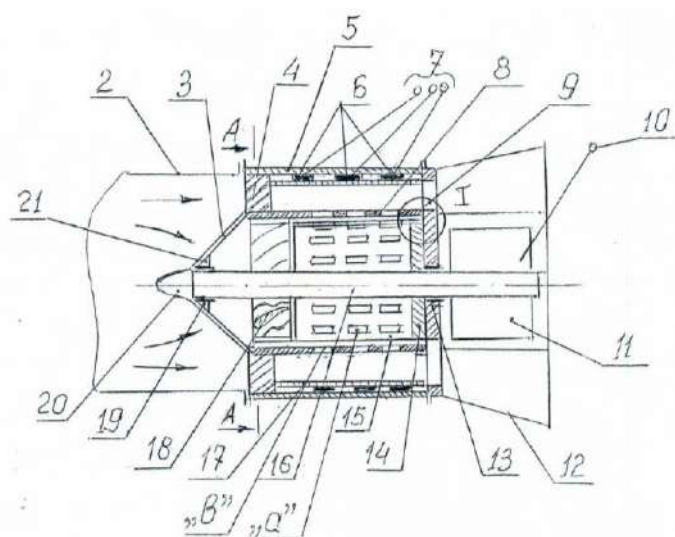


Рисунок 1 – Гидроэнергетическая установка с роторным преобразователем

Установка содержит накопительный резервуар, от которого отходит наклонный водовод с кольцевым поперечным сечением. Водовод выполнен конфузорным, в котором скорость потока воды увеличивается. В конце водовода установлен корпус роторного преобразователя. При входе в корпус поток воды разделяется. Часть воды проходит через поворотные наклонные лопасти и двигаясь по кавитационному тракту приобретает спиральную траекторию, что удлиняет путь движения воды в зоне кавитационных скачков давления и обеспечивает высокое значение к.п.д. Другая, центральная часть воды проходит через входные спицы, являющиеся направляющим аппаратом и натекает на аэродинамические лопасти. Вращение лопастей приводит к интенсивному вращению ротора. На роторе имеются отверстия, и аналогичные отверстия имеются на статоре. При быстром вращении ротора в статоре происходит чередование совмещения и несовмещения отверстия и это приводит к возникновению скачков давления в жидкости за счет образования и схлопывания кавитационных пузырьков. Эти скачки давления фиксируются пьезоэлектрическими элементами, с которых снимаются электрические потенциалы. Количество их значительно больше, чем в плоских гидродинамических излучателях, что увеличивает к.п.д. Кроме того, вращение ротора приводит к вращению ротора гидрогенератора, установленного в задней части корпуса.

Таким образом, используя разработанную гидродинамическую энергетическую установку с использованием пьезоэлементов можно получить экологически чистую электроэнергию с высоким к.п.д.

Литература:

1. Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы: учебное пособие. А. да. Роза, пер.с англ. под ред. С.П.Мальшенко, О.С.Попеля, Долгопрудный. Изд. дом. «Интеллект». М.изд.дом МЭИ, 2010, 704 С.
2. Гидроэнергетическая установка. Авторское свидетельство №1208297. Бюл. №4 от 30.01.86г. (Г.А.Краснов, Т.М.Намени и др.)
3. Гидроэнергетическая установка. Авторское свидетельство №1209917.

Бюл.№5 от 07.02.86г. (Г.А.Краснов, Т.М.Намени и др.)

4. Гидроэнергетическая установка. Патент на полезную модель №183125, Бюл.№26 от 11.09.2018г. (И. Х. Мингазетдинов, И. Д. Бурова и др.)

5. Гидроэнергетическая установка с роторным преобразователем. Патент на полезную модель № 212546.бюл.№22 от 28.07.2022г (И. Х. Мингазетдинов, Л.Д.Шурыгина)

УДК 579.695; 546.85; 502.55; 661.63

АДАПТАЦИЯ К ДЕФИЦИТУ ФОСФОРА ПОЗВОЛЯЕТ ОБЕЗВРЕЖИВАТЬ БЕЛЫЙ ФОСФОР

Миндубаев А.З.¹, кандидат химических наук, с.н.с., доцент;

Бабынин Э.В.², кандидат биологических наук, доцент,

Акосах Й.А.³, кандидат биологических наук, м.н.с.

¹Институт энергетики и перспективных технологий

ФИЦ Казанского научного центра РАН

² Татарский НИИХП ФИЦ КазНЦ РАН

³ ГАОУ ВПО Казанский (Приволжский) федеральный университет
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация. Проведено исследование филогенетического родства *A. niger* AM1 со способными к биодegradации штаммами *A. niger* и *A. fumigatus* из базы NCBI. Выяснилось, что его ближайшими родственниками оказались штаммы из Китая, извлекающие фосфаты из минералов. Возможно, именно эволюционная адаптация к нехватке доступного фосфора стала причиной способности микроорганизма потреблять целый ряд биологически недоступных форм данного элемента.

Ключевые слова: биодegradация, белый фосфор, *Aspergillus niger*, филогенетическое дерево.

ADAPTATION TO PHOSPHORUS DEFICIENCY ALLOWS WHITE PHOSPHORUS TO BE NEUTRALISED

Mindubaev A.Z.¹, candidate of chemical sciences, S.R., associate professor

Babynin E.V.², candidate of biology sciences, associate professor

Akosah Y.A.³, candidate of biology sciences, J.R.

¹Institute of Power Engineering and Advanced Technologies,

FRC Kazan Scientific Center, Russian Academy of Sciences

²Institute of Organic and Physical Chemistry named after A.E. Arbuzov

Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences.

³Kazan (Volga Region) Federal University

(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The phylogenetic relatedness of *A. niger* AM1 with biodegradable strains of *A. niger* and *A. fumigatus* from the NCBI database. It was found that strains from China that extract phosphates from minerals were its closest relatives. Perhaps it was an evolutionary adaptation to the shortage of available phosphorus, which caused the ability of the microorganism to consume a number of biologically inaccessible forms of this element.

Keyword: biodegradation, white phosphorus, *Aspergillus niger*, phylogenetic tree.

Биодеградация является важным методом переработки промышленных отходов. Населяющие Землю микроорганизмы являются своего рода «иммунной системой» биосферы, способной перерабатывать в биогенные элементы рукотворные вещества практически любого химического строения и класса опасности. Мы изучаем интересный штамм гриба черного аспергилла *Aspergillus niger* AM1. Аспергилл оказался способен обезвреживать белый фосфор.

Эволюционная история выделенного из технического белого фосфора штамма *Aspergillus niger* [1, 2] воспроизведена с построением филогенетического дерева. Для сравнения использовались штаммы *A. niger*, выделенные в разных странах мира и представленные в базе National Center for Biotechnology Information (NCBI). Результат сравнения свидетельствует о следующем. В наибольшем родстве со штаммом AM1 состоят штаммы *A. niger* NJDL-12 и *A. niger* FP1 из Китая (почва с соевого поля в районе Нанкина), которые способны к растворению малорастворимых в воде почвенных фосфатных минералов при помощи органических кислот, которые они продуцируют [3]. Указанные штаммы выделены из ризосферы растений сои (*Glycine max*) и, по всей видимости, повышают эффективность снабжения растений фосфором, вступая с ними в симбиотические отношения. Они имеют высокий процент сходства по гену ITS с объектом нашего исследования – *A. niger* AM1.

Роль контролей выполняют внешние группы - штаммы других видов: аспергилл атласный *A. bombycis* и аспергилл дымящийся *Aspergillus fumigatus*. Штаммы из одного кластера, состоящие в близком родстве друг с другом, должны быть сходны по характеристикам. Такие свойства черных аспергиллов, как патогенность или накопление микотоксинов, четко связаны с принадлежностью штамма к определенным кластерам. А оно имеет прямое отношение к практическому применению культур микроорганизмов. Чем больше мы знаем об этих плесневых грибах, тем лучше будем понимать результаты данного анализа. Это делает филогенетический анализ столь важным.

Таким образом, можно предполагать, что штамм AM1 относится к кластеру, эволюционно возникшему в Южной Азии и специализировавшемуся на биодеструкции фосфорных соединений. Возможно, белый фосфор, из которого он выделен, был доставлен в нашу страну из Китая – крупнейшего производителя этого сырья – и штамм завезен вместе с ним.

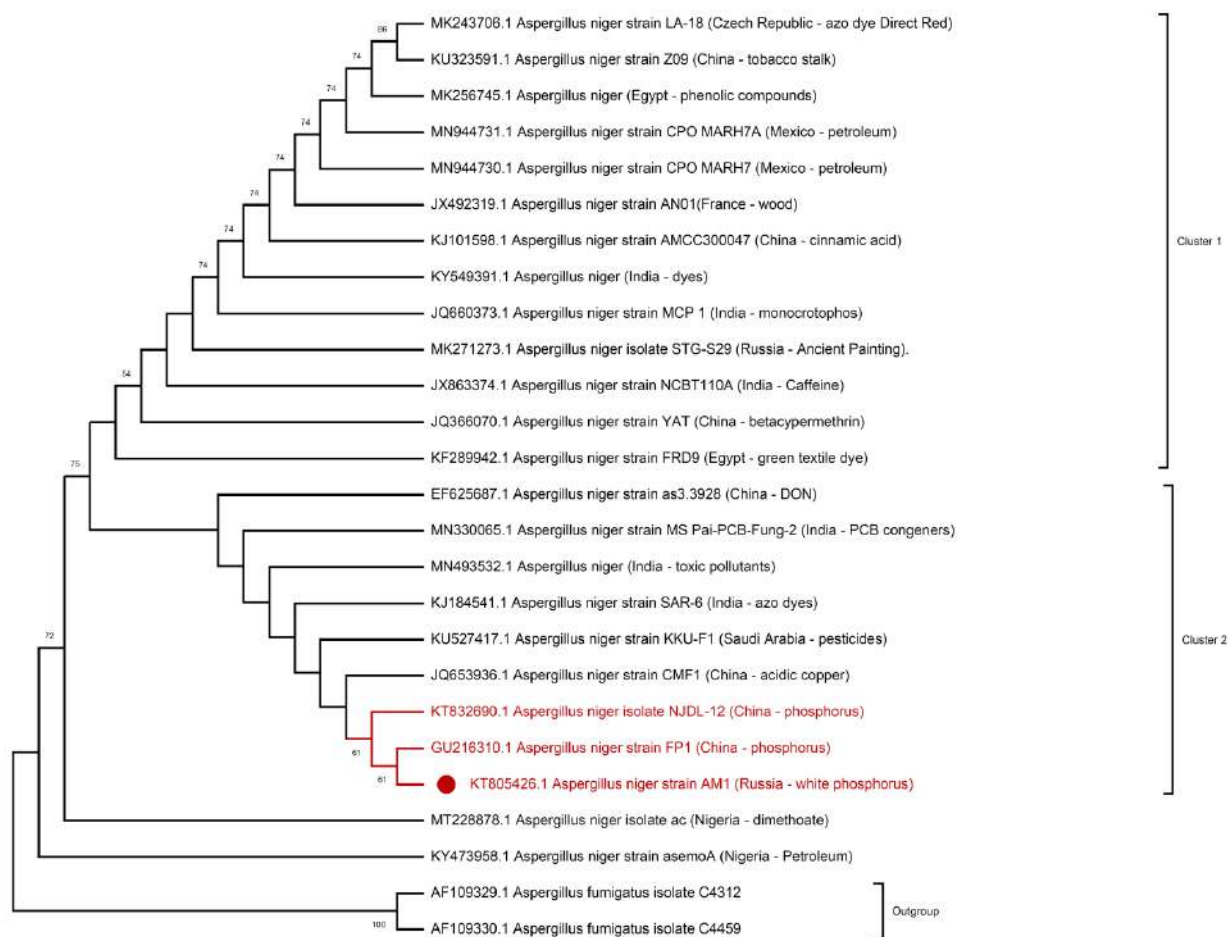


Рисунок 2 – Филогенетическое дерево *Aspergillus niger*.
 Представлены штаммы из базы NCBI, способные к биодegradации.

Для того, чтобы подтвердить родство с известными солубилизаторами фосфатов, мы исследовали способность *Aspergillus niger* AM1 метаболизировать ортофосфат кальция $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ – наиболее распространенную форму фосфора в природе, но при этом малодоступную для живых организмов. Оказалось, что штамм потребляет нерастворимый фосфат так же легко, как растворимые фосфаты, входящие в состав культуральных сред. То есть, действительно является солубилизатором фосфата, как следует из теоретических результатов анализа базы NCBI.

Можно сделать заключение, что исследуемый аспергилл является специализированным организмом, эволюционно приспособленным к существованию в условиях дефицита биодоступного фосфора. Этим объясняется его способность перерабатывать труднодоступные источники фосфора, включая даже элементный фосфор. Его ближайшие родственники с высоким процентом генетического сходства, обитают в ризосфере культурных бобовых растений. Вероятно, являются их симбионтами, поставляя растениям биодоступный фосфор в обмен на другие питательные вещества (например, азот, который корневая система бобовых при помощи бактерий симбионтов связывает из атмосферы).

Литература:

1. Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Караева Ю.В. Адаптации аспергилла к белому фосфору // Сборник статей Международной научной конференции (школа молодых ученых) «Химия и инженерная экология» - XXI. – 28-30 сентября 2021 г. – С.60-63.

2. Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Ахмедова Г.Р., Антех Д.Д. Токсичность производных борной и дитиофосфорной кислот для *Aspergillus niger* AM1. Солюбилизация фосфата данным штаммом // Бутлеровские сообщения. - 2022. – Т.70. - №6. – С. 55-70. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/22-70-6-55

3. Li Zh., Bai T., Dai L., Wang F., Tao J., Meng Sh., Hu Y., Wang Sh., Hu Sh. A study of organic acid production in contrasts between two phosphate solubilizing fungi: *Penicillium oxalicum* and *Aspergillus niger* // Sci.Rep. - 2016. - Vol.6. - No.25313. - P.1-8. DOI: 10.1038/srep25313

УДК 630.841

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ ОПОР ЛЭП И СВЯЗИ

Монахов А.А., аспирант;

Винокурова В.В., студент;

Мельников Н.О., кандидат технических наук, доцент;

Акинин Н.И., доктор технических наук, профессор

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет
им. Д.И. Менделеева»

(г. Москва, Российская Федерация)

Аннотация: в работе проведен анализ применения деревянных опор ЛЭП и связи, пропитанных ССА препаратами. Исследованы параметры вымываемости токсичных действующих веществ препаратов из пропитанной древесины.

Ключевые слова: трудновымываемые препараты, защита древесины, устойчивость к вымыванию, пропитка опор ЛЭП.

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF THE APPLICATION OF WOODEN PILLARS FOR POWER LINES

Monakhov A.A., graduate student;

Vinokurova V.V., student;

Melnikov N.O., candidate of engineering science, docent;

Akinin N.I., doctor of engineering science, professor

Mendeleev University of Chemical Technology of Russia
(Moscow, Russia)

Annotation: the paper analyzes the use of wooden poles of power lines and communications impregnated with CCA preparations. Parameters of leachability of toxic active substances of preparations from impregnated wood are investigated.

Keyword: hard-to-use preparations, wood protection, resistance to leaching, impregnation of wooden pillars for power lines.

В настоящее время при строительстве и плановой реновации линий электропередачи (ЛЭП) и связи широкое применение находят деревянные опоры. Это связано с рядом обстоятельств: себестоимость; удобство доставки и монтажа (меньший вес по сравнению с бетонными опорами); большая устойчивость к поперечным нагрузкам (ветер и падение дерева на ЛЭП); возобновляемость исходного сырья и, конечно же, долговечность. Учитывая неодолимость процессов биологического разрушения древесины в условиях контакта с землей, срок службы деревянных столбов, особенно без специальных мер, невелик. По данным долговременных наблюдений средний срок службы химически незащищенных столбов из древесины сосны составляет от 4 до 6 лет в условиях средней полосы России [1]. Поскольку стоимость замены опоры в 2,5 раза выше первоначальной стоимости ее установки непропитанные столбы, обычно, не применяются. Наиболее распространённым по экономическим соображениям и с точки зрения надежности защиты, является автоклавный способ пропитки по типу «вакуум-давление-вакуум» (ВДВ) по ГОСТ 20022.6, который широко используется в России более 80 лет.

Сегодня в России для пропитки деревянных опор ЛЭП и связи наибольшее распространение получили трудновываемые антисептики типа ССА (Cr:Cu:As), состоящие из соединений хрома, меди и мышьяка [2]. Все препараты, применяемые для защиты древесины, эксплуатируемой в условиях вымывания, содержат в своем составе хром. Фиксация их в древесине проходит за счет восстановления шестивалентного хрома Cr^{6+} до трехвалентного Cr^{3+} по схеме $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$, считается, что восстановителем при этом являются фенольные группы лигнина. Исследования показывают, что фиксирование препарата ССА в древесине происходит вследствие восстановления хрома, который осаждается на волокнах с образованием практически не растворимого в воде высокотоксичного арсената хрома $CrAsO_4$ [3].

Мышьяк и многие его соединения ядовиты и канцерогенны. По токсикологическим характеристикам неорганические соединения мышьяка относятся к 1 категории канцерогенов Международной ассоциации исследования рака. Отходы солей мышьяка в твердом виде являются отходами первого класса опасности (чрезвычайно опасные). Неорганические соединения мышьяка относятся к веществам первого класса опасности с предельно допустимой концентрации (ПДК) в воздухе рабочей зоны $0,01 \text{ мг/м}^3$. ПДК химических веществ в почве для мышьяка $2,0 \text{ мг/кг}$. ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования для мышьяка $0,01 \text{ мг/л}$, в зависимости от климатической зоны.

Для оценки воздействия веществ на окружающую среду, знание общей

концентрации конкретного металла без учета их видообразования не является достаточным. Особенно знания видообразования очень важно, так как их токсичность связана с изменениями в степени окисления. В зависимости от pH и окислительно-восстановительного потенциала мышьяк может присутствовать в двух стабильных состояниях окисления, это форма оксианионов: As^{5+} , как арсенат видов ($H_xAsO_4^{X-3}$) и As^{3+} , как арсенитов видов ($H_xAsO_3^{X-3}$). В общем, трехвалентный мышьяк создает дополнительные экологические проблемы, потому что он более мобилен и более токсичен. При этом необходимо учитывать, что As^{5+} является сильнейшим окислителем и под воздействием восстановителей, например компонентов древесины, должен перейти в свою трехвалентную форму.

Для пропитки одного усредненного столба (длина 10 м, диаметр 24 см) в соответствии с ГОСТ 20022.0 поглощение сухих действующих веществ препаратов должно составить не менее 10 кг/м^3 . Расход антисептика (30 %-го концентрата) на один столб составляет 15 кг, что в пересчете на сухие вещества дает 1,5 кг соединений мышьяка.

При использовании таких препаратов следует учитывать, что и соединения шестивалентного хрома Cr^{6+} также имеют высокую опасность и относятся к веществам I класса (ПДК_{р.з.} = $0,01 \text{ мг/м}^3$). Однако наиболее опасными при использовании таких препаратов являются стадии производства препаратов и пропитки древесины. После фиксации и взаимодействия компонентов между собой и древесиной соединения шестивалентного хрома Cr^{6+} переходят в соединения трехвалентного Cr^{3+} , которые уже относятся к веществам III класса опасности и являются умеренно опасными (ПДК_{р.з.} = 1 мг/м^3), токсичность уменьшается в 100 раз.

Таким образом, очень важно строго соблюдать технологии пропитки и фиксации препарата, так как их нарушение может привести к выпуску деталей с неполностью зафиксированными опасными соединениями, в том числе и с их налетами на поверхности древесины. Такие столбы могут представлять опасность не только для окружающей среды, но и для персонала, производящего их монтаж и эксплуатацию.

В 1998 г. на территории Европейского союза была принята первая Директива 98/8/ЕС о биоцидах (в настоящий момент действует экологический закон по биоцидным продуктам – Регламент №(EU) 528/2012, вступивший в силу 22 мая 2012 г. и заменивший первую Директиву), которая ввела ограничения на применение антисептиков на основе мышьяка, при этом хром разрешен к использованию только в качестве фиксирующей добавки в виде трехоксида CrO_3 , однако, не может применяться в качестве самостоятельного фунгицида. В настоящее время антисептики группы ССА запрещены к использованию в странах Евросоюза, а также Канаде, Австралии, Японии и ряде других стран.

Защитным средства, используемые для пропитки опор ЛЭП и связи, особенно важна их устойчивость к вымыванию из древесины. Это объясняется тем, что влага поглощается опорой из почвы и движется вверх по столбу, перенося водорастворимые соли вверх и обедняя, таким образом, торец столба, погруженного в землю. Кроме того, значительная часть антисептика может теряться

из торца столба в окружающий грунт за счет его вымывания.

В настоящей работе проведены исследования вымываемости ССА препаратов из пропитанной древесины по ГОСТ Р 50241. Сущность метода состоит в определении относительного количества защитного средства или отдельных его компонентов, вымывшихся из древесины, и установлении степени условной вымываемости препарата из древесины. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели вымываемости из древесины препарата ССА

Общее поглощение препарата, кг/м ³	Относительное количество вымывшихся действующих веществ, кг/м ³			Относительное количество вымывшегося препарата, кг/м ³	Степень условной вымываемости препарата, %
	CrO ₃	CuO	As ₂ O ₅		
14,7	0,34	0,98	0,33	1,65	11,2

Проведенные исследования показали, что для препаратов ССА условная вымываемость составляет более 10% поэтому по классификации ГОСТ Р 50241-2021 они являются трудновымываемыми, однако в процессе эксплуатации в окружающую природную среду, а именно в почву выделяются токсичные соединения в количествах в зависимости от объема эксплуатируемой древесины.

Задача использования без мышьяковых защитных средств для опор ЛЭП и связи весьма актуальна, в том числе и для снижения экологической нагрузки на окружающую среду, особенно в России, как на стадии производства (в процессе пропитки образуется большое количество нерастворимых мышьяк содержащих шламов, очень большие количества пропиточного раствора проливаются и попадают в почву), так и в процессе эксплуатации (воздействие мышьяка на людей, окружающую среду, животных и растения) и последующей утилизации, отработавшей свой срок пропитанной древесины.

Литература:

1. Никанорова А. И. Консервирование столбов для воздушных линий связи. М.: Связьиздат, 1951. 34 с.
2. Мельников Н.О., Максименко С.А., Акинин Н.И., Павлова В.П. Современные трудновымываемые препараты для биологической защиты деревянных опор линий электропередач и связи // Химическая промышленность сегодня. – 2019. – №1. – С.32-37.
3. Орлов В.И., Крутицкая М.Н., Брук А.С., Иванова Б.С. Мышьяксодержащие антисептики для древесины // «Неорганические инсектициды, фунгициды и зооциды». Сборник работ под редакцией В.И. Орлова. Выпуск 167. – 1960. – С.201-207.

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ

Шипилова Р.Р., обучающийся,

Степанов Р.П., обучающийся

Руководитель: Тунакова Ю.А., заведующий кафедрой Общей химии и экологии, д.х.н., профессор

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ»

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Проведен анализ сложностей при определении металлов в пробах атмосферного воздуха. Апробирован метод определения металлов в аэрозолях.

Ключевые слова: металлы, атмосферный воздух, определение содержания, прямой метод

METHOD FOR DETERMINING METALS IN ATMOSPHERIC AIR

Shipilova R.R., student;

Stepanov R.R., student,

Scientific director: Tunakova Yu.A., doctor of chemical sciences, prof., head of the department of General chemistry and ecology;

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education " Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev – KAI "

(Kazan, Russian Federation)

Abstract: Проведен анализ сложностей при определении металлов в пробах атмосферного воздуха. Апробирован метод определения металлов в аэрозолях.

Keywords: metals, atmospheric air, content determination, direct method

Металлы поступают в воздух в виде паров или в твердом состоянии. Более распространенной формой существования металлов в воздухе являются аэрозоли и пыли. На поверхности частиц пыли в адсорбированном состоянии находятся разнообразные токсичные вещества, такие как свинец, кадмий, никель, медь, цинк, хром и др. Частицы пыли мигрируют с потоками воздуха на большие расстояния, длительно находятся в приземном слое воздуха, на уровне дыхания человека и попадают в его организм, вызывая в том числе и канцерогенные эффекты. Наиболее часто на практике используют косвенные методы определения содержания металлов в атмосферном воздухе, основанные на исследовании атмосферных осадков и депонирующих сред – снежного и почвенного покровов. Наиболее объективным остается прямой анализ проб атмосферного воздуха на содержание металлов [1-3].

Отбор проб пыли на фильтр для последующего анализа содержания металлов сопряжен с некоторыми трудностями, связанными с малыми концентра-

циями твердой фракции в атмосферном воздухе. В состав атмосферных аэрозолей входит множество металлов. Согласно традиционным подходам, анализ на содержание металлов предусматривает стадия отбора воздуха на аэрозольные фильтры. В качестве пробоотборной среды могут выступать различные аэрозольные фильтры: стекловолоконные, кварцевые, тефлоновые и мембранные. В методической документации, действующей на территории РФ, описывающей контроль воздушных аэрозолей, к применению рекомендованы аэрозольные фильтры АФА разных типов: АФА-ВП; АФА-БА; АФА-ХА; АФА-ХП. Фильтры АФА-ВП и АФА-ХП изготавливаются из перхлорвинила, ВП рекомендовано использовать для определения весовых концентраций аэрозолей, однако их применение для количественного анализа также возможно. Фильтры типа ХП применяются для количественного химического анализа после мокрого сжигания фильтра. Учитывая трудоемкость целенаправленного отбора проб пыли, в настоящем исследовании был апробирован способ определения содержания металлов с отбором проб аэрозолей на фильтры АФА-ХА в аэрозолях [4]. Проводился дискретный отбор проб, протягиванием воздуха через один фильтр в течение 3 - 5 сут по 2 - 4 раза в сутки с помощью электроасpirатора ЭА-2 с расходом 0,1 м³/мин. Фильтр в перерывах между отборами не вынимался из фильтродержателя. Объем пробы воздуха был не менее 20 м³. При использовании фильтров АФА-ХА проводят их «мокрое» озоление. Фильтр помещался в кварцевый стакан, добавлялось 5,0 см³ концентрированной азотной кислоты и выдерживался 30 мин при комнатной температуре. Затем стакан помещался на плитку с асбестовой прокладкой и нагревался до прекращения выделения бурных паров. Стакан снимали, охлаждали, добавляли 0,3 см³ перекиси водорода и выдерживали 30 мин при комнатной температуре. Затем раствор нагревали и выпаривали до влажных солей. К остатку добавляли 0,2 см³ концентрированной азотной кислоты и переносили в пробирку. Стакан промывали бидистиллированной водой, доводя объем раствора в пробирке до 5,0 см³. Полученный раствор анализировали на спектрофотометре, который настраивали по инструкции к прибору. Определение основано на измерении селективного поглощения в пламени атомами металлов излучения резонансных линий атомов этих элементов от внешнего источника света (метод атомно-абсорбционной спектрофотометрии). Использован прибор ААС-спектрометр «Analyst 700». Расчет концентрации металлов ρ (мкг/м³) производили по формуле:

$$\rho = \frac{\rho' V_k - \rho'' n}{V_0},$$

где V_k - объем раствора пробы, полученной после обработки фильтров, см³; ρ' - концентрация металла в растворе пробы, мкг/см³; ρ'' - концентрация металла в растворе пробы, полученном с использованием неэкспонированного фильтра (нулевой пробы), мкг/см³; n - число фильтров, составляющих пробу, V_0 - суммарный объем воздуха аспирированного через n фильтров, приведенный к нормальным условиям.

В результате были установлены средние концентрации в атмосферном воздухе аэрозолей кадмия $0,002 \text{ мкг/м}^3$, никеля $0,05 \text{ мкг/м}^3$, меди $0,055 \text{ мкг/м}^3$, цинка $0,08 \text{ мкг/м}^3$, хрома $0,014 \text{ мкг/м}^3$.

Следует также отметить, что измерение концентрации приоритетных загрязняющих веществ является первым этапом оценки и управления состоянием объектов окружающей среды крупных городов [5].

Литература

1. Степанова Н.В., Валеева Э.Р., Фомина С.Ф., Камалова Ф.М., Тунакова Ю.А., Файзуллина Р.А. Тяжелые металлы: вопросы воздействия. Монография, Казань, 2015. Том Часть 1.

2. Тунакова Ю.А., Новикова С.В., Шагидуллин А.Р., Валиев В.С., Морайш А. Методология оценки уровня территориального экологического риска для планового управления экологической безопасностью городской среды // Экология и промышленность России. 2019. Т. 23. № 10. С. 44-49.

3. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Новикова С.В., Шмакова Ю.А. Определение времени формирования высокого уровня загрязнения атмосферного воздуха в зонах действия полимерных производств (на примере Нижнекамска). Сообщение 2 // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 16. С. 115-118.

4. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы (в ред. РД 52.04.667-2005).

5. Тунакова Ю.А., Новикова С.В., Шагидуллина Р.А. Разработка управляющих воздействий для систем принятия решений на основании уровня экологического вероятностного риска // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2012. № 4-1. С. 271-277.

УДК 502.5:504.064.47

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ДУШАНБИНСКОЙ ТЭЦ-2

Насруллоев Ф.Х., доктор PhD,

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими
Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ
(г. Душанбе, Таджикистан)

Аннотация. В работе рассмотрено вопрос утилизации золы-уноса и золошлаковых отходов ДТЭЦ-2, также ее использование равно как главного использованного материала для изготовления разного продукта и изучение основные характеристики золошлаковых отходов Душанбинской ТЭЦ-2

Ключевые слова: золошлаковых отходов, утилизация отходов, топлива, экология, ТЭЦ.

ENVIRONMENTAL ASPECTS AND PROBLEMS OF DISPOSAL OF ASH WASTE OF DUSHANBE HEC-2

Nasrulloev F.Kh., doctor PhD

Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi,
Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the NAST
(Dushanbe, Tajikistan)

Annotation: The paper considers the issue of disposal of fly ash and ash and slag waste from Dushanbe HEC-2, as well as its use as the main material used in the manufacture of various products and the study of the main characteristics of ash and slag waste of Dushanbe HEC-2

Keyword: ash and slag waste, waste disposal, fuel, ecology, HEC.

В Таджикистане, кроме водных ресурсов, одним из энергоносителей является уголь. Важным резервом повышения эффективности производства энергии на угольных ТЭЦ города Душанбе и других городов республики является утилизация отходов сжигания углей. Уголь следует рассматривать не только как топливо, но и как сложное комплексное ископаемое, которое в процессе сжигания образует весьма ценное вторичное многоплановое минеральное сырье [1, 2, 3]. Таджикистан богат месторождениями угля, размещенными в разных её территориях. В соответствии последним геологическим заключениям Таджикистан обладает более 36 месторождений угля. Эти месторождения представляют множества разновидности этого углевого материала как топлива: бурый уголь; каменный уголь; коксующийся уголь; антрацит. Итоговые запасы данных месторождений также проявлений превосходят 4,3 миллиардов тонн. По данным Министерства промышленности и новых технологий, запасов угля достаточно не только для обеспечения топливно-энергетического комплекса на десятилетия, но и для создания химической промышленности [3].

При сжигании твердого топлива в топках тепловых электрических станций возникает многотонные твердые роггизитовые остатки, выраженные в шлаках и нестойкой золой. Складирование и хранение такой массы материала требует значительных капиталовложений, в частности на Душанбинской ТЭЦ-2 с 2014 года накоплено около 500 тыс. тонн золошлаковых отходов с их ежегодным увеличением на 200-250 тыс. тонн. Золоотвал, занимая более 4 гектаров земельной площади, является источником неблагоприятной экологической обстановки в районе [2,4]. Внедрение качественно важных и с энергетической точки зрения эффективных строительных материалов, а также технологий производства этих материалов с применением техногенного сырья золы-уноса и золошлаковых отходов ТЭЦ считается наиболее важным направлением в строительной промышленности. Однако применение в производственном процессе подобного рода сырья как золы уноса и золошлаковых отходов ТЭЦ в Таджикистане, в отличие от развитых стран, на сегодняшний день отстает значительно. Поэтому в последние годы при работе Душанбинской ТЭЦ-2 стала актуаль-

ной проблема утилизации золошлаковых отходов [4]. Один из наиболее очевидных путей решения данной проблемы – использование золы для производства силикатного и керамического кирпича, производства бетонов, строительных растворов и сухих строительных смесей и других строительных материалов. Согласно этим данным по этой пути идут Российская Федерация, КНР, Страна Восходящего Солнца (Япония), Соединенные штаты Америки также многочисленные прочие государства. При этом опыт КНР в данном направлении считается самым современным. Данное обуславливается, что в первую очередь в целом, использование огромной частью угля во энергетике у КНР составляет 78%, который используется в качестве строительного материала [5].

Таким образом, разработка технологии производства качественного сырья путем утилизации отходов на ТЭЦ (золы и золошлаковых отходов), а также на его основе разработка технологии производства материалов для строительной отрасли, которая позволяет получить высококачественный строительный материал, обладающий высокими и в то же время стабильными техническими и строительными свойствами, выходит на качественно новый уровень с практической точки зрения, что несомненно является актуальной проблемой.

Анализ литературных источников по теме утилизации золошлаковых отходов выявил основные направления применения топливных золы - уноса и золошлаковых отходов в производстве строительных материалов. В основном в качестве вяжущих материалов, в качестве активной добавки при производстве керамического и силикатного кирпича, портландцемента, дорожного хозяйства и других строительных материалов в качестве крупного и мелкого заполнителей как для тяжёлых, так и для лёгких бетонов, для устройства верхних и нижних слоев оснований дорог.

Литература:

1. РД 34.9.603–88. Методические указания по организации контроля состава и свойств золы и шлаков, отпускаемых потребителям тепловыми электростанциями. -М.: ВТИ, -1988. -С.14-28.

2. Насруллоев, Ф.Х. Отходы Душанбинской ТЭЦ-2-сырье для производства стройматериалов / Ф.Х. Насруллоев, Х.Б. Бобоев, Х.Ш. Гулахмадов, М.М. Сафаров, // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. -2018. -№1(41). -С.290-299.

3. Абдурахимов, Б.А. Угольная промышленность Таджикистана: сырьевая база, состояние и перспективы развития / Р.В. Охунов // Душанбе, Недра, 2011. – С.248.

4. Насруллоев, Ф.Х. Разработка состава смеси на основе золы-уноса Душанбинской ТЭЦ-2 как основного компонента для получения золобетонной смеси / / Ф.Х. Насруллоев, Х.Б. Бобоев, Х.Ш. Гулахмадов, М.М. Сафаров // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук - 2018. -№2. -С.87-92.

5. Аналитический обзор производства силикатного кирпича и других строительных материалов из золы-уноса и шлаков энергогенерирующих компаний. Казан, 2008. –С.7-10.

УДК 628.5:621.311.22

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛЫ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ МЕДИ

Николаева Л.А., доктор технических наук, профессор,
зав. каф. «Инженерная экология и производственная безопасность»;
Аджигитова А.А., аспирант
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Показана целесообразность использования отходов потребления растительного происхождения в качестве вторичного энергетического ресурса для котла-утилизатора с последующим применением полученной золы для адсорбции ионов тяжелых металлов из сточных вод (на примере меди).

Ключевые слова: сточные воды, адсорбция, органические отходы, ионы тяжелых металлов

WASTE WATER TREATMENT OF INDUSTRIAL ENTERPRISES FROM COPPER IONS BY ASH OF CONSUMER WASTE

Nikolaeva L.A., doctor of technical sciences, Professor,
Head of the Department "Engineering Ecology and industrial Safety";
Adzhigitova A.A., the student
Kazan State Power-Engineering University

Annotation: It is shown that it is necessary to study organic waste as a secondary energy resource for a heat recovery boiler with the further use of the resulting ash for the adsorption of heavy metal ions.

Keyword: waste water, organic waste, adsorption, heavy metal ions.

Хозяйственная деятельность человека наносит ощутимый вклад в загрязнение окружающей среды. Даже такие отходы, как пищевые остатки растительного происхождения, если размещаются на несанкционированных свалках и полигонах в большом количестве, приводят к биологическому разложению, которое сопровождается выделением в окружающую среду токсичных веществ, в том числе парниковых газов [1].

Еще одной серьезной проблемой является загрязнение водоемов сточными водами с высоким содержанием ионов тяжелых металлов. Как показывает

практика, эффективным способом очистки сточных вод от таких загрязнений является адсорбция. Немаловажную роль в применении адсорбции играет стоимость сорбционных материалов. Самым распространенным материалом является активированный уголь. Высокая стоимость этого сорбента побуждает к поиску более дешевых и не менее эффективных альтернатив.

Некоторые исследования демонстрируют что вещества, содержащиеся в растительных продуктах (фруктах, овощах, злаках, древесных опилках и др.) способны с достаточной эффективностью адсорбировать ионы тяжелых металлов [2-4]. Отходы растительного происхождения имеют пористую, рыхлую структуру и являются возобновляемым ресурсом для производства адсорбентов.

Целью исследования является применение пищевых отходов растительного происхождения в качестве вторичного энергетического ресурса для котла-утилизатора с последующим использованием золы для доочистки сточных вод промышленных предприятий от ионов тяжелых металлов. Таким образом, можно решить сразу две проблемы: вторичное использование растительных отходов и очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов.

Для исследования были взяты отходы компании ООО «ИнтерФрут», которая занимается доставкой продуктов питания на предприятия общепита. В процессе деятельности компании ежемесячно образуется около 25 тонн отходов органического происхождения – продукты, потерявшие товарный вид и потребительские качества (поврежденные микроорганизмами). Анализ состава отходов ООО «ИнтерФрут» показал, что основную массу отходов (92,5 %) составляют зелень, овощи и фрукты. Такой материал называют органической биомассой.

Растительные отходы измельчались и высушивались на воздухе при температуре +25° С в течение двух недель, далее при температуре 105...110 °С до постоянной массы. Из 2 кг биомассы было получено 1,06 кг сухого материала. Эксперимент проводился с материалом, измельченным до фракции 0,01...0,9 мм.

Полученный материал использовали в качестве вторичного энергетического ресурса для котла-утилизатора ДКВр-10-13 Елабужской ТЭЦ, работающего на твердом топливе. Чтобы оценить способность к адсорбции полученной золы к катионам меди проведены исследования на модельных растворах $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ концентрацией 100 мг/дм³ в статическом режиме. Построена изотерма адсорбции (рис. 1), которая относится к I типу по классификации Брунауэра, Демина и Теллера, соответствует изотерме Ленгмюра L-типа.

Процесс адсорбции ионов меди в динамических условиях исследован на фракции золы размером 0,5...2,5 мм. Исследование осуществлялось на фильтровальной стеклянной колонке диаметром 25 мм. В модельном растворе концентрация ионов меди - 50 мг/дм³. Высота слоя загрузки – 20 см, масса – 58 г, скорость фильтрации – 3,3 м/ч. Проскок ионов меди фиксируется при концентрации 1 мг/дм³. Такая концентрация соответствует ПДК меди в сбросе сточных вод в водные объекты рыбохозяйственного значения. На рисунке 2 показана кривая адсорбции катионов меди золой органических отходов в динамических условиях.

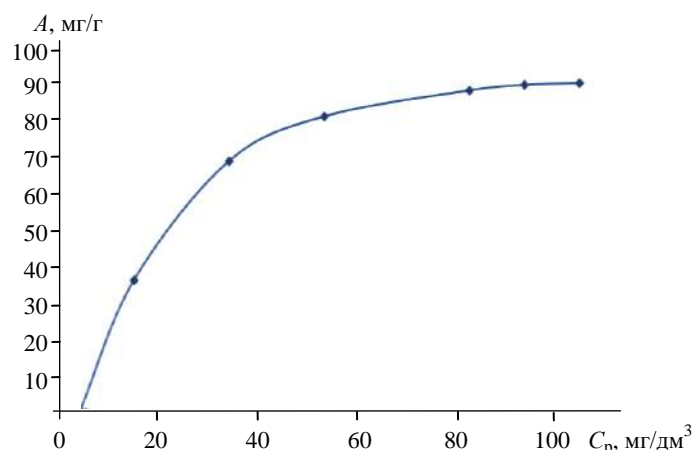


Рисунок 1 – Изотерма адсорбции ионов Cu^{2+} золой органических отходов (A - кол-во адсорбированного вещества, мг/г; C_p - концентрация ионов меди в растворе после адсорбции, мг/дм³)

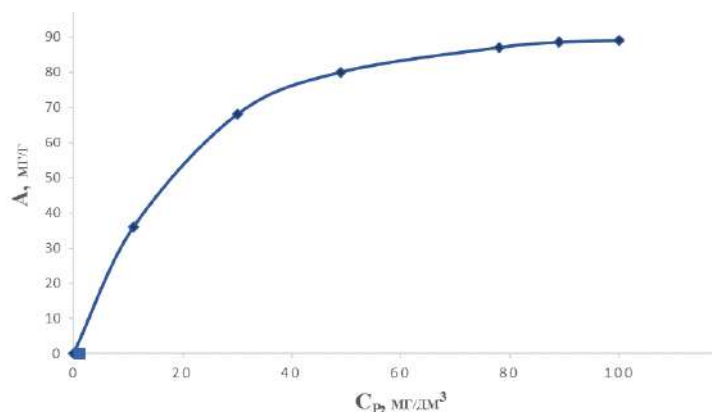


Рисунок 2 – Изотерма адсорбции ионов Cu^{2+} золой органических отходов

Золу, образованную после сжигания органических отходов, предлагается использовать в качестве сорбента для очистки сточных вод образованных на гальваническом производстве. Для очистки сточных вод гальванического производства используют реагентные, биологические, электрохимические методы, которые не всегда позволяют снизить концентрацию тяжелых металлов до норм ПДС (предельно допустимого сброса). Поэтому применение адсорбционных технологий, основанных на использовании отходов производства в качестве сорбционных материалов на ступенях доочистки является актуальным и перспективным направлением. Легкость и простота в использовании, невысокая стоимость, высокая степень очистки являются преимуществами при выборе адсорбции для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов в промышленных масштабах.

Использование золы органических отходов было рассмотрено для очистки сточных вод гальванического производства ООО "ЕЛТОНС" (г. Елабуга).

Для адсорбции ионов тяжелых металлов из сточных вод ООО «ЕЛТОНС» с помощью золы органических отходов предлагается использовать фильтры тонкой доочистки.

Рассчитанные характеристики предлагаемого фильтра: насыпная плот-

ность золы, $\text{кг}/\text{м}^3$ - 329; удельная поверхность золы, $\text{м}^2/\text{м}^3$ - 44 475; перепад давления насыпного слоя, кПа - 2,99; Масса золы для загрузки 1 фильтра, кг - 5839,8; коэффициент диффузии, $\text{м}^2/\text{с}$ - $6,25 \times 10^{-13}$; коэффициент массоотдачи, $\text{м}/\text{с}$ - $2,2 \times 10^{-7}$; объемный коэффициент массоотдачи, с^{-1} - 0,01.

Отходы, образующиеся после 4 месяцев работы компании ООО «Интер-Фрут» могут быть использованы для доочистки сточных вод гальванического производства в течение 2,5 лет.

В работе показана необходимость исследований органических отходов в качестве вторичного энергетического ресурса для котла-утилизатора с дальнейшим использованием полученной золы в качестве сорбционного материала при очистке сточных вод от ионов тяжелых металлов. Определены химический состав и технологические характеристики органической биомассы. Определен химический состав золы. Построены изотерма адсорбции в статических и выходная кривая адсорбции в динамических условиях катионов меди золой органических отходов. Изотерма адсорбции относится к I типу по классификации Брунауэра, Демина и Теллера, соответствует изотерме Ленгмюра L-типа. Доочистка сточных вод гальванического производства золой органических отходов приводит к снижению концентрации катионов меди до ПДК. Поэтому применение адсорбции, основанной на использовании золы органических отходов в качестве сорбционного материала, является актуальным и перспективным направлением. Применение адсорбционного метода очистки позволяет обеспечить высокую степень очистки сточной воды и возможность ее повторного использования для технологических нужд предприятия.

Литература:

1. Фомина, Е.В. Использование сельскохозяйственных отходов в качестве сорбента для удаления загрязнений/ Е.В. Фомина, Ж.А. Сапронова, Б.К. Франшишко Де Кастро // Рациональное использование природных ресурсов и переработка техногенного сырья: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, химия и биотехнологии: Сборн. докл. Международн. науч.-техн. конфер., Алушта-Белгород, 01–05 июня 2020г. – Алушта-Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2020. – С. 220-224.

2. Изучение сорбции ионов тяжёлых металлов с использованием сорбента на основе дефеката свеклосахарного производства/ Л.П. Лосева, С.Н. Анучин, Т.К. Крупская [и др.]/Университет - территория опережающего развития: Сборн. научн. стат. Междунар. науч.-практич. конфер., посв. 80-летию ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно, 19–20 февр. 2020 г. – Гродно: ГрГУ им. Я. Купалы, 2020. – С. 130-136.

3. Нумонов, М.А.у. Изучение свойств адсорбента полученного из местных фруктовых косточек и деревьев / М.А.у. Нумонов, Ж.Х. Курбанов// Universum: технические науки. – 2019. – № 12-3(69). – С. 15-17.

4. Свергузова, С.В. Растительные материалы как сырье для производства сорбентов / С.В. Свергузова, В.А. Белый// Безопасность, защита и охрана окружающей природной среды: фундаментальные и прикладные исследования:

УДК 621.35.035

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ЛИНЕЙНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ГАЗОВ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМИ РЕЗИСТИВНЫМИ СЕНСОРАМИ

Новиков С.П., аспирант;
Плуготаренко Н.К., кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Южный федеральный университет»
(г. Таганрог, Российская Федерация)

Аннотация: рассматриваются проблемы и алгоритмы их решения для повышения селективности полупроводниковых сенсоров газа. Набор применяемых алгоритмов помогает определить газ и его концентрацию, используя единственный сенсор, повысить точность измерений и уменьшить время детектирования.

Ключевые слова: газоанализатор, сенсор, отклик, обработка данных, калибровочные зависимости, распознавание.

APPLICATION OF MULTIPARAMETRIC LINEAR DEPENDENCIES FOR GAS RECOGNITION BY SEMICONDUCTOR RESISTIVE SENSORS

Novikov S.P., graduate student;
Plugotarenko N.K., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
South Federal University
(Taganrog, Russian Federation)

Annotation: the problems and algorithms of their solution for increasing the selectivity of semiconductor gas sensors are considered. A set of applied algorithms helps to determine the gas and its concentration using a single sensor, increase the accuracy of measurements and reduce the detection time.

Keyword: gas analyzer, sensor, response, data processing, calibration dependencies, recognition.

Определение в воздухе загрязнителей, таких как диоксид азота, оксид углерода и диоксид серы, как никогда актуально [1,2]. В системах мониторинга находят применение малогабаритные резистивные полупроводниковые датчики газа, которые наряду с множеством положительных свойств обладают малой селективностью.

Для преодоления этого недостатка существуют различные методы, в том числе связанные с обработкой отклика сенсора, что позволит обеспечить боль-

шую избирательность газового датчика. При этом ключевые характеристики сигнала могут быть просмотрены и проанализированы для идентификации или количественной оценки обнаруженных газов с использованием этих методов.

Это позволит получать более полную картину о составе газовой смеси, в том числе на единичном сенсоре. Данный подход позволит различать реакцию на исследуемый газ по характеру отклика сенсора, при этом не только определять концентрацию, но и различать семейства газов.

Разработанное специализированное программное обеспечение, позволяет не только получать и сохранять сигнал с сенсоров, но также проводить обработку данных с использованием дополнительных предложенных методов и алгоритмов.

Предлагается метод, который без использования сложных алгоритмов и построения нейронных сетей, позволяет с высокой точностью определять вид и концентрацию газа, используя одиночный неселективный полупроводниковый сенсор.

Ранее в работе [3] было показано, что в качестве калибровочных зависимостей можно использовать не только полное значение сопротивления, но также и другие параметры, такие как первая ($S'(t)$) и вторая производная ($S''(t)$) сигнала, коэффициент наклона аппроксимирующей прямой из уравнения Еловича, начальная скорость изменения сигнала (S_0'). Такие данные могут быть получены по динамическим показателям отклика.

Набор многопараметрических калибровочных прямых в многомерном пространстве признаков (ПМП) используется для идентификации газовой смеси. Каждому из газов строятся калибровочные (ПМП), которые проходят предварительную нормировку. Система построенных калибровочных (ПМП) используется для идентификации газа используя следующий алгоритм:

1) Данные об измерении, поступающие с сенсора, проходят предварительную обработку, в том числе нормируются по тем же коэффициентам, что и при построении ПМП в предыдущем алгоритме.

2) Проходит определение точки в многомерном пространстве, соответствующей измерению

3) Расчет минимального расстояния до всех ПМП

4) Сравнение минимальных расстояний до ПМП

5) Определение типа газа по минимальному расстоянию до ПМП

6) Возврат к исходным калибровочным зависимостям, в соответствии с типом газа

7) Определение концентрации газа по набору калибровочных зависимостей

8) Вывод результатов.

Работа данного алгоритма демонстрируется на рисунке 1.

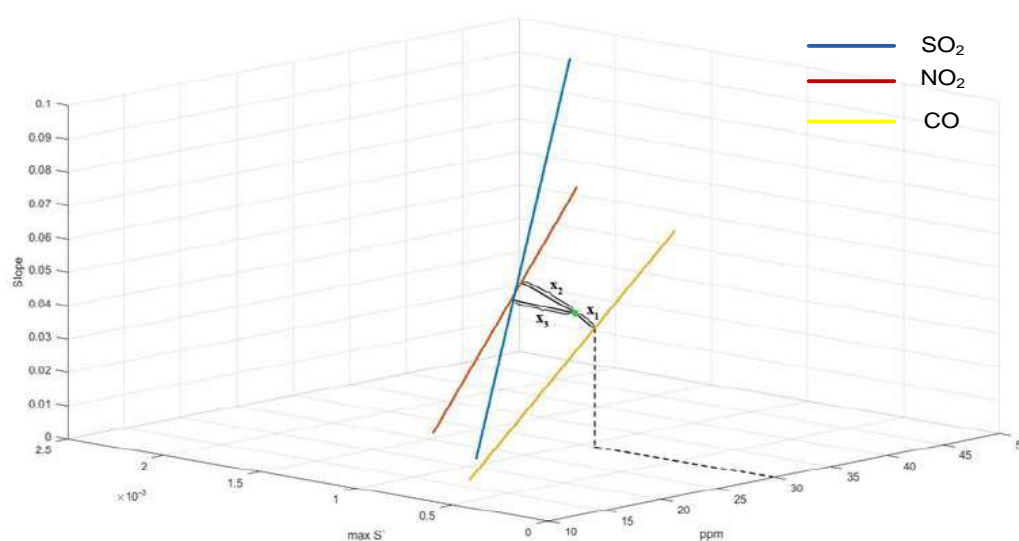


Рисунок 1 – Калибровочные прямые в многомерном пространстве признаков и определение газа и его концентрации

Проведение эксперимента описано в работе [3], там же дается обоснование выбора температуры и описание установки. Для получения набора откликов проведена серия экспериментов с различными концентрациями газов, таких как NO_2 , SO_2 , CO . При таких параметрах наблюдается хорошая реакция сенсора при небольшом уровне шума.

В результате применения разработанных алгоритмов удастся определить искомым газа так же его концентрацию с относительной погрешностью не более 11%.

Заключение. Предлагаемые алгоритмы обработки сигналов сенсоров и построение многопараметрических калибровочных линейных зависимостей позволяют провести распознавание самого газа и оценить его концентрацию.

Литература:

1. Khan, Md A.H.; Thomson, B.; Debnath, R.; Motayed, A.; Rao, M.V. Nanowire-based sensor array for detection of cross-sensitive gases using PCA and machine learning algorithms. *IEEE Sensors Journal* 2020, 20(11), 6020-6028.
2. Myasoedova, T.N.; Mikhailova, T.S.; Plugotarenko, N.K. A study on a NO_2 sensor based on SiO_2 - ZrO_2 composite film, 2018 14th International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEIE), Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia, 2-6 Oct. 2018.
3. Plugotarenko N. K., Myasoedova T. N., Novikov S. P. and Mikhailova T. S. Comparative Analysis of Derivative Parameters of Chemoresistive Sensor Signals for Gas Concentration Estimation // *Chemosensors*. 2022. 10(4). 126.

**ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ
КВАЗИ ВЫСОКИХ ЧАСТОТ ПРИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОМ
ИЗВЛЕЧЕНИИ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ЗАГРЯЗНЕННЫХ
ВОД РАСТЕНИЯМИ РЯСКИ МАЛОЙ «*LEMNA MINOR*»**

Ольшанская Л.Н., доктор химических наук, профессор;
Арефьева О.А., кандидат биологических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»
(г. Саратов, Российская Федерация)

Аннотация: Проведено изучение влияния энергии электромагнитных излучений квази высокой частоты (ЭМИ КВЧ) на очистку загрязнённых вод от ионов тяжелых металлов (ИТМ) биосорбентом ряска малая *Lemna minor*. Показано, что облучение стимулирует увеличение количества удалённых ИТМ природным биосорбентом из загрязнённых вод.

Ключевые слова: очистка, вода, ионы тяжелых металлов, электромагнитное излучение квази высокой частоты.

**APPLICATION OF ENERGY OF ELECTROMAGNETIC RADIATIONS
OF QUASI-HIGH FREQUENCIES IN ELECTROCHEMICAL
EXTRACTION OF HEAVY METAL IONS FROM POLLUTED WATER
BY PLANTS OF LEMNA MINOR**

Olshanskaya L.N., doctor of chemical sciences, professor;
Arefieva O.A., candidate of biological sciences, associate professor
Yuri Gagarin state technical university
(Saratov, Russian Federation)

Annotation: A study was made of the influence of the energy of electromagnetic radiation of quasi-high frequency (EMR EHF) on the purification of polluted waters from heavy metal ions (HTM) with the biosorbent duckweed *Lemna minor*. It has been shown that irradiation stimulates an increase in the amount of ITM removed by natural biosorbent from polluted waters.

Keyword: purification, water, heavy metal ions, quasi-high frequency electromagnetic radiation.

На современном этапе защита окружающей среды приобретают все возрастающее значение. В связи с ростом и развитием производства, транспорта, химизации сельского хозяйства различными предприятиями, ежегодно поставляется в биосферные комплексы огромное количество загрязнений, в том числе токсикантов [1], к которым относятся соединения тяжелых металлов, способных сохраняться практически бесконечно, так как при их превращениях основной

компонент - металл остается без изменения. Многие тяжелые металлы относятся к числу биологически активных элементов, и при избыточном накоплении они становятся опасными для животных и растений, изменяя функцию крови, сердца водных животных, нарушая биохимические процессы, что отражается на общем состоянии гидробионтов и их дыхании [2]. Такие металлы как медь, свинец, кадмий и цинк относятся к наиболее опасным токсикантам. К изменениям в тканях почек, печени и мозга живых организмов приводит избыток в них меди. Свинец и его соединения снижают синтез порфирина, нарушают работу функций центральной и периферической нервной систем. Исследования влияния металлов на живые организмы показали, что растворимые соединения кадмия денатурируют белки, содержащиеся в стенках пищевого канала. Кадмий, попадая в кровь и взаимодействуя с сульфгидрильными группами ферментов, нарушают их функции [3]. Цинк, как правило выводится организмом, однако, прием внутрь его соединений может вызвать нежелательные явления, вплоть до отравления.

В последние годы всё большее применение в технике и технологиях очистки вод от поллютантов находят биологические и биоэлектрохимические методы. К наиболее эффективным и рентабельным способам относится фиторемедиационный, который основан на поглощении растительной клеткой токсичных металлов за счет создаваемой на клеточной мембране разности электрических потенциалов. Фиторемедиация имеет высокую экономическую выгоду в сравнении с иными способами очистки, отличается «экологичностью» и эстетичностью.

Способы очистки, основанные на сочетании применения энергии электромагнитных излучений и способности водной растительности аккумулировать токсиканты являются эффективными, рациональными и экологичными. При воздействии электромагнитного излучения диапазона квази высоких частот (ЭМИ КВЧ) на растительные клетки достигается увеличение ионного тока через катионрегулирующие мембранные системы. Это обусловлено резонансным действием ЭМИ на слабые водородные связи дипольных молекул воды, усилением конвекции растворов и, как следствие, ускорением транспорта протонов. Данная способность ЭМИ КВЧ диапазона может стать основой для разработки новых высокоэффективных технологий очистки сточных вод, направленных на минимизацию антропогенного воздействия на гидросферу, что является важной природоохранной задачей. ЭМИ оказывает также значительное воздействие на биологические системы разных уровней организации. Источниками полей являются многочисленные электромагнитные факторы естественного и искусственного происхождения. Среди электромагнитных полей, в настоящее время особое внимание уделяется диапазону частот от 30 до 150 ГГц. Сформулирован целый ряд гипотез о возможности резонансного взаимодействия ЭМИ этого диапазона с биологическими системами, выявлена зависимость биологической эффективности ММ излучения от частоты и интенсивности воздействующего фактора, определены «частотные» и «амплитудные» окна [4].

Цель данной работы заключалась в изучении воздействия ЭМИ КВЧ диапазона 65 ГГц при облучении растений ряски малой *Lemna minor* в течение раз-

личного времени на извлечение ионов тяжелых металлов для минимизации негативного воздействия на гидросферу предприятий химического профиля.

Остаточные концентрации после извлечения ионов металлов ряской определяли фотометрическим и вольтамперометрическим методами.

Нами установлено изменение концентрации ионов отдельных металлов в пробах в зависимости от времени облучения и времени пребывания ряски в модельных растворах сточных вод (табл. 1).

Таблица 1 - Изменение концентрации ИТМ в пробе (C_{Me} , мг/л) в зависимости от длительности облучения (τ , мин) и времени пребывания ряски (t , час) в растворах $MeSO_4$ ($C_{исх\ Me\ 2+}=1$ мг/л)

Металл	τ , мин	C_{Me}	C_{Me}	C_{Me}	C_{Me}	C_{Me}	C_{Me}	C_{Me}
t, час		0	1	5	24	72	120	168
Cd	к*	1	0,164	0,052	0,029	0,02	0,012	0,01
	5	1	0,66	0,073	0,014	0,011	0,01	0,009
	10	1	0,809	0,155	0,026	0,023	0,013	0,011
	15	1	0,509	0,027	0,024	0,015	0,009	0,001
	30	1	0,182	0,08	0,008	0,005	0,003	0,001
Zn	к*	1	0,566	0,482	0,16	0,137	0,106	0,083
	5	1	0,469	0,268	0,136	0,129	0,123	0,111
	10	1	0,529	0,308	0,096	0,072	0,055	0,042
	15	1	0,539	0,127	0,027	0,023	0,033	0,018
	30	1	0,553	0,116	0,019	0,018	0,015	0,009
Fe	к*	1	0,736	0,695	0,644	0,528	0,37	0,153
	5	1	0,989	0,903	0,873	0,678	0,45	0,285
	10	1	0,777	0,695	0,368	0,346	0,327	0,294
	15	1	0,808	0,736	0,524	0,312	0,082	0,543
	30	1	0,916	0,491	0,472	0,501	0,531	0,537
Cu	к*	1	0,915	0,543	0,374	0,195	0,08	0,023
	5	1	0,893	0,604	0,43	0,257	0,129	0,068
	10	1	0,945	0,749	0,567	0,429	0,245	0,109
	15	1	0,845	0,637	0,449	0,37	0,197	0,081
	30	1	0,897	0,627	0,501	0,427	0,245	0,094
Ni	к*	1	0,95	0,85	0,75	0,63	0,55	0,48
	5	1	0,93	0,83	0,78	0,68	0,68	0,70
	10	1	0,9	0,80	0,71	0,6	0,53	0,65
	15	1	0,84	0,72	0,65	0,52	0,44	0,52
	30	1	0,86	0,83	0,6	0,47	0,42	0,56

*Контрольная проба без облучения ЭМИ. Доверительный интервал 95÷92 %

Полученные результаты по влиянию электромагнитного излучения КВЧ диапазона на процессы фиторемедиации ИТМ из загрязненных вод с помощью биосорбента ряски малой *Letna Minor* позволяют сделать следующие выводы:

1. Установлено стимулирующее воздействие ЭМИ КВЧ на увеличение удаления ИТМ природным биосорбентом.

2. Показано, что при времени облучения природного биосорбента в течение 15 мин. достигается наиболее высокая аккумулирующая емкость ряски по отношению к ИТМ.

3. Скорость и полнота поглощения ионов металлов растениями ряски малой *Lemna minor* уменьшаются в ряду ионов: $Cd^{2+} > Zn^{2+} > Cu^{2+} > Fe^{2+} > Ni^{2+}$, и в значительной степени определяются химической природой металла и размерами катионов.

Литература

1. Банин, И.В. Аналитический вестник Совета Федерации ФС РФ / И.В. Банин // Гринпис России. 2010. № 5 (391). С. 391-392.
2. Мур, Дж.В. Тяжелые металлы в природных водах. / Дж. В. Мур, С. Раммурти. М.: Мир, 1987. 286 с.
3. Бингам, Ф.Т. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов / Ф.Т. Бингам, Э. Коста, Э.М. Эйхенбергер. М.: Мир. 1993. 368 с.
4. Гапеев А.Б. Механизмы биологического действия электромагнитного излучения крайне высоких частот на клеточном уровне / А.Б. Гапеев, Н.К.Чемерис // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2007. № 2-4. С. 44 - 61.

УДК 504.054

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ТВЁРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ТЕРМИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА СЫРЬЯ

Платонова М.С., аспирант;
Гоголь Э.В., кандидат химических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Данная работа основана на анализе образования твёрдых коммунальных отходов и его состава. Вывод оптимальной комбинации условий для снижения негативного воздействия на атмосферный воздух и количество формирующихся отходов.

Ключевые слова: Термическая обработка отходов, сортирование твердых коммунальных отходов, состав ТКО.

RESEARCHING OF THE COMPOSITION OF SOLID MUNICIPAL WASTE BY THE ENTERPRISE FOR THERMAL WASTE UTILIZATION FOR OPTIMIZATION THE COMPOSITION OF WASTE OPTIMIZATION

Platonova M.S., graduate student;
Gogol E.V.1, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor
Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev–KAI
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: This work is based on the analysis of the formation of municipal solid waste and its composition. Conclusion of the optimal combination of conditions to reduce the negative impact on the atmospheric air and the amount of generated waste.
Keyword: Thermal treatment of waste, sorting of municipal solid waste, MSW composition.

Количество и состав ТБО зависят от того, насколько развито сообщество и в каком состоянии находится экономика. Технология селективного сбора ТКО построена по принципу сортировки и переработки ТКО для максимального сохранения в отходах вторсырья, используемого в дальнейшем для изготовления экологически безопасной готовой продукции. ТКО сортируются по фракциям:

- 1) стеклянная тара, стеклобой;
- 2) пластмассовая упаковка и другие пластики;
- 3) бумага, картон;
- 4) черные и цветные металлы;
- 5) полиэтилен высокого и низкого давления, тряпка, резина;
- 6) условно не утилизируемые фракции [1].

В сортировке используют как смешанные ТКО, так и заранее рассортированный по различным бакам. Рассортированные на полезные (вторсырье) и условно бесполезные фракции (годные для производства бетона) ТКО, по отдельности прессуются в небольшие брикеты, которые взвешиваются и учитываются. Данная технология важна для мусоросжигательного завода тем, что она как раз извлекает нежелательные для сжигания элементы из ТКО. Это позволяет уменьшить токсичность шлаков и повысить эффективность очистки дымовых выбросов. В идеальном виде, мусоросжигательный завод должен функционировать одновременно с мусоросортировочными и мусоропрессовочными станциями. Либо возможно функционирование мусоросжигательного завода совместно с предприятиями по переработке ТКО методом гидросепарации, а также при участии селективного сбора ТКО [2,3].

В таблице 1 представлен морфологический, физико-химический и элементный составы ТКО.

Таблица 1 - Морфологический и физико-химический состав ТКО, % по массе

Компонент ТКО	Содержание, %		Среднее
	Проба № 1	Проба № 2	
Пищевые отходы	28,83	42,87	35,850
Бумага, картон	25,92	23,19	24,555
Полимеры	16,81	12,61	14,710
Металл	2,52	1,89	2,205
Стекло	20,91	15,68	18,295
Текстиль	1,76	1,32	1,540
Кожа, резина	0,97	0,73	0,850
Строительные отходы	1,13	0,85	0,990
Дерево	1,15	0,86	1,005
Итого	100,00	100,00	100,000
Физико-химический состав ТКО			
Зольность на раб. массу, %	10 - 21		
Зольность на сух. массу, %	20 - 32		
Органическое вещество на сухую массу, %	68 - 80		
Влажность, %	35 - 60		
Плотность, кг/м ³	190 - 200		
Теплота сгорания низшая на рабочую массу, кДж/кг	5000 - 8000		
Агрохимические показатели, % на сухую массу			
Азот общий	0,8 - 1		
Фосфор	0,7 - 1,1		
Калий	0,5 - 0,7		
Кальций	2,3 - 3,6		
Средний элементный состав современных городских ТКО			
№ п/п	Название элемента	% (сухая масса)	
1	Углерод	36,2	
2	Кислород	20,8	
3	Водород	5,4	
4	Азот	0,8	
5	Сера	0,2	
6	Хлор	0,6	
7	Прочие (инертный остаток, зола)	36	

Металлы в различных формах встречаются в разных категориях предметов, вышедших из употребления и попадающих в компоненты ТКО:

- 1) фунгициды и пигменты для покрытия деревянных поверхностей (CuSO_4 , ZnCl_2 , ZnCrO_4 , CdS , ZnO);
- 2) типографские чернила (PbCrO_4 , PbMoO_4 , CrSO_4);
- 3) средства для отбеливания бумаги (ZnS_2O_4);
- 4) текстильные материалы (NaCr_2O_7 , MnCrO_4);
- 5) пластики (Zn , Cr , Pb , Cd , катализаторы полимеризации – металлоорганические соединения);
- 6) ферросплавы (Cr , Ni) и гальванопокрытия (Zn , Cr);
- 7) стекло (PbO , Cr_2O_3 , CrO_3);
- 8) аккумуляторные батареи (PbO_2 , Cd-Ni) [4].

Сортирование отходов, для термической утилизации позволяет повысить ресурсный потенциал ТКО, часть – извлечение материального потенциала, часть – извлечение биологического потенциала. Позволяет сократить потоки отходов, поступающих на термическую утилизацию, выделить ценные компоненты для повторного использования и опасные – для снижения отрицательного воздействия объектов санитарной очистки на окружающую среду; оптимизировать и повысить энергоэффективность процесса за счёт постоянного состава и подбора оптимальных условий. Данная процедура позволит снизить негативное воздействие выбросов, количество образующихся отходов, а также адаптировать процесс термической обработки под постоянный состав.

Отходы, образованные в процессе утилизации контролируемого состава в соответствии с ГОСТ 55836-2013 обрабатываются: остекловыванием, плавлением, спеканием.

1) остекловывание является процессом, в котором твердых остатков подвергаются воздействию высоких температур (от 1300°C до 1500°C), а затем быстро охлаждаются (воздухом или водой) для получения отвержденного вещества в стеклообразном состоянии. После охлаждения расплава образуется однофазный материал. Для формирования стеклообразного продукта иногда к твердым остаткам добавляются присадки;

2) плавление твердых остатков подобно их остекловыванию, но стадия охлаждения контролируется, чтобы кристаллизация расплава осуществилась в максимально возможной степени. Это приводит к образованию многофазного материала. Можно также добавлять специальные присадки для облегчения кристаллизации вещества;

3) спекание твердых остатков происходит при их нагреве до температуры, при которой происходит сцепление частиц и реконфигурируются химические фазы в остатках. Это приводит к образованию более плотного продукта с меньшей пористостью и большей прочностью, чем исходный. Типичные температуры составляют около 900°C [5].

Литература:

1. Дубровская, О. Г. Ресурсосберегающие технологии обезвреживания и утилизации отходов предприятий теплоэнергетического комплекса Красноярского края [Электронный ресурс]: монография / О. Г. Дубровская, Л. В. Приймак, И. В. Андруняк. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. - 164 с. - ISBN 978-5-7638-3087-3. - Текст: электронный. - [Электронный ресурс]: URL: <https://znanium.com/catalog/product/505820> (дата обращения: 01.12.2020)

2. Матросов А.С. Управление отходами. М.: Гардарики, 1999 г. С.– 480

3. Научно-практический журнал «Твёрдые бытовые отходы» issn 2078-1040, октябрь 2018/ А.Н. Тугов, О.А. Смирнова «К вопросу о строительстве в Московской области заводов по сжиганию ТКО» [Электронный ресурс]: URL: https://delfi-law.ru/wp-content/uploads/2018/11/ТВО_10_2018.pdf (дата обращения: 01.12.2020)

4. Министерство природных ресурсов и экологии России, справочник

Наилучших доступных технологий «Обезвреживание отходов термическим способом (сжигание отходов)» Т. 3, Москва, 2015

5. ГОСТ Р 55836-2013 Ресурсосбережение. Наилучшие доступные технологии. Обработка остатков, образующихся при сжигании отходов

УДК 67.08

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОДЕГРАДИРУЮЩЕЙ АКТИВНОСТИ БАКТЕРИИ *ALCANIVORAX BORKUMENSIS* В ОБРАЗЦЕ НЕФТЕСОДЕРЖАЩЕГО БУРОВОГО ШЛАМА

Рожин А.О., младший научный сотрудник;
Фахруллина Г.И., кандидат биологических наук, научный сотрудник.
ФГАОУ ВО "Казанский (Приволжский) федеральный университет"
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Для очистки отходов нефтяного бурения использована алкандеградирующая бактерия *Alcanivorax borkumensis*. После культивации были зафиксированы результаты нефтеразрушающей деятельности бактерий: в растворах пропорционально начальной концентрации увеличилась оптическая плотность и уменьшилось значение pH.

Ключевые слова: буровой шлам, нефтедеструкция, алкандеградирующая бактерия, *Alcanivorax borkumensis*.

INVESTIGATION OF THE BIODEGRADATING ACTIVITY OF THE BACTERIUM *ALCANIVORAX BORKUMENSIS* IN A SAMPLE OF OIL-CONTAINING DRILLING MUD

Rozhin A.O., junior research scientist;
Fakhrullina G.I., Ph.D., research scientist.
Kazan (Volga Region) Federal University
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The alkandegrading bacterium *Alcanivorax borkumensis* was used to clean oil-drilling waste. After cultivation, the results of the oil-destroying activity of bacteria were recorded: in solutions, the optical density and the pH value increased proportionally to the initial concentration.

Keyword: drilling mud, petrodestructions, alkane degrading bacterium, *Alcanivorax borkumensis*.

Введение:

Устойчивое, динамичное и сбалансированное развитие на долгосрочный период невозможно без перехода к экологически чистой и ресурсосберегающей

энергетике, предполагающей повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, а также формирование новых источников и способов транспортировки и хранения энергии. Добыча нефти и природного газа связана с постоянными рисками негативного воздействия на окружающую среду в масштабах, угрожающих воспроизводству природных ресурсов, а в отдельных случаях – с опасностью для жизни и здоровья граждан. Нефтяные загрязнения почвы и воды могут наносить вред экологически чистому агро- и аквахозяйству, создавая проблемы для обеспечения продовольственной безопасности. Наибольший экологический ущерб оказывают такие факторы, как образование шлама, сжигание попутного нефтяного газа, повышенная аварийность и использование мазута [1].

Данное исследование посвящено одной из перечисленных признанных проблем нефтяного комплекса – необходимости переработки образовавшихся в процессе бурения шламов, загрязненных нефтепродуктами. Снижение класса опасности отходов могут облегчить процесс их перевозки и удешевить переработку. В настоящее время одним из вариантов решения указанной проблемы является биоремедиация при помощи бактериальных агентов. В приведенном исследовании использовались биodeградирующие свойства бактерии *Alcanivorax borkumensis* в процессе поглощения нефтяного компонента буровых шламов. Морская алкандеградирующая бактерия *A. borkumensis* считается преобладающим микроорганизмом, ответственным за биodeградацию n-алканов, которые являются основной фракцией нефтяных углеводородов, благодаря чему этот вид является доминирующим в образцах морской воды после разливов нефти [2]. Ряд исследователей утверждает, что возможно культивирование АВ на n-алканах и углеводородах сырой нефти в качестве единственного источника углерода и энергии [3].

Методика:

В опытные конические колбы на 100 мл, содержащие по 30 мл буровых шламов, разведенных стерильной дистиллированной водой в различных концентрациях (1:10, 1:5, 1:3 и 1:1) стерильно добавлялось по 1 мл отмытой ночной культуры *A. borkumensis* с оптической плотностью 0,8-1,0 единиц. После этого колбы закрывались ватно-марлевыми пробками, запечатывались пленкой. Культивация проводилась в инкубаторе при температуре 30 °С и с помешиванием на платформе, с частотой 80 оборотов в минуту. После окончания 25-дневных экспериментов были измерены характеристики надосадочной части буровых растворов. Были измерены значения рН, показатели оптической плотности и построены спектры поглощения. На таблице 1 показаны результаты измерения оптической плотности и рН. Оптическая плотность была измерена при помощи прибора Multiscan FC, Thermo Fisher Scientific для вычисления условных показателей оптической плотности используемых суспензий (в единицах). Протокол состоял из встряхивания планшета при средней скорости в течение 5 секунд и измерения оптической плотности при длине волны в 595 нм. рН был измерен при помощи индикационных полосок Munktel, 10-кратная по вторность. Спектры поглощенного света надосадка буровых растворов были

построены при помощи спектрофотометра NanoPhotometer N80-Touch, Implen.

Результаты:

Результаты измерений оптической плотности и рН приведены в таблице 1. График спектров поглощенного света надосадка изображены на Рисунке 1. Исходя из таблицы 1 и рисунка 1, можно сделать вывод, что чем концентрированнее буровой раствор, тем более мутным и насыщенным оказывается надосадок в результате 25-дневной культивации с бактериями *A. borkumensis*. Это связано с тем, что численность бактерий в жидкой среде растет при наличии источника питания и она прямо пропорционально количеству данного источника. Кроме того, в результате деятельности бактерий происходит незначительное закисление среды. Данное наблюдение соотносится с некоторыми данными исследователей и свидетельствует об активности алкандеградирующих бактерий [4].

Таблица 1 – Значения оптической плотности и рН надосадка буровых растворов после 25 дней культивации с бактерией *Alcanivorax borkumensis*.

Разведение	1:1	1:3	1:5	1:10	исходная
Оптическая плотность, ед.	0.098	0.089	0.073	0.058	0.017
рН	5.1	5.3	6.3	6.0	6.6



Рисунок 1 – Спектры поглощения буровых растворов после культивации

В заключении необходимо отметить, что использованная среда в виде буровых шламов была обедненной по содержанию питательных веществ, поэтому активность алкандеградирующих бактерий, наблюдаемая в процессе опытов, связана исключительно с процессом переработки ими нефтяного компонента, что может быть применено для промышленной очистки больших объемов отходов бурения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации № МК-4393.2022.1.3.

Литература:

1. Nikolaichuk L, Tsvetkov P. Prospects of Ecological Technologies Development in the Russian Oil Industry / International Journal of Applied Engineering Research. 2016; 11(7): 5271-5276.

2. Yakimov M, Golyshin P, Lang S, Moore E. *Alcanivorax borkumans* gen. nov., sp. Nov., a new, hydrocarbon degrading and surfactant producing marine bacterium / Intern. Jour. of Syst. Bacteriol. 1998; 48: 339-348.

3. Hara A, Baik S, Syutsubo K. Cloning and functional analysis of *alkB* genes in *Alcanivorax borkumensis* SK2 / Envir. microbiol. 2004; 6: 191-197.

4. Albright V, Zhuk I, Wang Y, Selin V, van de Belt-Gritter B. Self-defensive antibiotic-loaded layer-by-layer coatings: Imaging of localized bacterial acidification and pH-triggering of antibiotic release / Acta biomaterialia. 2017; 61: 66-74.

УДК 502.2.08

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ КОАГУЛЯЦИОННОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Сибгатуллина О.С., магистр;

Мингазетдинов И.Х., кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева - КАИ»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Широкое применение при очистке сточных вод от загрязнителей находят методы центробежного разделения с использованием коагулянтов. Эффективность такого подхода зависит от ряда характеристик (вида, состава и концентрации загрязнителей). Выявлено, что традиционные способы дозирования коагулянтов приводят к их большому расходу, что существенно повышает стоимость процесса очистки. С целью непрерывного автоматического регулирования количества подаваемого коагулянта нами было предложено рычажное устройство дозирования.

Ключевые слова: коагуляция, дозирование, рычажной дозатор, управление

COAGULATION WASTEWATER TREATMENT PROCESS MANAGEMENT

Sibgatullina O.S., master's student,

Mingazetdinov Id.Kh., candidate of technical sciences, associate professor
Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev
(Kazan, Russian Federation)

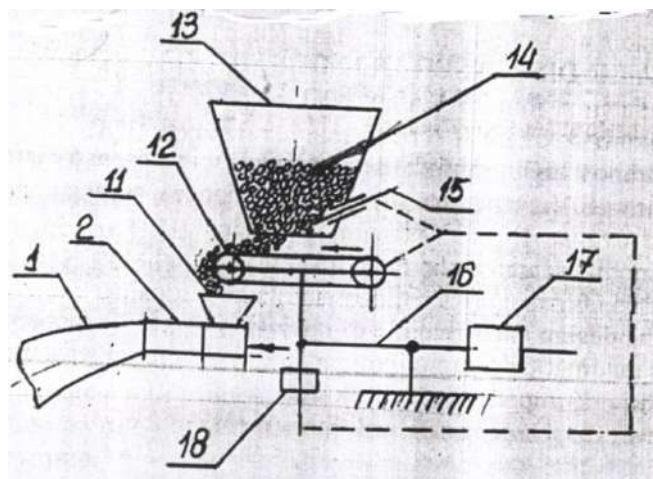
Annotation: In the practice of wastewater treatment from pollutants, centrifugal separa-

tion methods using coagulants are widely used. The efficiency and quality of cleaning depends on the type, composition and concentration of contaminants and maintaining the required optimal composition of coagulants. For continuous automatic control of the amount of supplied coagulant, a lever dosing device is proposed.

Keyword: coagulation, dosing, lever dosing, control

Многие методы очистки загрязненных сточных вод при реализации требуют введения различных добавок или вспомогательных компонентов с целью повышения эффективности очистки. Введение коагулянтов и флокулянтов в очищаемую воду является важным компонентом, позволяющим повысить качество очистки. В результате их введения происходит процесс укрупнения дисперсных частиц, объединяющихся в агрегаты. Коагулянты в воде образуют хлопья, которые быстро оседают под действием сил тяжести, центробежных сил или задерживаются на фильтроэлементах. Использование коагуляции целесообразно для очистки воды от тонкодисперсных примесей и эмульгированных веществ с размерами частиц $d \approx 1 - 100$ мкм [1]. В качестве коагулянтов наиболее часто используют соли алюминия и железа. В ходе химических реакций они образуют малорастворимые гидроксиды алюминия и железа, обладающие хлопьевидной развитой поверхностью. На эти хлопья оседают мелкодисперсные и коллоидные загрязнители и процессы физико-химической очистки улучшаются.

С целью непрерывного автоматического дозирования необходимых коагулянтов был предложен рычажный дозатор, представленный на рисунке 1.



1 – корпус устройства очистки, 2 – статический смеситель, 11 – воронка, 12 – ленточный транспортеры, 13 – бункер, 14 – сыпучий материал, 15 – заслонка, 16 – рычаг с делениями, 17 – противовес, 18 – датчик

Рисунок 1 – Рычажный дозатор

Данное устройство имеет вид рычажных весов, на одном плече которых имеется противовес. Он может перемещаться вдоль плеча с разметками. Градуировочная разметка предназначена для регулирования массы груза на другом плече рычага. Датчик, находящийся под плечом весов, контролирует их положение. На другом конце рычажных весов расположен ленточный транспортер.

Над ним установлен бункер с запасом выбранного коагулянта в виде порошка или гранул. Бункер оснащен заслонкой. Таким образом, коагулянт через это отверстие подается на ленточный транспортер. Далее он попадает в воронку в количестве, определенном исходным расчетом. Поступление коагулянта на ленту транспортера осуществляется до уравнивания плеч рычага с противовесом, о чем будет свидетельствовать датчик. Лента транспортера приводится в действие от постороннего привода, связанного с датчиком [2].

В случае, когда исходные данные процесса меняются (количество очищаемой жидкости, вид и концентрация загрязнителя), устанавливается новое значение необходимого количества коагулянта. При этом управление обеспечивается регулированием противовеса на рычаге. После подобной настройки дозатор работает автоматически, осуществляя регулирование процессом очистки сточных вод.

Таким образом, предложенное устройство позволяет повысить качество очистки загрязненной жидкости и расширяет диапазон использования.

Литература:

1. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков / Кривошеин Д.А., Кукин П.П., Лапин В.Л. и др. // М.: Высшая школа, 2003. – 344 с.
2. Патент РФ № 2019109536, 15.10.2019. Мингазетдинов И.Х., Сибгатуллина О.С., Гумерова Г.И. Устройство центробежной очистки // Патент России № 193149. 2019. Бюл. № 29.

УДК 666.3

УТИЛИЗАЦИЯ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ МОДИФИКАЦИИ СОСТАВОВ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА

Спирина О.В., кандидат технических наук, доцент
ФБГОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный
университет», (г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Исследованы составы керамических масс модифицированных отходами металлургического производства, имеющие в своем составе ценные компоненты, позволяющие улучшить физико-механические свойства керамического кирпича. Изучена зависимость влияния степени дисперсности сырьевых материалов на прочностные свойства керамического кирпича.

Ключевые слова: утилизация металлургических отходов, керамический кирпич, пыль газоочистки, ковшевой шлак.

STEEL WORKS PRODUCTION SECONDARY RAW MATERIALS UTILIZATION AT CERAMIC BRICKS CONTENT MODIFICATION

O.Spirina, Ph.D.

Kazan State Architecture and Civil Engineering University
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: Content of ceramic masses modified by the tails of steel works production has been researched, such content having valuable components making possible to improve ceramic bricks physical and mechanical properties. Raw materials dispersion influence on the mechanical properties of bricks has been researched.

Keyword: production tails utilization, ceramic brick, gas cleaning dust, slag.

Приоритетным направлением развития керамической промышленности является широкое внедрение малоотходных и безотходных технологий, использование вторичных отходов производства, получение новых видов керамических материалов с заданными свойствами [1,2].

Анализ основных месторождений глинистого сырья Республики Татарстан для производства строительной керамики показал, что глины по своему химическому составу являются суглинками с низким содержанием глинозема Al_2O_3 . Повысить качество керамического кирпича можно путем модификации керамической массы различными добавками.

Керамическое производство является материало- и энергоемким производством, что существенно отражается на себестоимости керамических материалов. Одним из главных направлений расширения сырьевой базы и снижения стоимости сырья является модификация глиняной массы отходами металлургического производства, которые имеют схожий состав с полиминеральным глинистым сырьем, что дает возможность использовать их в качестве добавки и способствует более рациональному использованию природного сырья. Актуальность работы заключается в том, что утилизация металлургических отходов позволяет уменьшить их негативное влияние на окружающую среду и получить материалы с улучшенными эксплуатационными свойствами [2].

Были проведены лабораторные испытания составов керамических масс на основе полиминеральных глин Кошачковского завода (г. Казань) с добавкой металлургического *шлака ковшевого* (масс.%): CaO 50,2; Al_2O_3 26,4; SiO_2 12,0, в меньших количествах присутствуют Cr_2O_3 , ZnO; и металлургической *пыли газоочистки*, основным компонентом которого является Fe (общ) 35,0 масс.% . Добавки вводились в количествах 10,15 и 20 масс.%.

Установлено, что исследуемые глины имеют среднюю степень дисперсности, карьерную влажность от 15 до 30%, воздушно линейную усадку от 3 до 10%, среднечувствительны к сушке, по огнеупорности относятся к легкоплавким глинам, преобладающие компоненты в химическом составе – кремнезем (SiO_2) 43,55–75 масс.%. Согласно ГОСТ 9169–75 исследуемые глины относятся к кислой группе, поскольку содержание Al_2O_3 не превышает 15 масс. %, по со-

держанию красящих оксидов принадлежат к группе со средним содержанием Fe_2O_3 , так как оксид железа (III) в шихте не превышает 3%. Поэтому введение металлургической пыли газоочистки позволит корректировать цветовую гамму керамического кирпича. Данные исследований представлены в виде графиков на рисунках 1,2.

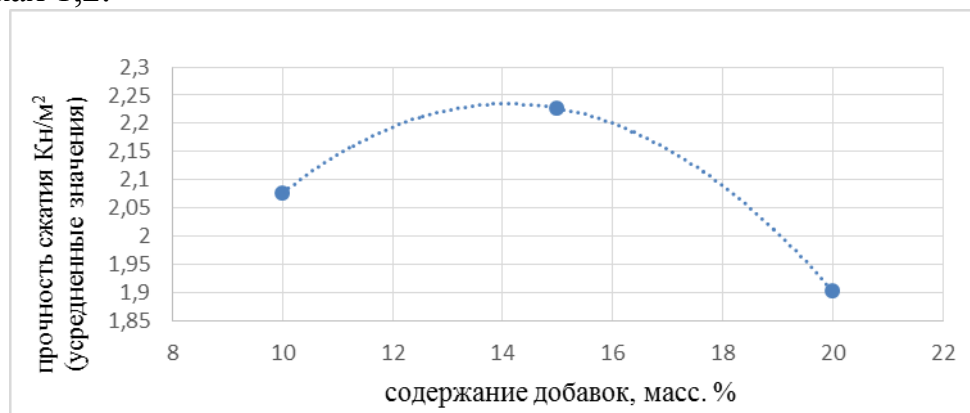


Рисунок 1 – Зависимость прочности на сжатие от количества вводимой добавки металлургического шлака ковшевого

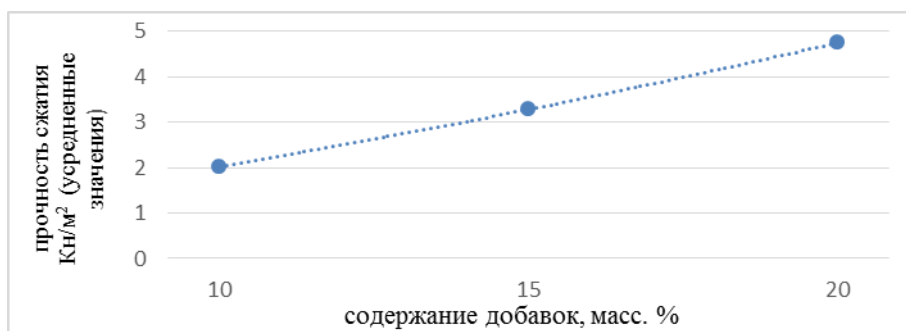


Рисунок 2 – Зависимость прочности на сжатие от количества вводимой добавки металлургической пыли газоочистки.

Установлено, что введение добавки *шлака ковшевого* до 15 масс.% приводит к повышению показателя прочности на сжатие (МПа) в 1,27 раза, при введении *пыли газоочистки* прочность увеличивается линейно.

Дополнительно были изучены сравнительные характеристики влияния степени дисперсности исходных сырьевых материалов на прочностные показатели керамического кирпича на электромагнитном механическом активаторе CMD5(297). Данный аппарат представляет новый тип мельниц, работа которого основана на способе диспергирования материала в магнитоожигенном слое ферромагнитных размольных элементов [3]. Механическая активация разработанных составов в современном аппарате вихревого слоя повышает прочность керамического материала от 1,28 до 2,68 раза в зависимости от количества вводимой добавки.

Данные результаты исследования представлены на графиках рисунков 3,4.

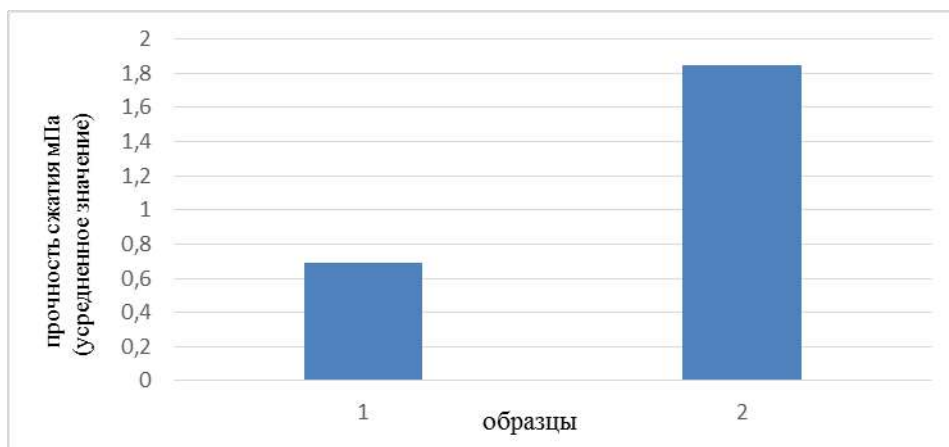


Рисунок 3 – Испытание образцов на прочность при сжатии, где 1 - образцы, составы которых не прошли аппарат вихревого слоя, 2 - образцы, составы которых прошли аппарат вихревого слоя (содержание металлургической пыли газоочистки 20 масс. %)

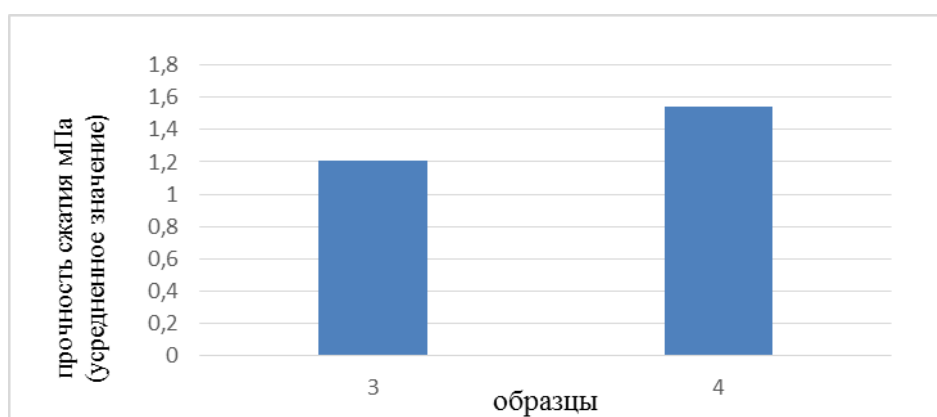


Рисунок 4 – Испытание образцов на прочность при сжатии, где 3- образцы, составы которых не прошли аппарат вихревого слоя, 4- образцы, составы которых прошли аппарат вихревого слоя (содержание металлургического шлака ковшевого 20 масс. %)

Учитывая, что отходы металлургической пыли газоочистки содержат в своем составе большое количество соединений железа до 33масс.%, было установлено, что при введении пыли газоочистки железистые примеси придают керамическим образцам цвет от бледно-розового до светло-шоколадного в зависимости от количества вводимой добавки.

Проведенные исследования по модификации керамических масс вторичным сырьем металлургического производства имеют практическую значимость, так как в результате внедрения таких отходов в качестве добавки к глинистому сырью происходит снижение токсичного воздействия данных отходов на окружающую среду путем связывания их компонентов инертными веществами и остекловывания высокими температурами, что отражается на эксплуатационных свойствах стеновой керамики [2,4].

Таким образом, данные исследования имеют научно-практическую значимость для керамической промышленности и могут быть внедрены в производство стеновой керамики.

Литература:

1. Иванов А.С., Евтушенко Е.И. Стеновые керамические материалы с использованием металлургического шлака // Строительные материалы. 2009. № 7. С. 64–65.
2. Салахов А.М., Ремизникова В.И, Спирина О.В., Мочалов А.Ю Производство строительной керамики – Казань: Центр инновационных технологий, 2003. – 292 с.
3. Строганов В.Ф., Амельченко М.О., Мухаметрахимов Р.Х., Вдовин Е. А., Табаева Р.К. Повышение уровня адгезии стирол-акриловых покрытий модифицированным наполнителем-шунгитом при защите строительных материалов. «Клеи. Герметики. Технологии» №9, 2021. – С. 29-32.
4. Оценка качества строительных материалов: Основные методики лабораторных испытаний: учеб. пособие / В.С. Руднов [и др.] ; под общ. ред. доц., канд. техн. наук И.К. Доманской. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. — 108 с.

УДК 691.261.2:667.6

ЭФФЕКТИВНОСТЬ НАПОЛНЕНИЯ СТИРОЛ-АКРИЛОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ АКТИВИРОВАННЫМ КАОЛИНОМ

Строганов В.Ф., доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой «Химии и инженерной экологии в строительстве» КГАСУ;
Амельченко М.О., доцент, кандидат технических наук;
Табаева Р.К., студент 2 курса магистратуры;
Емельянова Д. И., студент 1 курса магистратуры
ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: В статье представлены результаты исследования наполнения стирол-акриловых лакокрасочных покрытий активированным каолином. Определены значения основных эксплуатационных характеристик наполненных лакокрасочных материалов. Установлено, что введение в композицию активированного каолина обеспечивает повышение уровня показателей.

Ключевые слова: биоповреждение, стирол-акриловый сополимер, активированный каолин, аппарат вихревого слоя.

EFFICIENCY OF FILLING STYRENE-ACRYL POLYMER COMPOSITIONS WITH ACTIVATED KAOLIN

Stroganov V.F., Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Department of Chemistry and Engineering Ecology in Construction, KSUAE
Amelchenko M.O., associate professor, candidate of technical sciences

Tabaeva R.K., 2nd year master student
Emelyanova D.I., 1st year master student
"Kazan State University of Architecture and Civil Engineering"
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The article presents the results of a study of filling styrene-acrylic coatings with activated kaolin. The values of the main operational characteristics of the filled paintwork materials are determined. It has been established that the introduction of activated kaolin into the composition provides an increase in the level of indicators.

Keyword: biodamage, styrene-acrylic copolymer, activated kaolin, vortex layer apparatus.

Введение

Биоповреждение строительных изделий и конструкций является одной из важнейших проблем строительства, последствия которой влияют не только на потерю эксплуатационных свойства строительных материалов и финансовых затрат, но и негативно воздействуют на здоровье человека[1,2]. В этой связи, защита строительных конструкций, зданий и сооружений от биологического воздействия окружающей среды является весьма важной и актуальной задачей специалистов (строителей, технологов и т.д.), которую необходимо учитывать на всех этапах жизни объекта – при проектировании, строительстве и реконструкции зданий.

Для защиты строительных изделий и конструкций в строительстве рассматривают четыре группы воздействий – на среду, на источник воздействия (микроорганизмы), на объект защиты (строительные материалы, изделия и конструкции), а также комплексное воздействие. Среди перечисленных методов защиты наиболее просты и удобны методы, направленные на воздействие на защищаемый материал, в частности нанесение полимерных лакокрасочных композиционных материалов, что наряду с высокими технологическими и эксплуатационными характеристиками, обеспечивает защиту строительных материалов и конструкций от пагубного влияния биокоррозии.

Защита материала от коррозии при использовании лакокрасочных материалов (ЛКМ) происходит за счет защитной изоляционной пленки на поверхности материала, характеристики которой во многом определяются ее составом. Так наиболее перспективно применение водно-дисперсионных ЛКМ на акриловой и стирол-акриловой основе с применением минерального наполнителя-каолина. Однако наполнитель не обеспечивает все требуемые защитными характеристики. В этой связи необходима модификация каолина путем механоактивации, что обеспечит увеличение дисперсности наполнителя и, как следствие, усиление межмолекулярных взаимодействий между наполнителем и пленкообразователем. Среди известных способов[3,4], согласно литературному анализу, наибольшей эффективностью обладает метод диспергирования в аппарате вихревого слоя.

Известно, что наполнение высокодисперсным наполнителем обуславливает не только увеличение контакта между частицами наполнителя и пленкообразователя, но и обеспечивает равномерное распределение дисперсных компонентов в объеме полимерного покрытия. По результатам дисперсного анализа установлено, что его обработка в аппарате вихревого слоя способствует увеличению степени дисперсности наполнителя до 6 мкм (рис. 1).

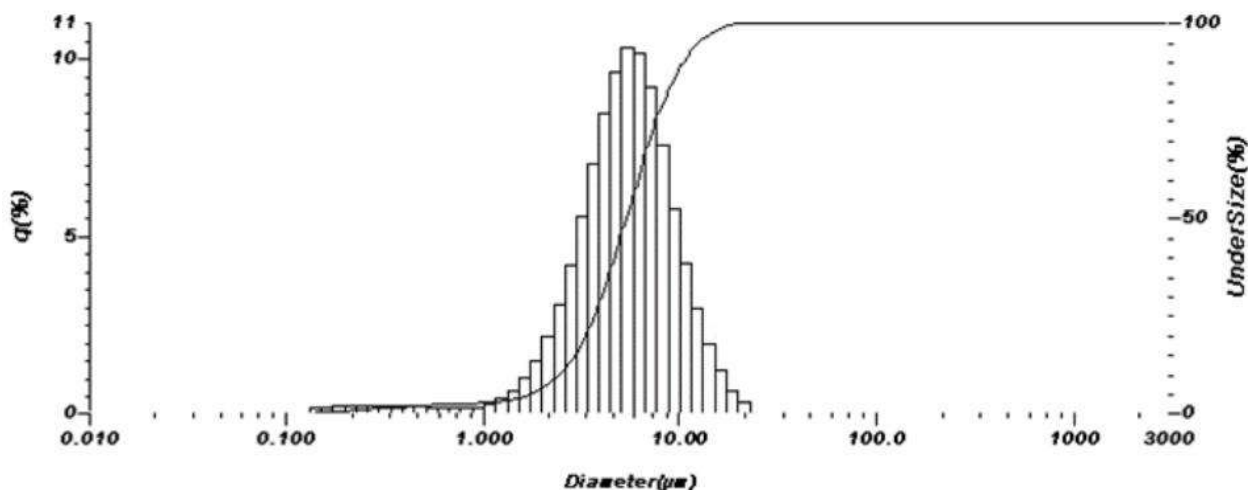


Рисунок 1 – Дисперсное распределение частиц каолина, активированного в аппарате вихревого слоя

Высокая дисперсность активированного каолина способствует более равномерному распределению компонентов в объеме покрытия, что обуславливает повышение уровня межмолекулярных взаимодействий и, следовательно, оказывает влияние на эксплуатационные характеристики.

Установлено, что смываемость лакокрасочных покрытий на стирол-акриловой основе, наполненных активированным каолином, способствует его значительному снижению с $17,8 \text{ г/м}^2$ до $4,8 \text{ г/м}^2$.

Полученный результат можно объяснить образованием более плотной структурой лакокрасочного покрытия (ЛПК), препятствующей механическому воздействию и проникновению жидких сред, что косвенно подтверждается снижением уровня значений водопоглощения более чем в 2,5 раза. Кроме того, следует отметить снижение показателя влагопоглощения от 5% до 4,4 %.

Анализ результатов адгезионной прочности показал, что наполнение активированным каолином обеспечивает высокий уровень сцепления защитного покрытия с цементно-песчаным субстратом – 3,22 МПа по сравнению с неактивированным наполнителем (2,59 Мпа).

Высокий уровень адгезионной прочности можно также объяснить увеличением площади контакта ЛПК с защищаемой поверхностью в связи с высокой дисперсностью наполнителя, – активированного каолина, что схематично показано на рисунке 2 и подтверждается увеличенной площадью отрыва «грибка» от поверхности цементно-песчаного раствора (рисунок 3).

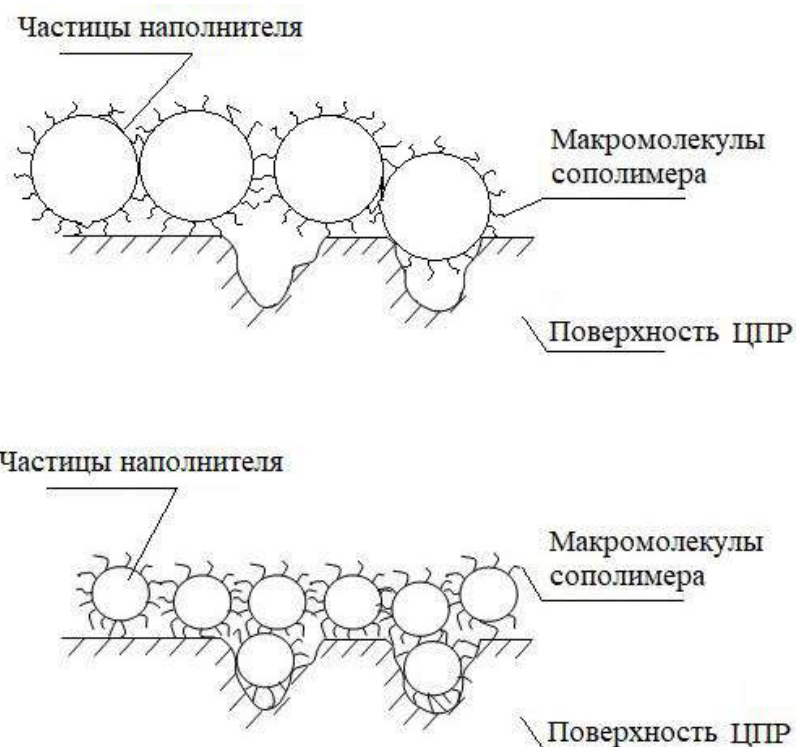


Рисунок 2 – Схематичное изображение влияния высокой дисперсности активированного каолина на увеличение площади контакта между субстратом и композицией

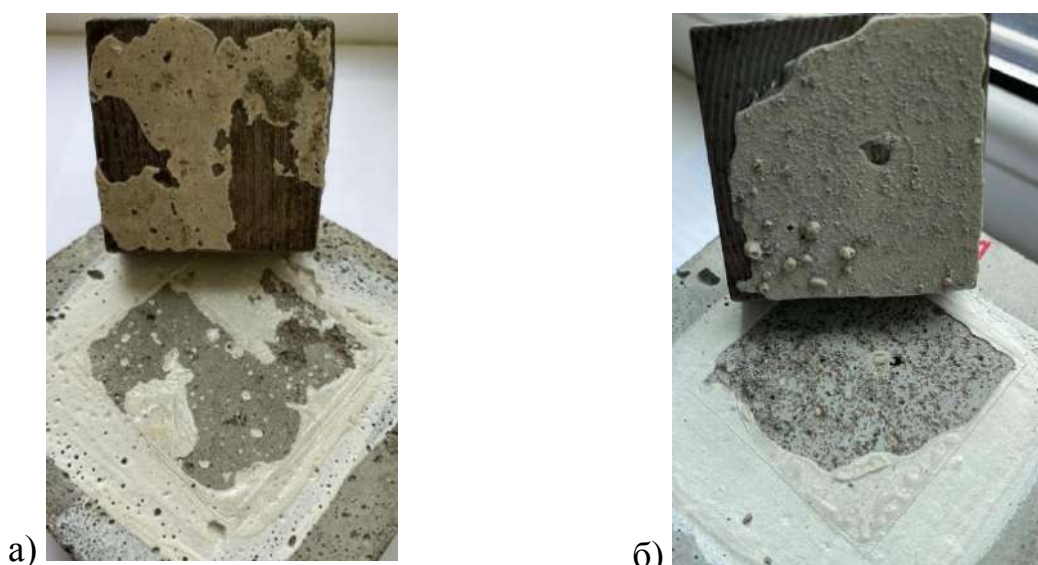


Рисунок 3 – Результат отрыва лакокрасочных покрытий на стирол-акриловом связующем, наполненных исходным (а) и активированным (б) каолинами, от цементно-песчаного субстрата

Таким образом, наполнение ЛПК каолином, активированным в аппарате вихревого слоя, обуславливает повышение уровня взаимодействия между компонентами лакокрасочной композиции и их равномерному распределению по объему покрытия. Формируемая структура ЛПК обеспечивает повышение уровня эксплуатационных показателей: смываемость в 3,5 раза, водопоглоще-

ние в 2,5 раза и адгезионной прочности в 1,5 раза. Кроме того, наполнение ЛПК активированным каолином повышает стойкость покрытий к действию агрессивных сред и биостойкости. Полученные результаты подтверждают эффективность применения аппарата вихревого слоя и перспективность исследований по применению метода активации наполнителей в составе защитных полимерных лакокрасочных покрытий.

Литература:

1. Экологические проблемы биодegradации промышленных, строительных материалов и отходов производств: Сб. материалов. / Изд-во: Научный совет РАН по проблемам биоповреждений, 2000. — 192 с.;
2. Строганов В.Ф., Сагадеев Е.В. С86 Биоповреждение строительных материалов: Учебное пособие /В.Ф. Строганов, Е.В. Сагадеев.– Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2018. – 61 с.;
3. Карт М.А., Тарасов С.Г., Войтович В.А. Перспективы использования аппаратов вихревого слоя для получения лакокрасочных материалов // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2016. № 4. С. 43-46;
4. Вдовин Е.А., Строганов В.Ф. Анализ возможностей модификации и выбор рациональных методов и технологий укрепления грунтов активированными наполнителями для дорожных одежд // Известия КазГАСУ. 2018. №4 (46). С. 274-282.

УДК 62-622:504

ВОДОРОДНАЯ ТЭЦ – ПУТЬ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДОВ

Тағоев С.А., кандидат технических наук, доцент
Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими
(г. Душанбе, Таджикистан)

Аннотация: Проблема энергоснабжения городов является актуальной, так как влияет на уровень комфорта городской среды. Объекты энергоснабжения (ТЭЦ, котельные) влияют на экологическое состояние городов. Одним из путей повышения экологической безопасности энергоснабжения является поиск экологически чистого топлива для ТЭЦ - водород. Для производства водорода способом электролиза воды требуется дешевая электроэнергия, которое имеет место в Таджикистане при эксплуатации гидроэлектростанций, в частности Рогунской гидроэлектростанции в летний сезон.

Ключевые слова: «зеленая» энергетика; водородная ТЭЦ; экологическая безопасность; энергоснабжения городов.

HYDROGEN THERMAL POWER PLANT – A WAY TO IMPROVE THE ENVIRONMENTAL SAFETY OF URBAN ENERGY SUPPLY

Tagoev S.A., candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi
(Dushanbe, Tajikistan)

Annotation: The problem of urban energy supply is urgent, as it affects the comfort level of the urban environment. Energy supply facilities (thermal power plant, boiler house) affect the ecological state of cities. One of the ways to improve the environmental safety of energy supply is the search for environmentally friendly fuel for thermal power plants - hydrogen. The production of hydrogen by water electrolysis requires cheap electricity, which takes place in Tajikistan during the operation of hydroelectric power plants, in particular the Rogun hydroelectric power plant during the summer season.

Keyword: "green" energy; hydrogen thermal power plant; environmental safety; energy supply of cities

Проблема энергоснабжения, особенно теплоснабжения городов, является актуальной, так как влияет на уровень комфорта городской среды. Для этого в городах строят теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) для совместного производства тепловой и электрической энергии, котельные для производства только тепловой энергии. Эти объекты потребляют органическое топливо – природный газ, мазут или уголь, продукты сжигания, которых ухудшают экологическое состояние городов. Инженерная защита городской среды от выбросов ТЭЦ и котельных не полностью решает проблему, так как степень очистки не достигает 100%. Это особенно актуально для г. Душанбе, так как на ДТЭЦ-2 сжигается местный энергоресурс – уголь.

Одним из путей решения этой проблемы является поиск экологически чистого топлива для ТЭЦ. Природный газ является относительно экологически чистым по сравнению с углем, но в Таджикистане добыча природного газа нерешена, а мировая цена на природный газ растет и становится экономически неэффективным для сжигания в ТЭЦ.

В Таджикистане преобладает “зеленая” энергетика, так как около 93% электроэнергии производится на основе возобновляемых источников энергии – гидроэлектростанциях. Таджикистан обладает высоким гидроэнергетический потенциал (527 млрд. кВт·ч в год), из которого сегодня используется только около 5%. Строится и сдается в эксплуатацию еще один источник «зеленой» энергии - Рогунская ГЭС. Ввод в эксплуатацию всех шести гидроагрегатов запланирован на декабрь 2029 года, набор проектной отметки НПУ водохранилища — 2032 год. Проектная мощность Рогунской ГЭС равна 3600 МВт с 6-ю агрегатами по 600МВт каждый и годовой выработкой электроэнергии 13,1 млрд. кВт·ч/год [1]. Дешевая и доступная электроэнергия позволяет обеспечи-

вать потребность страны в различных энергиях, так как электроэнергию можно легко преобразовать в другие энергии – механическую, тепловую и т.д.

Один из перспективных направлений, который нуждается в дешевой и доступной электроэнергии является “зеленое” производство водорода [2]. В летнее время, когда потребность в энергии уменьшается, есть возможность направить электроэнергию гидроэлектростанций на развитие водородной энергетики.

Промышленное производство водорода на основе дешевой и доступной электроэнергии позволяет создать несколько “зеленых” направлений техники и технологий, в частности, создание и эксплуатация теплоэлектроцентралей на водороде, и их эксплуатация в отопительном сезоне (рис. 1). При сжигании водорода продуктом сгорания является только водяной пар. Проблемой является хранения водорода при высоко давлении и себестоимость производства водородного топлива.

Себестоимость производства водорода методом электролиза воды в Европе оценивается 10 доллар за килограмм, что очень дорого. Это естественно, так как себестоимость электроэнергии на органическом топливе высокая.

Себестоимость производства водорода зависит от технологии, стоимости электроэнергии и уровня загрузки мощностей. «Зеленый» водород должен стоить не более \$2,5 за 1 кг, чтобы быть конкурентоспособным. Для этого необходима и низкая цена электролиза, и дешевая электроэнергия. В качестве источника дешевой электроэнергии может выступать ГЭС в летнее время (неотопительный сезон).

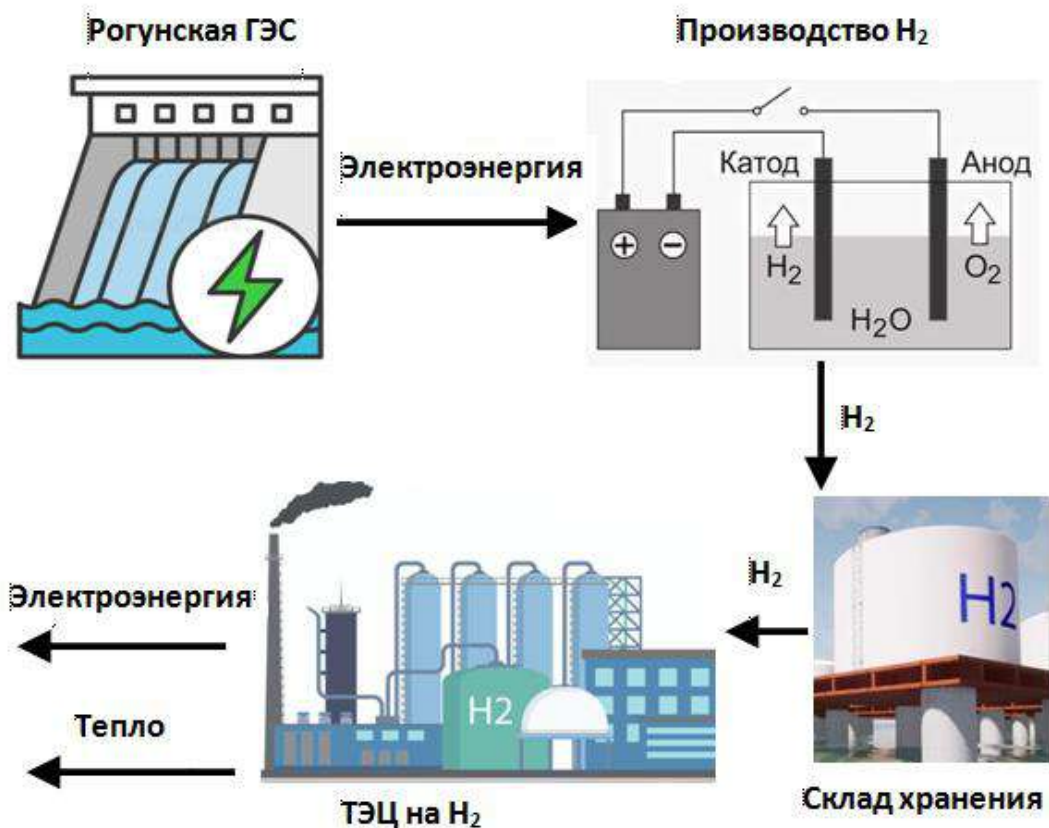


Рисунок 1 – Водородная ТЭЦ на базе дешевой электроэнергии Рогунской ГЭС

Теплота сгорания водорода - 140 МДж/кг, что в несколько раз больше теплоты сгорания углеводородных топлив. Затраты на получение водорода электролизом составляет от 160 МДж/кг = 44,4 кВт·ч (1 кВт·ч = 3,6 МДж). Себестоимость производства водорода при цене электроэнергии для промышленных потребителей 55,14 дирамов составит $44,4 \text{ кВт}\cdot\text{ч} \times 0,5514 = 24,48$ сомони/кг = 2,4 долларов/кг, что является конкурентоспособным. В летнее время можно применять более низкие тарифы на электроэнергию для отдельных отраслей промышленности.

Таким образом, производства «зеленого» водорода методом электролиза на основе дешевой электроэнергии ГЭС позволят создать и развивать новое направление в «зеленой» энергетике Таджикистана – водородную энергетику, создать водородную ТЭЦ и повысить экологическую безопасность энергоснабжения городов.

Литература

1. Рогунская ГЭС. <https://ru.wikipedia.org>.
2. Водородная энергетика. <https://ru.wikipedia.org>.

УДК 536.544.2.665.76(575.3)

ТЕРМОДИНАМИКА ПРОЦЕССА ПАРООБРАЗОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ LUMIX TRANSMISSION OIL TM-5-18 80-90APTGL-5 И CASTROL MAGNATEC DIESEL 10W-40

Холиков М.С.,¹ старший преподаватель;
Халилов И.Х.,² кандидат технических наук;
Шарифов Д.А.,² кандидат технических наук;
Юнусов М.Ю.,² кандидат технических наук;
Бадалов А.,² доктор химических наук, профессор,
член-корреспондент НАН Таджикистана

¹Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана

²Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими
(г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация: Методом тензиметрии установлен ступенчатый характер процесса парообразования технических масел LUMIX TRANSMISSION OIL TM-5-18 80-90APTGL-5 и CASTROL MAGNATEC DIESEL 10W-40 в равновесных условиях в интервале температур 300 – 550К и определены их термодинамические свойства

Ключевые слова: техническое масло, парообразование, равновесные условия, тензиметрия, барограмма, термодинамические характеристики

THERMODYNAMICS OF THE VAPORIZATION PROCESS OF TECHNICAL LIQUIDS LUMIX TRANSMISSION OIL TM-5-18 80-90APTGL-5 AND CASTROL MAGNATEC DIESEL 10W-40

Kholikov M.S.,¹ senior lecture,
Khalilov I.Kh.,² Candidate of Technical Sciences,
Sharifov D.A.,² Candidate of Technical Sciences,
Yunusov M.Yu.,² Candidate of Technical Sciences,
Badalov A.,² Doctor of Chemical Sciences, Professor,

Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Tajikistan

¹Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan

²Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi
(Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Annotation: Using the tensimetry method, the stepwise nature of the process of vaporization of technical oils LUMIX TRANSMISSION OIL TM-5-18 80-90APTGL-5 and CASTROL MAGNATEC DIESEL 10W-40 was established under equilibrium conditions in the temperature range of 300–550K, and their thermodynamic properties were determined

Keyword: industrial oil, vaporization, equilibrium conditions, tensimetry, barogram, thermodynamic characteristics

Для обеспечения бесперебойной и эффективной эксплуатации дорогостоящей техники и механизмов в высокогорных условиях (свыше 800 до 3000 метров) ежегодно в Республику Таджикистан импортируется около 2,8 млн.т нефтепродуктов, из которых на долю масел приходится более 80 тыс.т. Более 55 тыс. тонн образовавшихся отработанных нефтепродуктов попадают в окружающую среду, которые становятся источниками загрязнения и отравления. Эффективная переработка и рациональное использование отработанных рабочих жидкостей (РЖ) и технических масел (ТМ) являются весьма актуальной проблемой экологии и реальной экономики [1].

В продолжение серии исследований физико-химических свойств ТМ [2-4], выявление доминирующих отрицательных факторов на их работу в условиях высокогорий в настоящей работе приведены результаты изучения процесса парообразования ТМ LUMIX TRANSMISSION OIL TM-5-18 80-90APTGL-5 и CASTROL MAGNATEC DIESEL 10W-40. Исследование процесса парообразования трансмиссионных масел марки Lumix ATF-IID-AVTOMATIC-TRANS OIL и 20W-50BP Super проведено методом тензиметрии с мембранным нульманометром в равновесных условиях. Каждая фигуративная точка, изображённая на кривой зависимости давления паров от температуры (барограмма), выдерживалась в изотермических условиях в течение 20-24 часов до достижения равновесия в системе. Исследование процесса парообразования масел проведено в

двух режимах: без и с предварительной откачки исследуемого масла при стандартных условиях.

Процесс парообразования ТМ марки Lumix transmission oil ТМ- 5-18 80-90АРТ GL-5 изучен в интервале температур (300–470 К) в равновесных условиях. Барограмма образцов масла без предварительной откачки состоит из четырёх ступеней. Первая ступень, которая протекает при температурах ниже 350 К, соответствует удалению поглощенной влаги и других газов из масла. Последующие ступени барограммы процесса парообразования масла марки Lumix transmission oil ТМ- 5-18 80-90АРТGL-5 протекают в интервалах температур: от 360 до 370 К (II ступень); от 370 до 420 К (III ступень) и от 438 до 470 К (IV ступень).

Процесс парообразования ТМ Castrol Magnatec Diesel 10W-40 изучен в интервале температур (300–550 К) в равновесных условиях. Кривая зависимость давления паров от температуры (барограмма) имеет трёхступенчатый характер. Первая ступень, которая протекает при температурах ниже 370 К, соответствует удалению поглощенной влаги и других газов из масла. Последующие ступени барограммы процесса парообразования масла марки **Castrol Magnatec Diesel 10W-40** протекают в интервалах температур: от 390 до 430 К (II ступень); от 510 до 550 К (III ступень).

Интервал протекания ступеней процесса парообразования определен по переходу барограммы в область прямого газового расширения, которая свидетельствует о завершении предыдущей ступени и начале последующей. Экспериментальные данные процесса парообразования ТМ, приведённые в виде зависимости $\lg P$ от обратной температуры, чётко указывают температуру перехода последующих ступеней процесса (рисунки 1 (а) и (б)).

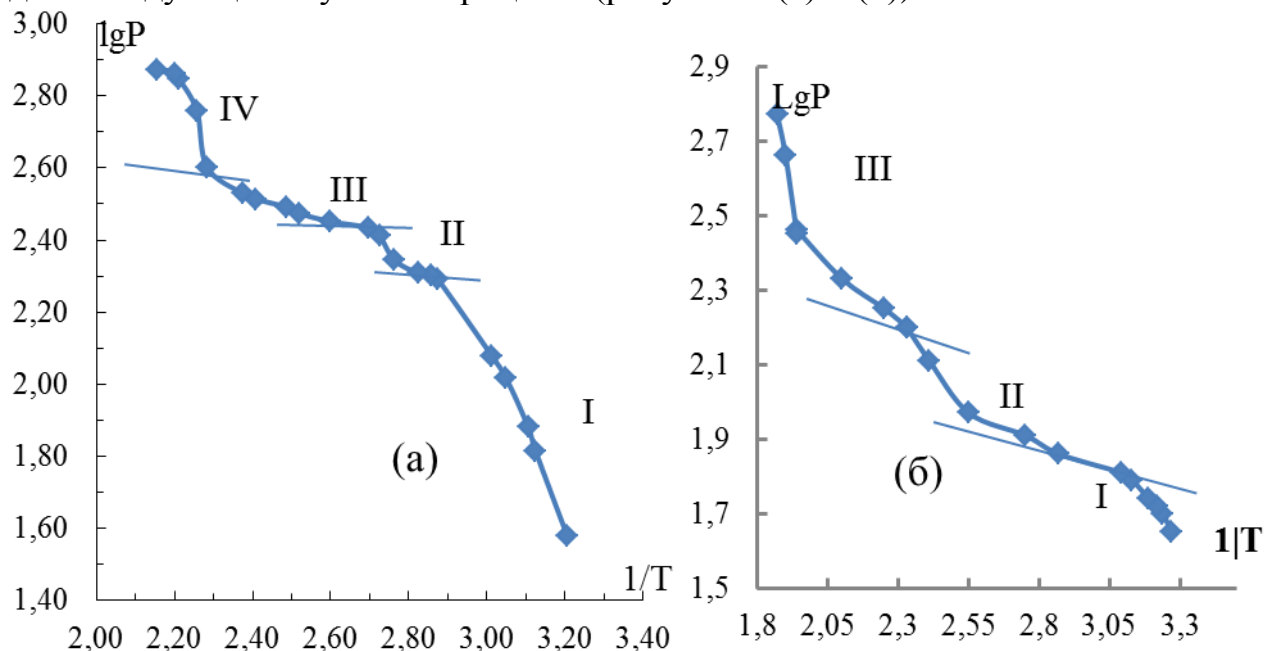


Рисунок 1 – График зависимости $\lg P$ от обратной температуры процесса парообразования ТМ Lumix transmission oil ТМ- 5-18 80-90АРТGL-5 (а) и Castrol Magnatec Diesel 10W-40 (б)

Нетто-давление последующих ступеней определено путём вычета давления предыдущих ступеней из общего давления. По уравнениям прямых линий рассчитаны термодинамические брутто – характеристики – энтальпия, энтропия и энергия Гиббса всех ступеней процесса парообразования исследованных масел, которые приведены в таблице. При расчётах использовано значение давление пара, приведённое в атмосферах путём вычисления $V = V' - 2,881$. В таблице приведены значения доверительного уровня (R^2).

Таблица – Коэффициенты уравнения барограммы и термодинамические брутто-характеристики процесса парообразования технических масел

Ступени	$\Delta T, K$	Уравнение барограммы $LgP_{(ат)} = B - A \cdot 10^3/T$			Термодинамические параметры		
		$A \pm 0,02$	$B \pm 0,04$	R^2	ΔH_T° , кДж/моль	ΔS_T° , Дж/моль·К	ΔG_T° , кДж/моль
Lumix transmission oil TM- 5-18 80-90APTGL-5							
I	310-350	2,115	5,538	0,97	9,68±0,3	25,34±0,5	2,13±0,3
II	350-370	8,965	23,189	0,99	41,01±0,2	106,09±0,4	8,40±0,2
III	385-420	4,037	8,399	0,93	18,47±0,3	38,42±0,6	7,02±0,3
IV	438-455	16,588	36,300	0,79	75,89±0,4	166,07±0,9	26,40±0,4
Castrol Magnatec Diesel 10W-40							
I	305-323	0,82	1,49	0,96	3,76±0,2	6,81±0,4	1,73±0,4
II	391-430	2,81	5,57	1,00	12,82±0,2	25,42±0,4	5,24±0,4
III	513-541	14,36	26,43	0,93	65,69±0,1	120,9±0,4	29,65±0,4

Полученные сведения о процессах парообразования некоторых марках технических масел позволяют провести сравнительный анализ важной для технических масел эксплуатационной характеристики - термическую устойчивость и пополнить фундаментальную научную термодинамическую основу о характере процесса парообразования.

Литература:

1. Корнев Алексей Юрьевич. Повышение эффективности использования смазочных материалов путем разработки композиции аналога трансмиссионного масла: дис... канд. техн. наук: 05.20.03. - Мичуринск - Научград, 2007. - 207 с.
2. Шарифов Д.А., Халилов И.Х., Юнусов М.Ю., Бадалов А. Термодинамические характеристики процесса испарения трансмиссионного масла марки ТЭП-15. Политехнический Вестник: сер. Интеллект. Инновации. Инвестиции, №1 (41), 2018. с.54-60.
3. Халилов И.Х., Шарифов Д.А., Юнусов М.Ю., Нажмуудинов Ш.З., Бадалов А.Б., Тошев М.А. Исследование процесса парообразования моторного масла дизельных двигателей / Горные науки и технологии. Серия: Горные машины, транспорт и машиностроение, 2018. –№1. –С. 99-107.
4. Халилов И.Х., Холиков М.С., Шарифов Д.А., Нажмуудинов Ш.З., Бадалов А. Процесс парообразования моторного масла марки ROLF OPTIMA 20W-50 / Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования, 2019. – № 3 (47). –С.78-82.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ СОЛЕВОГО СТОКА ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Шелопутов А.Н., студент;

Васильева Ж.В., кандидат технических наук, заведующий кафедрой;
ФГАОУ ВО «Мурманский государственный технический университет»
(г. Мурманск, Российская Федерация)

Аннотация: В работе рассматриваются возможности совершенствования технологии утилизации сточных вод с высоким содержанием солей (солевого стока) горно-металлургического комбината. Произведена оценка содержания компонентов солевого стока, проанализирована технология утилизации, предложены направления ее совершенствования. Разработана модернизированная аппаратно-технологическая схема процесса. Определена экономическая эффективность внедрения модернизированной технологии.

Ключевые слова: горно-металлургическое производство, сточные воды, солевой сток, технология утилизации, аппаратно-технологическая схема процесса.

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF UTILIZATION OF SALT RUNOFF OF A MINING AND METALLURGICAL ENTERPRISE

Sheloputov A. N., student

Vasilyeva Zh.V., Candidate of Technical Sciences, Head of the Department;
Murmansk State Technical University
(Murmansk, Russian Federation)

Annotation: The paper considers the possibilities of improving the technology of wastewater utilization with a high salt content (salt runoff) of a mining and metallurgical plant. The content of the components of the salt runoff was evaluated, the utilization technology was analyzed, and directions for its improvement were proposed. An upgraded hardware and technological scheme of the process has been developed. The economic efficiency of the implementation of the upgraded technology is determined.

Keyword: mining and metallurgical plant, waste water, salt runoff, recycling technology, hardware and technological scheme of the process.

Горно-металлургические производства являются крупными потребителями водных ресурсов [1], сточные вод горно-металлургических производств содержат в своем составе высокие концентрации ионов тяжелых металлов и других соединений различной химической природы [2]. Сброс сточных вод горно-перерабатывающих производств непосредственно в природные воды влечет за собой большой риск загрязнения водных объектов и нанесения серьезного

ущерба водным экосистемам [3]. Непосредственный сброс в канализационную систему может негативно сказаться на этапах биологической и химической очистки сточных вод. Все это обуславливает актуальность исследований по разработке методов и технологий очистки сточных вод горнодобывающих производств, поиску возможности их регенерации и извлечению ценных компонентов, содержащихся в них.

Горно-металлургическое предприятие N является одним из ведущих производств России по добыче и переработке сульфидных медно-никелевых руд. В настоящее время на предприятии завершена реконструкция цеха электролиза никеля, которая предусматривает получение никеля электролитного по технологии электроэкстракции. При этом на этапе карбонатного передела образуются сточные воды с высоким содержанием солей (солевой сток), который затем направляется на переработку с получением товарных солей сульфата и хлорида натрия. Образование солевого стока значительно и составляет от 80 до 110 м³/час. Существующая технология утилизации этого стока заключается в фракционной кристаллизации солей Na₂SO₄/NaCl при скорости подачи солевого стока 43 м³/ч. При непрерывном процессе утилизации объем выпускаемых солей составляет 3300 кг/ч Na₂SO₄ и 1800 кг/ч NaCl. Однако, при этом существующая технология не позволяет переработать весь объем солевого стока и требует значительного расхода жидкого хлора, используемого в качестве реагента.

В процессе проведенных исследований проанализированы все технологические этапы технологии утилизации солевого стока, сформированы предложения по ее совершенствованию и разработана модернизированная аппаратурно-технологическая схема процесса. Часть модернизированной схемы представлена на рисунке 1.

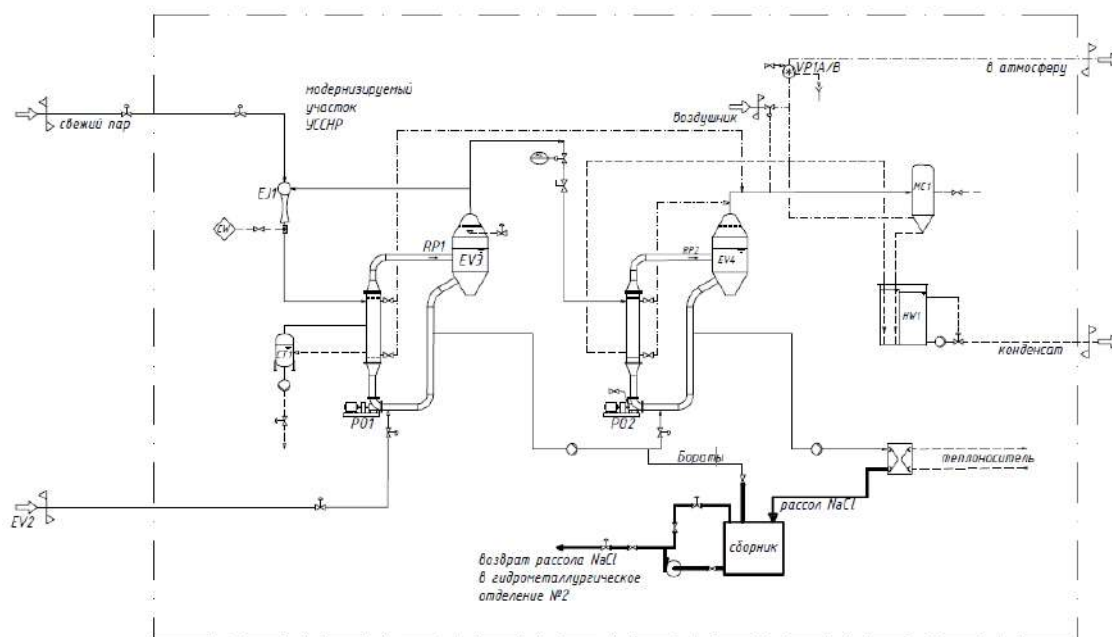


Рисунок 1 – Аппаратурно-технологическая схема модернизированного процесса

УССНР - утилизация солевого стока никелевого рафинирования, EJ1 - эжектор, CW - вода на охлаждение перегретого пара, EV2, EV3, EV4- солевые колонны для получения крупнокристаллических солей, CT1 - емкость для сбора конденсата, PO1, PO2 – насосы, RP1, RP2 – рециркуляционный контур, VP1A/B вакуумный насос, MC1 – сепаратор разделения газо-водяной смеси, HW1- сборник горячего конденсата.

В соответствии с разработанной схемой, солевой раствор из аппарата EV2 подается непосредственно в трубу контура рециркуляции аппарата EV3. Аппарат EV3 подогревается сжатым паром системы механической рекомпрессии. В результате последующего испарения воды образуются двойные кристаллы NaCl и Na₂SO₄, которые аккумулируются в солевой колонне аппарата EV3, одновременно в жидкой фазе концентрируются соли борной кислоты. Солевая пульпа из колонны аппарата EV3 поступает в емкость растворения соли (SD1), где соль растворяется паровым конденсатом. Данный раствор служит сырьем для передела фракционированной кристаллизации. Поток промывающей жидкости из передела фракционированной кристаллизации подается обратно в аппарат EV3 и покидает систему в общем потоке вместе с промывающей жидкостью аппарата EV3. Поток промывающей жидкости содержит некристаллизующиеся элементы (соли борной кислоты) и возвращается в цех электролиза. Пар из аппарата EV3 подается обратно в систему механической рекомпрессии пара. Конденсат из теплообменника (HE3) направляется обратно в емкость для сбора конденсата CT1. Солевой раствор из емкости SD1 является сырьем для секции фракционированной кристаллизации и подается непосредственно в аппарат EV4, который работает под тем же давлением, что и аппараты EV1- EV3. В аппарат EV4 поступает и другое сырье – поток промывающей жидкости из аппарата EV5. Это сырье насыщено по хлориду натрия (NaCl) и почти насыщено по сернокислому натрию (Na₂SO₄). В результате испарения воды соль Na₂SO₄ кристаллизуется, собирается в солевую колонну и разгружается в емкость ST1 для солевой суспензии Na₂SO₄. В аппарат EV4 подается греющий пар из эжектора EJ1. Эжектор повторно сжимает пар, поступающий из системы МРП, с помощью горячего пара высокого давления. На рисунке 1 схематически представлена часть технологической схемы передела фракционированной кристаллизации. Поток промывающей жидкости из аппарата EV4, насыщенный по Na₂SO₄ и почти насыщенный по NaCl, выводится через седиментационный цилиндр (D1) и далее движется прямо к аппарату EV5 в результате разницы давления между EV4 и EV5, но на пути движения к аппарату EV5, установлен теплообменный аппарат, где насыщенный раствор охлаждается и отсекается для возврата и повторного использования в технологическом процессе в гидрометаллургическое отделение цеха.

Разработанные предложения по усовершенствованию технологии утилизации солевого стока обеспечивают снижение сброса солей тяжелых металлов со сточными водами производства, сокращение нагрузки на очистные сооружения предприятия и получение востребованных товарных продуктов Na₂SO₄ и NaCl.

Эколого-экономический эффект только за счет сокращения использования товарного хлора в качестве реагента составляет 158558,4 тыс. рублей за год. Сокращение нагрузки на очистные сооружения сточных вод предприятия и снижение содержания в сбрасываемых сточных водах загрязняющих веществ обеспечивает значимый экологический эффект от предложенной модернизации существующей технологии.

Литература:

1. Девяткин П. Н. Природные водные ресурсы района г. Мончегорска в условиях функционирования ОАО «Кольская горно-металлургическая компания» // Вестник МГТУ. Т. 11. 2008. № 3.

2. Горно-металлургическая компания «Норильский никель» (влияние на окружающую среду и здоровье людей). Доклад объединения «Bellona», 2010, 71 с.

3. Ghosh A., Dastidar M.G., Sreerkrishnan T.R. Recent advances in bioremediation of heavy metals and metal complex dyes: Review // J. Environ. Eng. -2016. - № 142. - С. 1-14.

УДК 628.16.0

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ КАМЕРЫ СМЕШИВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Ширниех А.А., студент

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени
Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»
(г. Москва, Российская Федерация)

Аннотация: Процесс разработки новых методов очистки воды крайне сложен и в процессе проведения испытаний этих методов возникает много технологических сложностей, потому что конструкция аппаратов не была полностью продумана перед ее сборкой. В данной работе пойдет речь о камере смешения и об улучшении ее конструкции

Ключевые слова: интенсификация фильтрование, смешение реагентов, фильтры

ANALYSIS OF THE MIXING CHAMBER DESIGN USING COMPUTER SIMULATION

Shirniekh A.A., the student

Moscow State Technical University named after N.E. Bauman
(National Research University)
(Moscow, Russia)

Annotation: The process of developing new methods of water purification complex

and many technological difficulties arise during the testing of these methods, because the design of the devices was not fully thought out before its assembly. In this paper we will talk about the mixing chamber and about improving its design

Keyword: intensification filtering, mixing of reagents, filters

Вопрос достижения нормативных требований качества воды в процессе водоподготовки становится все более актуальным, разрабатываются все более современные методы очистки и интенсификации процессов обработки воды. Одним из интересных современных решений являются комбифильтры. В патенте [1] предлагается использовать камеру смешения реагентов внутри корпуса фильтра.

В процесс моделирования [2] камеры смешения в ANSYS к конструкции комбифильтра возникло несколько вопросов, а именно:

- При использовании плавающих насадок от 1 мм, как обеспечивается их защита от выноса с нижнего перелива из цилиндрического стакана.
- Патрубки выхода с камеры смешения расположены не в самой верхней части камеры, что уменьшает время пребывания воды в ней. Возникает также вопрос о целесообразности использования именно патрубков, а не отверстий в корпусе.
- Текущее исполнение дозирование реагентов параллельно с потоком исходной воды придет к тому что, дозируемый объем реагентов из-за значительно меньшей производительности по сравнению с потоком исходной воды будет прижиматься к стенке, что не будет способствовать равномерному перемешиванию.

В процессе моделирования было решено, что оптимальная конструкция камеры выглядит как на рисунке 2.

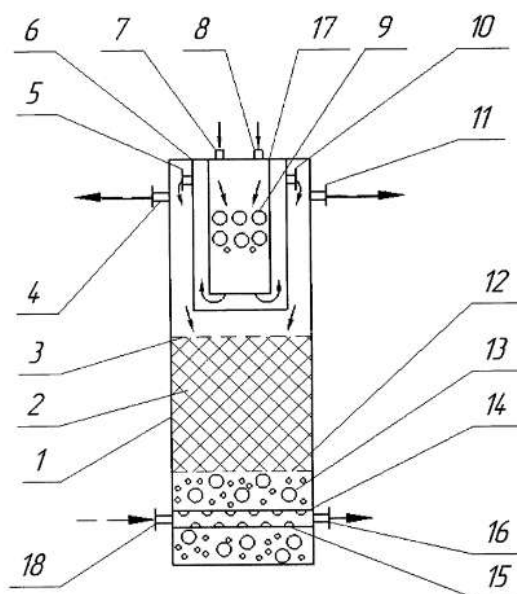


Рисунок 1 – Комбифильтр

1 – корпус комбифильтра, 2 – фильтрующая загрузка, 3 и 12 – решетка, 4 и 11 – патрубки вывода промывной воды, 5 и 10 – патрубки выхода с камеры смешения, 6 – камера смешения, 7 – патрубок подачи грязной воды, 8 – патру-

бок подачи раствора реагентов, 9 – плавающая насадка, с частицами от 1 до 50 мм, 13 – дренажная загрузка, 14 – дренажная перфорированная труба, 15 – отверстия, 16 – патрубок подачи очищенной воды, 17 – цилиндрический стакан, 18 – патрубок подачи промывной воды.

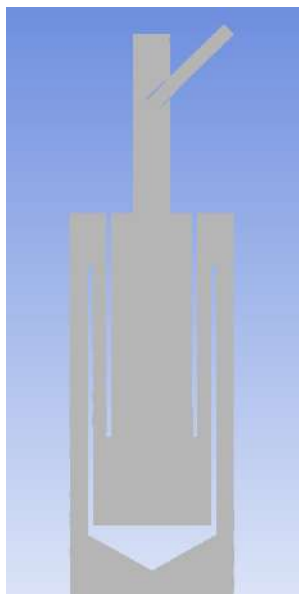


Рисунок 2 – Разрез проточной части смоделированной камеры смешения

Было решено перенести нижний перелив стакана с его дна на боковые стенки. Это позволит увеличить общую площадь перелива, обеспечив минимальную ширину прозора, чтобы плавающие насадки не уносились вместе с потоком.

Вместо патрубков выхода с камеры смешения было решено использовать отверстия в корпусе в самой верхней части конструкции.

Точку дозирования реагентов было решено врезать в патрубок исходной воды в самой максимально допустимой точке.

Таким образом, в результате моделирования были выявлены основные слабые места в камере перемешивания. В дальнейшем планируется под размеры лабораторного стенда собрать камеру смешения и провести лабораторные испытания для выявления эффективности предлагаемого решения.

Литература:

1. Патент РФ на полезную модель №209470 «Комбифильтр», пр. 11.11.2021, реш. о выд. 02.02.2022. Заявитель и автор Ксенофонов Б.С.

2. Компьютерное моделирование многофазных течений при решении задач техно-сферной безопасности: учеб. пособие / Е. Ю. Шарай; под ред. В. А. Девисилова. – М.: ИНФРА-М, 2019. – 128 с.;

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ НЕКОНДИЦИОННЫХ ОСТАТКОВ УСТАНОВКИ «VEBA COMBI CRACKING»

Штолина Т.В.¹, обучающийся;

Остах О.С.², кандидат технических наук, доцент

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

² Российский государственный университет нефти и газа (НИУ)

имени И.М. Губкина

(г. Москва, Российская Федерация)

Аннотация: В работе исследована технология утилизации некондиционных остатков установки гидрокрекинга «Veba Combi Cracking», приведены экспериментальные исследования с применением ультразвуковой обработки при различных режимах.

Ключевые слова: Некондиционные остатки, ультразвуковая обработка, переработка нефтяных остатков, Veba Combi Cracking.

APPLICATION OF ULTRASONIC TREATMENT FOR DISPOSAL OF SUBSTANDARD RESIDUES OF THE «VEBA COMBI CRACKING» INSTALLATION

Shtolina T.V.¹, the student;

Ostakh O.S.², Candidate of Technical Sciences, docent;

¹ Lomonosov Moscow State University

² Gubkin Russian State University of Oil and Gas

(Moscow, Russian Federation)

Annotation: The paper investigates the technology of disposal of substandard residues of the hydrocracking plant «Veba Combi Cracking», experimental studies with the use of ultrasonic treatment under various modes are given.

Keyword: Substandard residues, ultrasonic treatment, processing of oil residues, Veba Combi Cracking.

В настоящее время на нефтеперерабатывающих заводах все чаще происходит внедрение новых комплексов глубокой переработки нефти, позволяющие перерабатывать тяжелое нефтяное сырье и получать высокий выход светлых фракций. Однако, процесс функционирования комплекса глубокой переработки нефти сопровождается образованием многотоннажных отходов, например, темной некондиции и битумного гудрона. Образование подобных видов отходов оказывает негативное воздействие на окружающую среду. В этой связи, одной из приоритетных задач развития комплекса глубокой переработки нефти является – утилизация нефтесодержащих отходов. Существует множество методов

утилизации нефтяных отходов. Выбор метода утилизации и обезвреживания нефтесодержащих отходов, в основном, зависит от количества содержащихся в шламе нефтепродуктов, а также от направления дальнейшего использования вторичного сырья.

Широкое применение в утилизации нефтесодержащих отходов находит ультразвук. Ультразвук воздействует на кинетику химических реакций и обеспечивает стимуляцию тепломассообменных процессов, способствует увеличению производительности технических систем, снижению их энергоемкости и повышению качества продукции [1].

В связи с этим, актуальным является оптимизация условий процесса ультразвуковой обработки некондиционных остатков установки гидрокрекинга.

Методика проведения исследований

Объектом исследований являются некондиционные остатки установки «Vebe Combi Cracking» (Комплекса глубокой переработки тяжелых остатков). Для обработки некондиционных остатков применялся ультразвуковой генератор УЗГ – 2 со следующими характеристиками: выходная мощность – 2000 Вт; резонансная частота – 44 кГц. В данном эксперименте было проведено 3 опыта: с использованием ультразвука (опыты №1 и №3) с различными параметрами (мощность, обороты мешалки, время воздействия); с использованием ультразвука и ПАВ (опыт №2).

В данном эксперименте в опыте №1 брали 70 г некондиционного остатка, помещали его в металлическую емкость объемом 400 мл, затем к нему приливали 150 мл дистиллированной воды и осуществляли перемешивание данной суспензии. Далее оказывалось прямое воздействие ультразвуком в течении 25 минут. Диспергирование ультразвуком проводили при мощности 90 Вт. Ультразвуковой генератор преобразует механическую энергию мешалки в энергию акустических колебаний ультразвуковой частоты. Обороты мешалки при этом возросли с 200 до 300 оборотов в минуту. Затем фиксировались показания температуры, которые составили 70 °С, а также показания ультразвуковой частоты – 21,2 кГц. После чего суспензия перемешивалась и охлаждалась. Спустя неделю измерялось количество отсепарированной воды, которое составило 25 мл.

В опыте №3 было взято 70 г некондиционного остатка и 150 мл дистиллированной воды, далее осуществлялось перемешивание данной суспензии в металлической емкости объемом 400 мл. Диспергирование ультразвуком проводили при разной мощности: первые 5 минут – при мощности 50 Вт, остальные 20 минут задано 90 Вт. Обороты мешалки поддерживали на уровне 200 оборотов в минуту. В данном опыте количество отсепарированной воды составило всего лишь 5 мл.

Для сравнения был проведен опыт №2 с добавлением поверхностно – активных веществ (ПАВ). В данном эксперименте брали также 70 г некондиционного остатка, помещали его в металлическую емкость объемом 400 мл, затем к нему приливали 120 мл дистиллированной воды и добавляли раствор моющего биоразлагаемого средства (МБС) из поверхностно- активных веществ (ПАВ) с деэмульгирующими свойствами в объеме 30 мл.

МБС способствует интенсификации процессов фазового разделения углеводородсодержащих сред [2]. Далее осуществляли перемешивание данной суспензии и оказывали прямое воздействие ультразвуком в течении 25 минут при разной мощности: первые 5 минут – при мощности 50 Вт, остальные 20 минут задано 90 Вт. После чего суспензия перемешивалась и охлаждалась. Количество отсепарированной воды составило 125 мл. Параметры проведения опытов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели проведения опытов №1-3 с использованием ультразвука и ПАВ

№ опыта	Масса некондиционного остатка, г	Объем воды, мл	Частота, кГц	Температура, °С	Обороты мешалки, об/мин	Время озвучивания, мин	Мощность, Вт
1	70	150	21,2	70	300	25	90
2	70	120	21,2	70	200	25	Первые 5 мин – 50 Вт, остальное время – 90 Вт
3	70	150	21,2	70	200	25	Первые 5 мин – 50 Вт, остальное время – 90 Вт

Результаты экспериментальных исследований

В результате проведенных экспериментальных исследований можно сделать вывод о том, что ультразвуковое воздействие является, безусловно, перспективным методом, показавшим хорошую эффективность, обработки некондиционных остатков. Результаты данного эксперимента представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Некондиционные остатки КГПТО до (слева)/после (справа) обработки ультразвуком

При обработке некондиционных остатков КГПТО с диспергированием ультразвуком и с добавлением раствора моющего биоразлагаемого средства из ПАВ достигается максимальная гомогенизация, уменьшение температуры затвердевания (размягчения), перевод из твердого в пастообразное текучее состояние, а также невысокая адгезия к металлическим и стеклянным поверхностям.

Такое сочетанное действие ультразвука и МБС из ПАВ позволяет получить полупродукт с существенно отличными свойствами от первоначального сырья (отхода – некондиционных остатков КГПТО).

На рисунке 2 наглядно видно, что в 1 и 3 опыте была получена эмульсия, а во втором – эмульсии не образовалось, однако, получили полупродукт с другими свойствами.

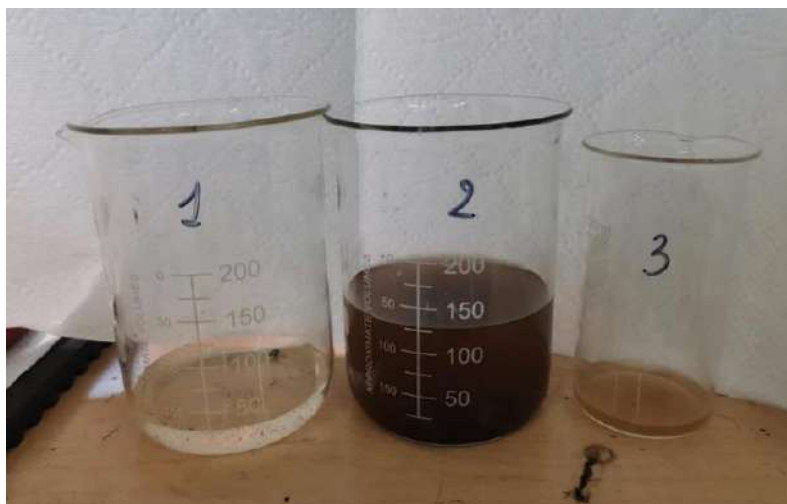


Рисунок 2 - Полученная эмульсия в результате опытов № 1, 3 и полупродукт в опыте №2

Литература:

1. Мазлова Е.А., Мещеряков С.В. Проблемы утилизации нефтешламов и способы их переработки. – М.: Ноосфера. – 2001. –56 с.

2. Хуснутдинов И.Ш., Сафиулина А.Г., Заббаров Р.Р., Хуснутдинов С.И. Методы утилизации нефтяных шламов. // Казанский национальный исследовательский университет. – 2015. –Т. 58. – В. 10. – С. 3-20.

УДК 504.3.054

КОМБИНИРОВАННЫЙ КАТАЛИТИЧЕСКИЙ НЕЙТРАЛИЗАТОР ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Мингазетдинов И.Х., кандидат технических наук,
доцент кафедры общей химии и экологии;

Тунакова Ю.А., доктор химических наук, профессор,
заведующий кафедрой общей химии и экологии

Шипилова Р.Р., обучающийся

Степанов Р.П., обучающийся

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Предложено устройство направлено на совершенствование метода каталитической очистки отработанных газов двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Для повышения качества очистки, устранения забивания пор катализаторов сажей и продления срока работы каталитических блоков предложен комбинированный каталитический нейтрализатор, содержащий цилиндрико-конический корпус с торцевой крышкой, входные и выходные патрубки, поперечную перегородку, пористые каталитические блоки в верхней части и мультициклонные блоки предварительной очистки. В мультициклонных блоках, в которых над полостью отдельных циклонов, под перегородкой установлен коллектор водораспределителя с центробежно струйными форсунками, расположенными по диаметру и коаксиально-трубчатую форсунку в центральной части с тангенциальными щелями, в верхней части над перегородкой расположен каталитический пористый блок с регулированием площади прохода газов в зависимости от режима работы двигателя, внутри каталитического блока установлен подвижный поршень с пружиной. Причем, направление продольных тангенциальных щелей выполнено совпадающим с направлением вращения исходного потока газа и вращением жидкости из центробежно-струйных форсунок. Таким образом, в одном устройстве реализуется несколько методов очистки отработанного в ДВС газа: центробежное разделение, мокрая сепарация, абсорбция и каталитическая нейтрализация. Использование предложенного устройства позволит повысить качество очистки газов и увеличить срок работы каталитических нейтрализаторов.

Ключевые слова: очистка выбросов, каталитическая нейтрализация, центробежное разделение, мокрая сепарация, абсорбция

COMBINED CATALYTIC CONVERTER FOR REDUCING EXHAUST GAS EMISSIONS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Mingazetdinov I.Kh., Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department General Chemistry and Ecology;

Tunakova Yu.A., doctor of chemical sciences, prof.,
head of the department of General chemistry and ecology;

Shipilova R.R., student;

Stepanov R.P., student

Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev - KAI
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The proposed device is aimed at improving the method of catalytic cleaning of exhaust gases of internal combustion engines (ICE). To improve the quality of cleaning, eliminate clogging of catalyst pores with soot and extend the working life of catalytic units, a combined catalytic converter containing a cylinder-conical body with an end cap, inlet and outlet spigots, a transverse baffle, porous catalytic units in the upper part and multicyclone pre-cleaning units are proposed. The multicyclone blocks have a water distributor manifold with centrifugal jet nozzles arranged

by diameter and a coaxial-tube nozzle in the central part with tangential slits; a catalytic porous block with gas passage area regulation depending on the engine operation mode is located in the upper part above the partition; a movable piston with a spring is installed inside the catalytic block. Moreover, the direction of the longitudinal tangential slots is made coinciding with the direction of rotation of the initial gas flow and rotation of the fluid from the centrifugal jet nozzles. Thus, one device implements several methods of purification of exhausted gas in internal combustion engines: centrifugal separation, wet separation, absorption and catalytic neutralization. The use of the proposed device will improve the quality of gas purification and increase the service life of catalytic converters.

Keyword: emissions purification, catalytic neutralization, centrifugal separation, wet separation, absorption

Каталитический нейтрализатор - это устройство для очистки выбросов выхлопных газов, которое снижает количество токсичных газов и загрязняющих веществ в выхлопных газах от двигателя внутреннего сгорания в менее токсичные загрязнители. Каталитическое действие нейтрализаторов основано на беспламенном поверхностном окислении токсичных веществ в присутствии катализатора, ускоряющего химическую реакцию. Процесс окисления происходит во время прохождения отработавших газов через слой носителя с нанесенным на него катализатором, причем скорость реакции сгорания зависит также от температуры носителя. Каталитические нейтрализаторы обычно используются с ДВС, работающими на бензине или дизельном топливе. На качество каталитических реакций существенное влияние оказывает состав продуктов сгорания, поступающих в полость катализатора, и, в первую очередь, продукты неполного сгорания углеводородов (твердые частицы в виде сажи), которые быстро забивают пористые каталитические блоки. Вследствие этого эффективность работы катализаторов быстро снижается и требуется их частая замена и регенерация. Известны устройства для снижения и регулирования выбросов сажи в которых последовательно установлены блоки фильтрации твердых частиц и каталитические блоки [1-4].

Известен мультициклонный нейтрализатор газов [5], в котором в качестве ступени очистки отработавших газов от твердых частиц использован мультициклон перед каталитическими блоками. Мультициклон состоит из отдельных циклонов, предварительно очищающих за счет действия центробежных сил от взвешенных частиц продуктов сгорания. Однако, использование сухих центробежных пылеуловителей в циклонах в качестве предварительной ступени очистки перед катализатором недостаточно эффективна, т.к. центробежная сила эффективно влияет на сепарацию только для крупных твердых частиц загрязнителей, а средние и мелкие частицы остаются в газовом потоке и забивают (закупоривают) пористую массу катализатора. Вследствие этого катализатор быстро выходит из строя и требуется его замена и регенерация [4]. Для устранения отмеченных недостатков и снижения забивания пористых каталитических блоков продуктами недогоревших углеводородов для продления срока

службы катализаторов предложен комбинированный каталитический нейтрализатор, содержащий цилиндрико-конический корпус с торцевой крышкой, входные и выходные патрубки, поперечную перегородку, пористые каталитические блоки в верхней части и мультициклонные блоки предварительной очистки в нижней части, в котором над полостью отдельных циклонов, под перегородкой установлен коллектор водораспределителя с центробежно-струйными форсунками, расположенными по диаметру и коаксиально-трубчатую форсунку в центральной части с тангенциальными осевыми щелями, в верхней части над перегородкой расположен каталитический пористый блок с регулированием площади прохода газа, в зависимости от режима работы двигателя, внутри каталитического блока установлен подвижный поршень с пружиной и направление продольных тангенциальных щелей выполнено совпадающим с направлением вращения исходного потока газа и вращением жидкости из центробежно-струйных форсунок.

Предложенное устройство представлено на рис. 1, где изображен поперечный разрез устройства. Каталитический нейтрализатор представляет собой цилиндрико-конический корпус 1 с коническим нижним днищем 16, имеющим патрубков отвода шлама 17. Корпус 1 имеет патрубок подвода исходного отработанного воздуха 2, поступающего от камеры сгорания и расположенный тангенциально. В верхней части корпуса 1 расположен коллектор подвода воды 3, к которому подводится вода через патрубок 12. В коллекторе 3 (рис. 2), в кольцевом направлении установлены несколько центробежно-струйных форсунок 11 (рис. 3), через которые в пространство корпуса 1 поступает вода в виде конического факела распыла, который вращается за счет установленной в корпусе форсунки винтовой втулки 18. Через коллектор 3, коаксиально корпусу 1 проходит кольцевая юбка 14, которая обеспечивает проход отработанного воздуха в полость камеры каталитической нейтрализации 4. Камера нейтрализации 4 расположена над коллектором 3 и внутри неё находится стакан из пористого катализатора 5. Стакан 5 одним концом упирается в корпус коллектора 3, а другим концом в верхнее днище 6. Внутри стакана 5 находится подвижный поршень 10, над которым установлена пружина 9. Верхнее днище 6 имеет сквозные отверстия для прохода воздуха в полость отводной камеры 7 снабженной отводным патрубком 8.

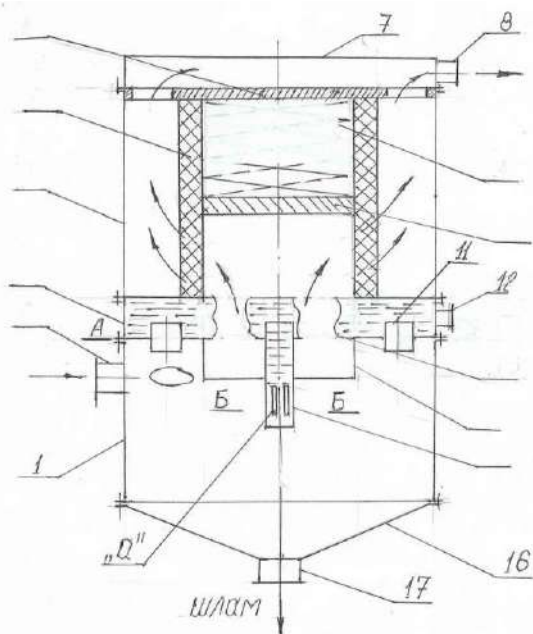


Рисунок 1 – Поперечный разрез устройства

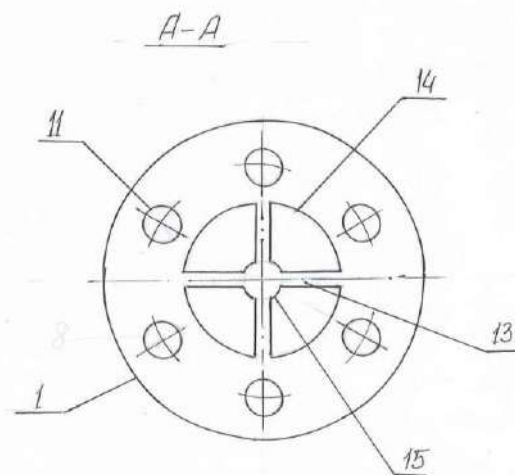


Рисунок 2 - Поперечное сечение коллектора водораспределителя

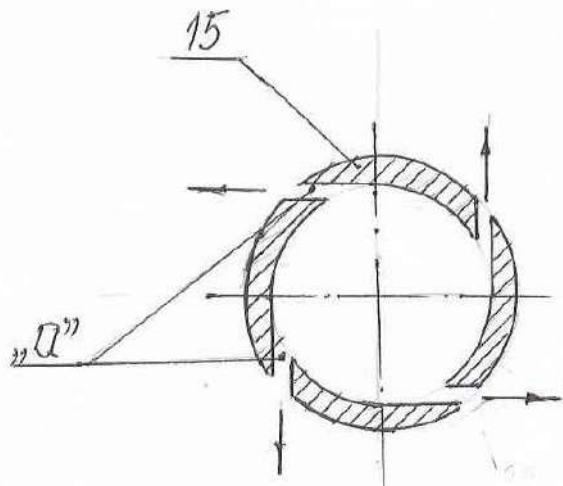


Рисунок 3 - Поперечное сечение центральной трубчатой форсунки

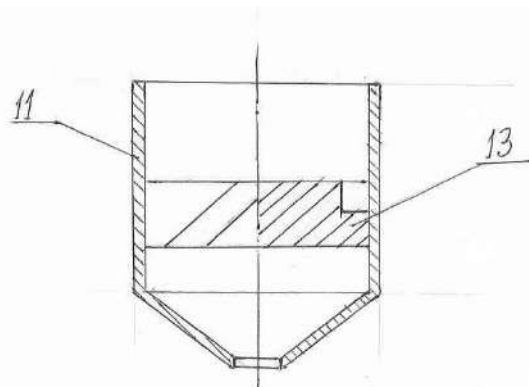


Рисунок 4 - Поперечный разрез центробежно-струйной форсунки

В центральной части коллектора подвода воды коаксиально расположена трубчатая форсунка 15, подвод воды к которой осуществляется через полые радиальные спицы 13. На трубчатой форсунке 15, в нижней части, ниже среза юбки 14 имеются вертикальные щели «а», выполненные тангенциально. Расположение тангенциального штуцера 2, тангенциальных щелей «а» и винтовой втулки 18, выполнены так, чтобы обеспечивалось спутное вращение подаваемого воздушного потока, подаваемого вращение воды в факеле распыла и вращение воды, истекающего из щелей «а».

Предложенное устройство работает следующим образом. Отработавшие газы, после сгорания в камере двигателя, поступают в патрубок подвода 2. Тангенциальное расположение патрубка 2 обеспечивает закрутку потока газа в пространстве корпуса 1. Возникающие центробежные силы отбрасывают взвешенные частицы загрязняющих веществ к стенке корпуса 1. Далее, слой при-

стеночного шлама сползает вниз к нижнему днищу 16 и удаляется через патрубок 17. Центробежные силы воздействуют, в основном, на крупные частицы сажи, а средние и мелкие частицы, ввиду малого воздействия центробежных сил, остаются в центральной части корпуса 1. Для интенсификации процесса пылеулавливания и эффективного центробежного разделения средних и мелких частиц, реализуется мокрое пылеулавливание. Одновременно с началом работы двигателя, начинает подаваться под давлением вода через патрубок 12 в коллектор 3. Из коллектора 3 вода поступает в центробежно-струйные форсунки 11 (рис. 4), где закручиваются в винтовой втулке 18 и в виде конической закрученной пелены разбрызгиваются в пространство между корпусом 1 и юбкой 14. Закрутка воды в винтовой втулке 18 обеспечивает вращение конической пелены в соответствии с закруткой основного потока газа (рис. 5), где: 1 - корпус, 2 - патрубок подвода отработанного газа, 3 - коллектор подвода воды, 4 - камера каталитической нейтрализации, 5 - катализатор, 6 - верхнее днище, 7 - отводная камера с крышкой, 8 - патрубок отвода очищенного воздуха, 9 - пружина, 10 - поршень, 11 - центробежно-струйная форсунка, 12 - патрубок подвода воды, 13 - полая радиальная спица, 14 - юбка, 15 - трубчатая форсунка, 16 - нижнее днище, 17 - патрубок отвода шлама, 18 - винтовая втулки, «а» - тангенциальная продольная щель). Мелкие и средние частицы сажи, смачиваясь с каплями жидкости, интенсивно отбрасываются к стенке корпуса 1. Вода, находящаяся в коллекторе 3, по полым радиальным спицам 13 поступает к центральной трубчатой форсунке 15 и через вертикальные тангенциальные щели «а» начинает истекать в виде плоских закрученных вихрей и смачивает мелкие частицы сажи, обеспечивая наиболее полную очистку газа от твердых частиц. Кроме мокрой очистки отработанных газов от взвешенных частиц, впрыск воды через форсунки 11 и 15 осуществляет и абсорбционную очистку от газовых загрязнителей таких, как оксид азота и диоксид азота. Такая предварительная очистка отработанных газов существенно снижает нагрузку на катализатор 5 и значительно продляет его срок работы.

После предварительной очистки газов, они проходят через юбку 14 между спицами 13 и поступают в камеру каталитической нейтрализации. В камере нейтрализации создается давление газа, которое определяется режимом работы двигателя. Это давление перемещает поршень 10, сжимая пружину 9 и освобождая поверхность катализатора 5 для прохода воздуха, в зависимости от режима работы двигателя. Регулирование площади катализатора позволяет обеспечить равномерность нагрузки каталитического воздействия при различных расходах газа.

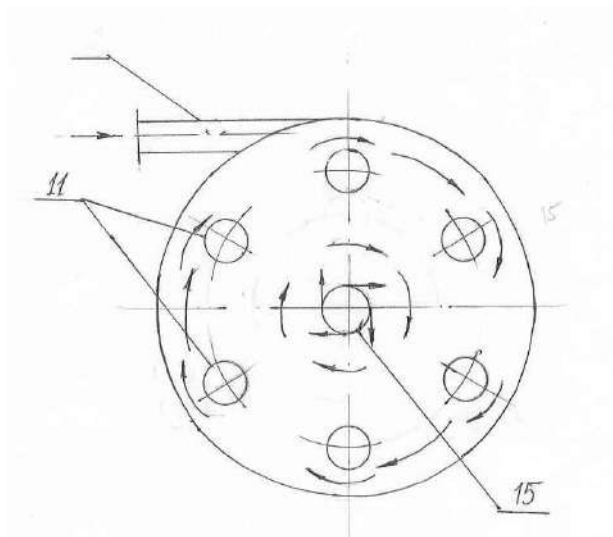


Рисунок 5 – Направление векторов вращения газа и орошающей жидкости

В дальнейшем, газ из пространства под слоем катализатора 5 проходит через него, очищается от загрязнителей, проходит в отводную камеру с крышкой 7 и удаляется через патрубок 8. Таким образом, использование центробежной сепарации в сочетании с мокрой очисткой и абсорбцией позволяет существенно снизить закупоривание сажей пористых каталитических блоков, уменьшить нагрузку на катализатор и осуществлять регулирование процесса очистки в зависимости от режима работы двигателя. Все это позволит существенно продлить срок службы катализаторов.

Литература:

1. Рахматов, Р.И. Тенденция развития систем обработки отработавших газов современных автомобилей / Р.И. Рахматов, В.В. Галевко, Г.Г.
2. Надарейшвили [и др.] // Естественные и технические науки. – 2014. – No 6(74). – С. 92-96.
3. Надарейшвили, Г.Г. Анализ патентной активности и динамика патентования инженерных решений в системах нейтрализации и выпуска отработавших газов в 2000–2015 / Г.Г. Надарейшвили, А.С. Теренченко, И.В. Неволин // Труды НАМИ. Сборник науч. статей. – 2015. – No 262. – С. 126-149.
4. Кирасиров, О.М. Нейтрализация выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания автомобилей / О.М. Кирасиров, Г.А. Нестеренко, В.И. Старичков // Национальная ассоциация ученых. – 2015. – No 5-2(10). – С. 87-91
5. Новоселов А.Л., Стороженко А.В., Мельберт А.А. и др., патент №2272157, бюл.8 от 20.03.2006. Правообладатель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова".

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД АВТОМОЙКИ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Шавалеева С.М., кандидат химических наук, доцент;
Хамиуллина Д.З., обучающийся
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н.Туполева - КАИ»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация. Рассмотрена технологическая схема очистки сточных вод автомойки от нефтепродуктов. Предлагаемая технологическая схема очистки состоит из накопительной ёмкости, насосов двухсекционного реактора, насоса дозатора, дозатора (коагулянта), конденсатора, диафрагменного насоса, ёмкости для сбора шлама, мембранного флотатора, тонкослойного отстойника. Оценена эффективность с точки зрения промышленной и экологической безопасности и экономической эффективности коагуляционного метода очистки сточных вод, содержащих нефтепродукты.

Ключевые слова: очистка сточных вод, нефтепродукты, автомойка.

CAR WASH WASTE WATER FROM PETROLEUM PRODUCTS

Shavaleeva S.M., Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor,
Khamiullina D.Z., student
Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev - KAI
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The technological scheme of car wash wastewater treatment from oil products is considered. The proposed treatment flow diagram consists of a storage tank, pumps of a two-section reactor, a dosing pump, a dosing unit (coagulant), a condenser, a diaphragm pump, a sludge collection tank, a membrane flotation tank and a thin-layer sump. The effectiveness from the point of view of industrial and environmental safety and economic efficiency of the coagulation method for treating wastewater containing petroleum products is evaluated.

Key word: waste water treatment, oil products, car wash.

Целесообразность внедрения и адаптации систем доочистки сточных вод зависит от ряда причин: размера экологического и экономического вреда, наносимого водному объекту и здоровью человека; экономической целесообразности, необходимостью ресурсоэффективного обращения с основным и вторичным сырьем, жесткими требованиями действующего природоохранного и санитарного законодательства к качеству и производственному контролю состава сточных вод, сохранению качества водных ресурсов. Метод отстаивания взвешенных веществ и использующий данный физический принцип тонкослойный отстойник позволяют выполнить имеющиеся требования, в том числе учитывая

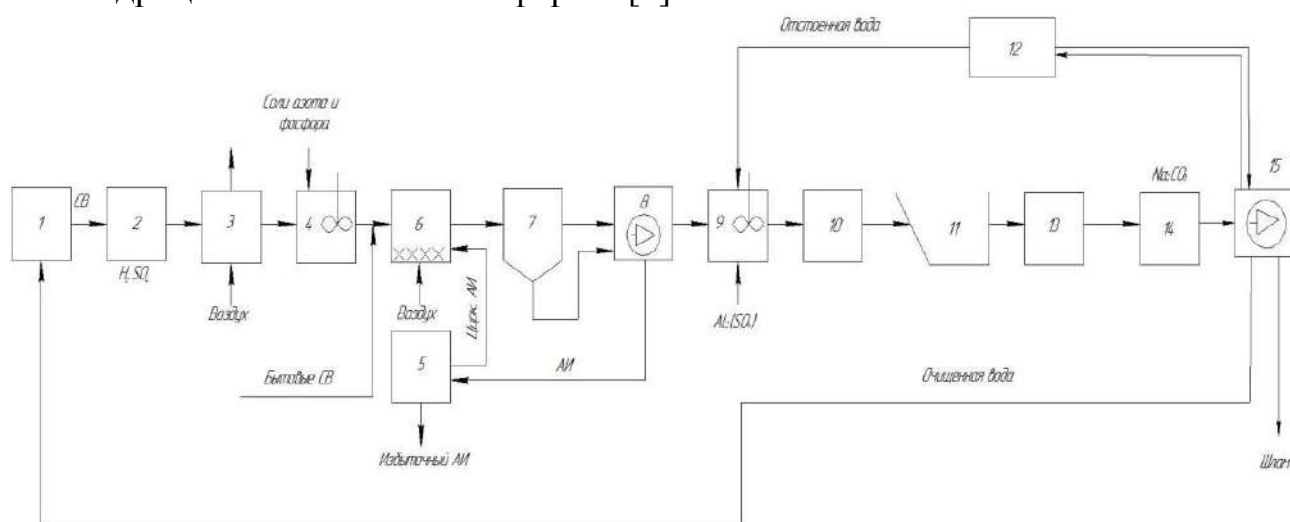
все современные тенденции в обеспечении техносферной безопасности.

Наилучшие доступные технологии (НДТ) для очистки сточных вод от нефтепродуктов уменьшают или не допускают их попадания в стоки путем применения различных методов очистки [1-3] и рекомендуют использование технологических схем с оборотным водоснабжением. Для интенсификации процессов очистки часто применяют дополнительные методы, например, сочетание механической очистки с физико-химическими методами, например, коагулирование и флокулирование [4, 5]. Грамотная технологическая схема очистки позволяет довести содержание нефтепродуктов в сточной воде до предельно-допустимой концентрации (ПДК).

Для повышения эффекта механической очистки сточных вод многие предприятия применяют физико-химические методы очистки, такие как коагулирование и флокулирование с использованием реагентов и последующее отстаивание.

Отстаивание в тонкослойных отстойниках является достаточным рекомендованных к внедрению на автомойках системах оборотного водоснабжения. При необходимости сброса сточных вод в канализацию дополнительная глубокая очистка становится необходимой.

Рассматриваемая в данной работе технологическая схема локальной очистки сточных вод автомойки от нефтепродуктов (Рис.1) включает в себя на разных этапах механическую, биологическую и реагентную методы очистки. Основная очистка сточных вод от взвешенных частиц производится в аэротэнках и радиальных отстойниках, доочистку предлагается производить в напорном гидроциклоне конической формы [6].



1 - радиальный отстойник; 2 - смеситель-нейтрализатор; 3 - усреднитель-преаэратор; 4 - смеситель биогенных добавок; 5 - аккумулятор АИ; 6 - аэротенки-смесители; 7 - вторичные радиальные отстойники; 8 - насосная станция для подкачки СВ и циркуляционного АИ; 9 - реагентный смеситель; 10 - камера хлопьеобразования; 11 - горизонтальные отстойники; 12 - шламоуплотнители; 13 - гидроциклон; 14 - нейтрализатор; 15 - шламовая насосная станция

Рисунок 1 - Схема локальной очистки сточных вод автомойки методом коагуляции

В радиальных отстойниках 1 происходит предварительная механическая очистка воды от взвешенных веществ, затем вода подкисляется серной кислотой до $pH=8$ в смесителе-нейтрализаторе 2. Затем в усреднителе-преаэраторе 3 вода в течение 4 часов подвергается отдувке сернистых соединений. Подвод осадка из первичных отстойников или избыточного активного ила в усреднитель позволяет снизить показатель БПК на 30%.

Далее подготовленные стоки через аккумулятор 5 поступают в аэротенки-смесители 6. Оптимально подавать сюда же бытовые механически очищенные сточные воды. Иловая смесь из аэротенков проходит через вторичные радиальные отстойники 7 и аккумулируется в емкости для ила. Циркулирующий ил возвращается в процесс очистки в аэротенки, избыточный ил отводится для утилизации. После биологической очистки вода насосами 8 подается в реактивный смеситель 9 и в камеру хлопьеобразования 10. Реагентная очистка известью, солями алюминия и полиакриламидом удаляет из воды высокомолекулярные соединения лигнина и его производные. Затем вода поступает в горизонтальный отстойник 11 для отделения крупных частиц, которые отводятся в шламоуплотнители 12. Отделенная вода возвращается в смеситель физико-химической очистки, а сгущенный шлам через шламовую насосную станцию 15 отправляется на утилизацию. Мелкодисперсные взвешенные вещества удаляются центрифугированием в гидроциклоне 13 и затем сточная вода при помощи каустической соды нейтрализуется в нейтрализаторе 14.

Скорость в входном патрубке равна 7,05 м/с; диаметр входного патрубка равен 18,6 мм; диаметр гидроциклона равен 67 мм; длина гидроциклона равна 335 мм; диаметр сливного патрубка равен 23 мм; производительность составляет 115 л/мин; эффективность очистки 96%.

В данной технологической схеме нет необходимости доведения загрязненности стоков до требуемых ПДК, т.к. предусмотрены возврат воды на дополнительную очистку и возврат в производство уже очищенной воды для ее экономии.

Для обеспечения экологического производственного контроля качества очистки сточной воды от взвешенных частиц предлагается использовать нефелометрический метод и прибор турбидиметр «Измеритель мутности НІ98713-02». Работа прибора основана на использовании зависимости интенсивности рассеиваемого частицами дисперсной системы света от числа этих частиц: прохождение светового потока через мутную среду вызывает рассеивание света частицами этой среды в различных направлениях. Прибор оснащён современной оптической системой и светодиодным инфракрасным источником света (для устранения влияния окраски), обеспечивающими надёжное измерение мутности.

Эколого-экономический расчет величины предотвращенного ущерба от сбросов сточных вод, содержащих взвешенные частицы, показал, что суммарный годовой эффект от проведения природоохранных мероприятий составляет 399 555,31 руб/год, на каждый потраченный рубль получается выгода 5,7 руб.

Литература:

1. Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях. - Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии: Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 8-2015. – Москва: Бюро НДТ. – 2015.

2. Тимонин, А. С. Инженерно-экологический справочник: учеб. пособие по специальности "Охрана окружающей среды и рациональное использование природ. ресурсов": в 3 т . Т. 2 / А.С.Тимонин. - Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2003. – 881 с.

3. Технология целлюлозно-бумажного производства Справочные материалы. В 3-х томах. СПб.: ЛТА, 2002 г.

4. Гетманцев, С.В. Очистка производственных сточных вод коагулянтами и флокулянтами [Текст] / С.В. Гетманцев, И.А. Нечаев, Л.П. Гандурина М.: Издательство АСВ, 2008. – 272 с.

5. Глебов, А.Н., Журавлева, Н.Е., Шавалеева, С.М. Макромолекулярные комплексы алюминия(III) с полиакриламидом и продуктами его щелочного гидролиза / Ж. «Коорд. Химия».- 1996.- Т.22, №1 – С.

6. Бауман, А.В. Гидроциклоны. Теория и практика.: – Новосибирск, Гор-машэкспорт, 2018. – 56 с., ил.

НАПРАВЛЕНИЕ 2

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

EXPRESS METHOD FOR DETERMINATION OF SUPERECOTOXICANTS

Gumerova G.I., master's student;

Sibgatullina O.S., master's student;

Supervisor: Candidate of Chemical Sciences Gogol E.V.

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev–KAI
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: For the combined or preliminary express-control of polyhalogenated dibenzo-n-dioxins and related compounds in environmental objects, the use of a biosensor combining a physicochemical sensor and a bioobject (enzyme) was proposed. The choice of cytochrome P4501A1 isoform as an enzyme for the determination of dioxin-like compounds was substantiated, and inversion voltammetry as an analytical method was proposed. The presented method allows to make mass analysis of dioxin-like xenobiotics simpler and cheaper.

Keyword: Xenobiotics, dioxin-like compounds, cytochrome P450, inverse voltammetry.

ЭКСПРЕСС МЕТОД ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СУПЕРЭКОТОКСИКАНТОВ

Гумерова Г.И., обучающийся;

Сибгатуллина О.С., обучающийся;

Научный руководитель: Гоголь Э.В., кандидат химических наук, доцент

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Для комбинированного или предварительного экспресс-контроля полигалогенированных дибензо-н-диоксинов и родственных соединений в объектах окружающей среды предложено использование биосенсора, сочетающего в себе физико-химический сенсор и биообъект (фермент). Обоснован выбор изоформы цитохрома P4501A1 в качестве фермента для определения диоксиноподобных соединений и предложена инверсионная вольтамперометрия в качестве аналитического метода. Представленный метод позволяет упростить и удешевить массовый анализ диоксиноподобных ксенобиотиков.

Ключевые слова: ксенобиотики, диоксиноподобные соединения, цитохром P450, инверсионная вольтамперометрия.

Xenobiotics are chemical substances contained in environmental objects that have a toxic effect on living organisms, but are not part of the biotic cycle. The most dangerous xenobiotics are called priority, dioxins are among them [1]. They are by-products of production processes in the chemical, petrochemical and metallurgical

industries, are formed during the combustion of polymers [2]. Accumulation or adsorption of these substances occurs in bottom sediments, suspended solids, ash, soot and fatty tissues of the body, while they are not detected in significant amounts in aquatic environments [3].

Polyhalogenated dibenzo-*n*-dioxins (PCDD) and related compounds (polychlorinated dibenzofurans (PCDF), polyaromatic hydrocarbons (PAH)), having mutagenic and carcinogenic properties, become the cause of changes in the functioning and existence of ecological systems. In this regard, it is necessary to constantly monitor the content of such compounds in the natural environment.

The main methods for quantitative determination of PCDDs/PCDFs and PAHs are hybrid methods of physicochemical analysis - a combination of gas chromatography (GC)/high performance liquid chromatography (HPLC) and mass spectrometry (MS). This combination provides high sensitivity and accuracy of determination. Disadvantages include high cost due to the use of expensive standards, chemical reagents, instruments with high maintenance costs, the need for well-trained personnel, low throughput, inability to determine some dioxin-like compounds such as bromochloro-dioxins, polybrominated dioxins. The sampled samples usually have a very complex and heterogeneous composition and include a large number of chemicals that can interfere with the determination of dioxins. For this reason, the samples to be analyzed must be pre-treated and cleaned of foreign matter. Effective sample preparation is impossible without additional laboratory equipment [4]. In addition there are cases when the analytical information obtained by GC/MS or HPLC/MS methods must be confirmed by the results obtained by completely different method of control (electrochemical, biochemical, etc.).

Development of quantitative methods of dioxin determination assumes decrease of cost, increase of speed, selectivity, decrease of limits of analysis detection that will allow to increase number of analytes in one analysis. Today, there is a need to conduct such analyses in real time and to adapt analytical equipment to field conditions, which would not be inferior in its capabilities to laboratory equipment.

In this regard, in this work a biochemical method is proposed which can be combined with GC/MS or HPLC/MS methods or used for express analysis.

The proposed method can be used for combined or preliminary express-analysis of samples of natural environment objects, presumably containing xenobiotics, which have hazardous and/or toxic properties for the ecological system. The method involves a combination of a physico-chemical sensor (sensor) and a biosensor. Such a combination is called a biosensor.

Biosensors can be used to detect dioxins in the entire food chain including different samples. Biosensors can reflect not only quantitative characteristics of sample components, but also the biotoxicity of dioxins, which makes it possible to obtain an adequate assessment of their impact on living systems, but their sensitivity is lower compared with hybrid methods [5, 6].

The advantages of biosensors, in addition to the above, include minimal production waste, low energy cost, miniaturization, minimal use of chemical reagents, no need for a dedicated laboratory and complex equipment, and the possibility of real-

time measurements [7, 8].

Enzyme-based biosensors are the easiest to make and operate and have prospects for wide application. Their disadvantage is that the enzyme often denatures (changes the structure of its protein) under the influence of chemical reagents used in sample processing [9]. The solution to this problem lies in the area of modifying either the structure of the protein itself or the sensor surface.

The scientific basis for methods of analytical quality control of natural environment objects is the mechanism of entry and transformation of xenobiotics in them. Most xenobiotics require activation to produce an electrophilic form that results in a molecule that can irreversibly react with living tissue nucleophiles in order to exhibit a toxic effect on the living organism. Such biochemical activation is known to be catalyzed by almost all enzymes involved in the biotransformation of xenobiotics [10]. Therefore, the choice of the enzyme was a key task.

Mammalian cytochromes P450 are structurally and functionally different isoenzymes. One of their most important properties is the ability to be induced by an external stimulus, which can be xenobiotics. Exogenous substances induce enzymes, which is a side effect of metabolism. The phenomenon of cytochrome P450 induction is an essential component of the adaptive response to foreign compounds entering the cell. It leads to an increase in the detoxification function of the organism followed by excretion of the xenobiotic [11].

Cytochrome 1A1 isoforms are present in both humans and mammals, and dioxins are a typical substrate for it [12]. This was the reason for the choice of this cytochrome isoform as a bioreceptor for the developed biosensor.

The main pathway of metabolism of dioxin-like xenobiotics in mammals by cytochrome P4501A1 isoform, is their dehalogenation, cycle cleavage and formation of hydroxy derivatives - phenolic metabolites. According to the National Institute of Health (USA), the concentration of dioxins is directly proportional to the concentration of formed phenol. The resulting phenol can hydroxylate again, converting to catechol or hydroquinone. Note that catechol and hydroquinone can react with oxygen, inhibiting similar reactions with quinones and superoxides, which are toxins. [13].

Since benz(a)pyrene may be present in the mixture in addition to dioxin-like compounds, an additional study of its biotransformation under the action of cytochrome P4501A1 isoform was performed. Based on data from the French National Institute for Health and Medical Research (INSERM), it was shown that in addition to the cytochrome P4501A1 isoform, the enzyme epoxide hydrolase is required to degrade benz(a)pyrene. In addition, complete decomposition of benz(a)pyrene to phenolic compounds is a long and multistep process. Consequently, its presence is not a hindrance and does not cause errors in biochemical decomposition of dioxins using the sensor under construction [14].

Polychlorinated dibenzofurans (PCDFs) are also biodegraded by the cytochrome P4501A1 isoform, but their decomposition products are not phenolic compounds.

Since biodegradation of dioxins leads to the formation of phenol, which is an electroactive compound, it was decided to use electrochemical methods of analysis,

namely, inverse voltammetry, to determine its concentration. This method is widely used in the field of chemical analysis of substances present in micro concentrations. The sensitivity of the method is determined by the signal-to-noise ratio, which can be increased by technical means of measurement, by changing hydrodynamic conditions and by preconcentrating the substance on the electrode.

The measurements were performed using an analytical voltammetric STA-1 coupled with an IBM-compatible computer.

The working signal of the biosensor was measured for model concentrations of dioxin in the range of 10^{-6} - 10^{-14} M. The amperometric response of the biosensor with immobilized enzymes of cytochrome P4501A1 isoform in the presence of dioxin-like xenobiotics is based on registration of anodic current oxidation of phenol, formed as a result of enzymatic degradation of dioxins.

The mechanism of the electrode reaction consists in the transfer of one electron from the phenol molecule to form first o-diphenol and then o-quinone. After studying biphasic oxidation, the oxidation potential of the second phase (0.6 V) was chosen as the working potential.

The oxidation current was recorded at a fixed potential. The maximum deviation of the current from the background was measured as the biosensor response. The I- LgC dependence of phenol is straight: $y = ax + b$.

All oxidation peaks were found to be analytical signals. The dependence of current on concentration for phenol on the electrode is straightforward. The phenol concentration was measured in the range 10^{-3} to 10^{-7} M, which corresponds to the initial concentration of dioxin in the mixture in the range 10^{-6} to 10^{-14} M. In all cases, regeneration of the electrode improves the reproducibility of phenol analytical signals.

The literature review and studies allowed us to propose the use of cytochrome P4501A1 isoform as a biosensor basis for qualitative and quantitative express-analysis of dioxin-like compounds. This direction of analysis, despite a number of limitations (possible errors in determination, obtaining only the total concentration of dioxin-like xenobiotics), can provide a drastic reduction of monetary and time costs for determination of samples of different types and lay the basis for real-time monitoring of PCDDs/PCDFs (TCDDs). In addition, there is an opportunity to increase the informativeness of biochemical monitoring and to solve some problems of environmental rationing, modeling the distribution of xenobiotics, establishing the mechanism of their metabolic transformation.

References:

1. Ware J. Problems of Environmental Pollution and Toxicology/ Edited by J. Ware. - Moscow: The World, 1993. - 191 pp.
2. Neubert, D. Reflections on the assessment of the toxicity of dioxins for humans, using data from experimental and epidemiological studies// Teratogenesis, Carcinogenesis, and Mutagenesis. – 1997. – Vol.17. - №4-5. – P. 157 – 215.
3. Alcock. R.E., Jones K.C. Dioxins in the Environment: A review of Trend Data// Environmental Science and Technology. – 1996. – Vol. 30. - №11. – P.3133 –

3143.

4. Sylwia Oleszek-Kudlak, Etsuro Shibata, Takashi Nakamura, Xian-Wei Lia. Review of the Sampling and Pretreatment Methods for Dioxins Determination in Solids, Liquids and Gases// *Journal of the Chinese Chemical Society*.- 2007.- 54.- P. 245-262

5. Warner M, Eskenazi B, Patterson DG, Clark G, Turner WE, Bonsignore L, Mocarelli P, Gerthoux P.M., Expo J. Dioxin-Like TEQ of women from the Seveso, Italy area by ID-HRGC/HRMS and CALUX.// *Anal Environ Epidemiol*.- 2005.- 15(4).-P. 310-8.

6. Van Wouwe N, Windal I, Vanderperren H, Eppe G, Xhrouet C, Massart AC, Debacker N, Sasse A, Baeyens W, De Pauw E, Sartor F, Van Oyen H, Goeyens L. Validation of the CALUX bioassay for PCDD/F analyses in human blood plasma and comparison with GC-HRMS// *Talanta*.- 2004.- 63(5).- P. 1157-1167.

7. Farre M., Perez S., Goncalves C., Alpendurada M.F., Barcelo D. Green analytical chemistry in the determination of organic pollutants in the aquatic environment.// *TrAC Trends Anal. Chem*.- 2010.- 29.- P. 1347–1362.

8. RebeRaz S., Haasnoot W. Multiplex bioanalytical methods for food and environmental monitoring.// *TrAC Trends Anal. Chem*.- 2011.- 30.- P. 1526–1537.

9. Velusamy V, Arshak K, Korostynska O, Oliwa K, Adley C. Review An overview of foodborne pathogen detection: in the perspective of biosensors// *Biotechnol Adv*.- 2010.- 28(2).- P. 232-254.

10. Gumerova G.I., Galieva A.T., Gogol E.V. Methodology for determining dioxin-like toxicants // *Scientific Journal "Bulletin of the Tupolev KSTU*. - 2013 – №1 - P. 125-130

11. Nelson, D. R., Koymans, L., Kamataki, T., Stegeman, J. J., Feyereisen, R., Waxman, D. J., Waterman, M. R., Gotoh, O., Coon, M. J., Estabrook, R.W., Gunsalus, I. C., and Nebert, D.W. P450 superfamily: update on new sequences, gene mapping, accession numbers, and nomenclature.// *Pharmacogenetics*.- 1996.- 6.- P. 1–42

12. Kent U.M., Juschyshyn M.I., Hollenberg P.F. Mechanism-based inactivators as probes of cytochrome P450 structure and function.// *Curr Drug Metab*.-2001.- 2(3).- P. 215-43.

13. Claassen C.D. Toxicology . The basic Science of poisons. / Claassen C.D.// New York, Chicago, Toronto, London. Sixth Edition.– 2001.– P. 1236

14. Egorova T.A., Klunova S.M., Zhivukhina E.A. Fundamentals of biotechnology: textbook for higher educational institutions. - Moscow: Academia Publishing Center, 2006. - 208 pp.

БИОМАССА КАК ИСТОЧНИК РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ БИОЭНЕРГИИ

Гумерова Г.И., обучающийся;
Научный руководитель: Гоголь Э.В., кандидат химических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Дефицит ископаемых видов топлива и их выбросы побуждают искать альтернативные возобновляемые и чистые источники энергии. Использование биомассы для этих целей является одной из многообещающих альтернатив, так как является наиболее эффективным способом получения энергии в сельских и других отдаленных районах, где преобладают как сельскохозяйственное производство, так и животноводство.

Ключевые слова: альтернативные источники энергии, биомасса, биоэнергия.

BIOMASS AS A SOURCE OF VARIOUS FORMS OF BIOENERGY

Gumerova G.I., the student;
Supervisor: Candidate of Chemical Sciences Gogol E.V.
Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev–KAI
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The scarcity of fossil fuels and their emissions encourage the search for alternative renewable and clean energy sources. The use of biomass for this purpose is one of the promising alternatives, as it is the most efficient way to generate energy in rural and other remote areas dominated by both agricultural and livestock production.

Keyword: alternative energy sources, biomass, bioenergy.

Отходы животноводства и сельского хозяйства как источники биомассы не угрожают продовольственной безопасности, не усиливают воздействие на окружающую среду, а так же могут в значительной степени способствовать надлежащему обращению с отходами. В целом, различные типы биомассы можно разделить на три поколения. Первое поколение в основном состоит из кормовых материалов, таких как кукурузное зерно, сахарный тростник, соевые бобы и семена масличных культур. Ко второму поколению относятся такие материалы, как сельскохозяйственные отходы (стручки кукурузы, несъедобные энергоспецифические продукты, такие как просо, мискантус и ятрофа [1]. Третье поколение, называемое водной биомассой, включает разнообразную группу фотосинтезирующих водорослей и цианобактерий размером от микроскопических (микроводоросли и цианобактерии) до крупных водорослей [2]. Биомасса может быть преобразована в различные формы биоэнергии, такие как этанол,

бутанол, метан, водород, электричество и биотопливо, посредством различных процессов [3]. Доступным процессом преобразования биомассы в энергию является анаэробное сбраживание, которое фактически представляет собой микробное разложение органических материалов в отсутствие кислорода. Анаэробное разложение является важным процессом на свалках, где биомасса измельчается и сжимается, создавая анаэробную (или бедную кислородом) среду. Помимо свалок, анаэробное разложение может также осуществляться на ТЭЦ-биогазовых электростанциях. При благоприятных условиях органический материал будет ферментироваться и выделять биогаз [4], который примерно на 70% состоит из метана, являющимся ценным источником энергии, способным заменить ископаемое топливо. В целом эффективность процесса анаэробного сбраживания как биологического процесса зависит от нескольких факторов. Одним из критических факторов при производстве биогаза является тип и состав сырья, а также плотность материалов в метантенке [5]. Для преобразования биогаза в электроэнергию можно одновременно использовать электрические и тепловые установки.

Биомасса является единственным возобновляемым источником энергии, который может быть преобразован в жидкое биотопливо, такое как этанол и биодизель. Этанол производится путем ферментации биомассы с высоким содержанием углеводов, такой как сахарный тростник, пшеница или кукуруза. Биодизель производится путем объединения этанола с животным жиром, переработанным кулинарным жиром или растительным маслом. Биотопливо работает не так эффективно, как бензин. Тем не менее, их можно смешивать с бензином для обеспечения эффективного питания транспортных средств и механизмов и при этом не выделяются выбросы, связанные с ископаемым топливом. К недостаткам биотоплива можно отнести еще и то, что площадь, необходимая для выращивания биокультур затем недоступна для выращивания сельскохозяйственных культур для еды или других целей. Выращивание достаточного количества кукурузы для получения этанола также создает нагрузку на окружающую среду из-за отсутствия разнообразия в посевах и большого использования пестицидов [6].

Биоуголь, полученный в процессе пиролиза, ценен в сельском хозяйстве и природопользовании. Когда биомасса гниет или горит (естественным образом или в результате деятельности человека), она выбрасывает в атмосферу большое количество метана и углекислого газа. Однако, когда биомасса обугливается, она изолирует или сохраняет свой углерод. Когда биоуголь добавляется обратно в почву, он может продолжать поглощать углерод и образовывать большие подземные хранилища секвестрированного углерода, что может привести к отрицательным выбросам углерода и оздоровлению почвы. При добавлении обратно в почву биоуголь поглощает и удерживает воду и питательные вещества.

Биомасса богата водородом, который можно извлекать химическим путем и использовать для выработки электроэнергии и заправки транспортных средств. Стационарные топливные элементы используются для выработки электроэнергии в удаленных местах. Водородные топливные элементы могут

иметь еще больший потенциал в качестве альтернативного источника энергии для транспортных средств. По оценкам Министерства энергетики США, биомасса может производить 40 миллионов тонн водорода в год. Этого хватит, чтобы заправить 150 миллионов автомобилей. В настоящее время водородные топливные элементы используются для питания автобусов, вилочных погрузчиков, лодок и подводных лодок, а также проходят испытания на самолетах и других транспортных средствах. Однако ведутся споры о том, станет ли эта технология устойчивой или экономически возможной. Энергия, необходимая для выделения, сжатия, упаковки и транспортировки водорода, не оставляет большого количества энергии для практического использования.

Водоросли — это уникальный организм, обладающий огромным потенциалом в качестве источника энергии биомассы. Водоросли производят энергию посредством фотосинтеза до 30 раз быстрее, чем любое другое сырье для биотоплива. Водоросли можно выращивать в морской воде, поэтому ресурсы пресной воды не истощаются. Они также не требуют почвы и, следовательно, не сокращают пахотные земли, на которых потенциально можно выращивать продовольственные культуры. Хотя водоросли выделяют углекислый газ при сжигании, их можно выращивать и восполнять как живой организм. По мере роста они выделяют кислород и поглощают загрязняющие вещества и выбросы углерода. Водоросли занимают гораздо меньше места, чем другие биотопливные культуры. Водоросли содержат масла, которые так же можно превратить в биотопливо. Водоросли обладают огромным потенциалом в качестве альтернативного источника энергии. Однако переработка их в пригодные для использования формы стоит дорого. Хотя, по оценкам, они дают в 10–100 раз больше топлива, чем другие биотопливные культуры. Поэтому в настоящее время данный вид энергии недоступен для большинства развивающихся стран [7].

При текущей траектории выбросов и растущей частоте и интенсивности последствий изменения климата, обязательства компаний и стран по достижению нулевого уровня выбросов становятся важным инструментом в достижении международных целей в области климата. Одним из возможных способов облегчения этого является расширение масштабов таких решений, как биоэнергетика, которые могут свести к минимуму воздействие производства энергии на окружающую среду. Обладая способностью внести значительный вклад в декарбонизацию транспорта, авиации, судоходства и электричества, биоэнергетика быстро становится предпочтительным источником возобновляемого топлива. Биоэнергетика будет становиться все более прибыльной благодаря экологически чистой промышленной политике, подкрепленной государственной поддержкой и стимулами.

Литература:

1. Baetge S, Kaltschmitt M (2018) Rice straw and rice husks as energy sources—comparison of direct combustion and biogas production. *Biomass Conversion Biorefinery* 8(3), 719–737.
2. Asadi E et al (2018) A bi-objective stochastic location-inventory-routing

model for microalgae-based biofuel supply chain. Appl Energy 228, 2235–2261.

3. Rao PV et al (2010) Biogas generation potential by anaerobic digestion for sustainable energy development in India. Renew Sustain Energy Rev 14(7), 2086–2094.

4. Li K et al (2018) Anaerobic co-digestion of animal manures with corn stover or apple pulp for enhanced biogas production. Renew Energy 118, 335–342.

5. Mao C et al (2015) Review on research achievements of biogas from anaerobic digestion. Renew Sustain Energy Rev 45, 540–555.

6. Siddiqui MTH et al (2018) Thermogravimetric pyrolysis for neem char using novel agricultural waste: a study of process optimization and statistical modeling. Biomass Conversion Biorefinery 8(4), 857–871.

7. Phebe Asantewaa Owusu, Asumadu-Sarkodie Samuel (2016) A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation. Cogent Engineering Volume 3(1), 1-14.

УДК 66.098.2

ОКИСЛЕНИЕ ФЕНОЛА И ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ФЕРМЕНТНЫМИ СИСТЕМАМИ НА ОСНОВЕ ПЕРОКСИДАЗЫ

Платонова М.С., аспирант;

Гоголь Э.В., кандидат химических наук, доцент

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ»

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Анализ возможности окисления фенола и фенольных соединений ферментными системами на основе пероксидаз с целью идентификации фенола в окружающей среде. Процесс протекания реакций окисления и выявление проблемы инактивации ферментного комплекса.

Ключевые слова: Пероксидаза хрена, ферментное окисление фенольных соединений, инактивация фермента, полимеризация.

PHENOL AND PHENOL COMPOUNDS OXIDATION BY PEROXIDASE-BASED ENZYME SYSTEMS

Platonova M.S., graduate student;

Gogol E.V., Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev–KAI
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: Analysis of the possibility of phenol and phenolic compounds oxidation by enzyme systems based on peroxidases in order to identify phenol in the environ-

ment. The process of oxidation reactions and the identification of the problem of inactivation of the enzyme complex.

Keyword: Horseradish peroxidase, enzymatic oxidation of phenolic compounds, enzyme inactivation, polymerization.

Фенол и его соединения являются одними из наиболее распространённых загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городской среды, за счёт автотранспорта. Фенол - токсичное соединение, оказывающие негативное воздействие нервную систему, оказывает раздражающее действие на кожу, вызывая ожоги, слизистые оболочки, кожные покровы. Согласно данным, приведённым в монографии В.П. Ившина и Р.В. Полушина из фенолов (хлорбензолы, хлорфенолы, фенолы) возможно формирование полихлорированных дибензодиоксинов и дибензофуранов – ароматических соединений в присутствии доноров хлора. Фенольные соединения дают разнообразные галогенпроизводные при замещении фенольного ряда свободным хлором. Синтез полихлорированных дибензодиоксинов и дибензофуранов из фенолов и фенольных соединений осуществляется при наличии переходных металлов, одним из них является хлорид меди.

Для фенола среднесуточная и максимальная разовая ПДК составляют 0,003 мг/м и 0,01 мг/м соответственно. На основании данных анализов массовых концентраций загрязняющих веществ проводится расчет вероятностей содержания прекурсоров в атмосферном воздухе ограниченной территории. Проведённый анализ позволяет сделать вывод о повышенной возможности загрязнения атмосферного воздуха диоксиноподобными соединениями на анализируемых территориях. Контроль фенолов осложнен периодичностью измерений, территориальной областью измерений (источники выбросов).

Фенольные соединения аналогичным образом с диоксинами провоцируют активацию цитохромов P450, соответственно формируются свободные радикалы, что способствует нарушению структуры дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК). Окисление органических соединений проводится полифункциональной пероксидазой, в процессе осуществляется полимеризация, что расширяет возможности применения пероксидазы хрена для очистки водных сред фенольными органическими соединениями. [1]. Нековалентное связывание фенольного полимера с ДНК приводит к необратимым мутагенным изменениям, а также лейкозу [2]. К легко окисляемым субстратами пероксидаз растений относятся многоатомные фенолы.

Пероксидаза хрена (HRP - horse radish peroxidase) – фермент оксидоредуктаз, катализирует окисление органических соединений пероксидом водорода, относится к третьему классу – секретируемые пероксидазой растений. HRP – мономерный гликопротеид, который имеет четыре дисульфидные связи и два кальций связывающих центра. Наиболее популярным и применяемым является изофермент С HRP для создания биосенсоров [3].

Стадии каталитического цикла пероксидазы хрена представлены в таблице 1.

Таблица – 1

Стадия	Реакция	Пояснение
I	$\text{HRP} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Соединение I} + \text{H}_2\text{O}$	В результате взаимодействия HRP с пероксидом водорода от молекулы фермента отщепляются два электрона (один от атома железа и один из порфиринового кольца). В результате образуется катион-радикал, который получил название Соединения I. Константа скорости реакции окисления HRP с помощью H_2O_2 теоретически не зависит от других химических частиц, присутствующих в реакционной смеси.
II	$\text{Соединение I} + \text{АН}_2 \rightarrow \text{Соединение II} + \text{A}^\cdot$	Восстановление донором электронов до исходного ферри-фермента протекает в две стадии через образование Соединения II.
III	$\text{Соединение II} + \text{АН}_2 \rightarrow \text{HRP} + \text{A}^\cdot$	Восстановление Соединения II приводит к образованию исходной формы фермента. Образовавшийся феноксильный радикал переходит в хинон или полимеризуется.
АН ₂ – электрон-донорный субстрат, АН [·] – радикальный продукт реакции		

Полимеризованные продукты имеют низкую растворимость и легко осаждаются из раствора, что свидетельствует о возможности удаления ароматических загрязнителей из сточных вод.

Однако, при ферментативной обработке образующиеся феноксирадикалы, которые взаимодействуют с активным центром фермента, что приводит к сокращению каталитического времени жизни фермента. Кроме того, образованные полимеры могут захватывать HRP, снижая его каталитическую способность.

В соответствии с результатами исследования [4], [5] были получены результаты взаимодействия использованием полиэтиленгликоля (ПЭГ) в качестве добавки для повышения активности ферментов при очистке синтетических сточных вод, содержащих диапазон концентраций фенола от 0,5 до 16 миллимолей (от 47 до 1500 мг/л) при нейтральном pH. Результаты продемонстрировали значительное увеличение срока службы катализатора в присутствии ПЭГ. HRP катализирует окисление фенолов перекисью водорода с образованием феноксирадикалов.

Решением проблемы инактивации фермента заключалась в иммобилизации ферментов. Иммобилизация ферментов может придавать ферментам некоторые дополнительные полезные свойства. По сравнению со свободными ферментом, иммобилизованные, диспергированные на поверхности носителя, будут меньше подвергаться агрегации, более термически устойчивы, что является еще одним источником инактивации.

Пероксидазное окисление фенолов провоцирует образованию окрашенных продуктов реакции, что открывает возможности фотоколориметрической и визуальной оценки концентраций фенолов и фенольных соединений.

Литература:

1. И.А. Веселова «Оптические сенсорные системы на основе пероксидазы для определения органических биологически активных веществ»// С.272, Москва – 2018
2. P.J.O'Brien «Phenol oxidation product(s), formed by a peroxidase reaction, that bind to DNA»// *Xenobiotica* 15(10):873-85, 1985
3. Г.С. Захарова, И.В. Упоров, В.И. Тишков «Пероксидаза из корней хрена: модулирование свойств химической модификацией белковой глобулы и гема»// *Успехи биологической химии*, т. 51, С. 37–64, 2011
4. Prasanta K.Patel, Madhu Sudan, Mondal, Sandeep Modi, Digambar V.Behere «Kinetic studies on the oxidation of phenols by the horseradish peroxidase compound II» *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Protein Structure and Molecular Enzymology*, С.79-87, 1997
5. Qing Chang, Jia Huang, Yaobin Ding and Heqing Tang «Catalytic Oxidation of Phenol and 2,4-Dichlorophenol by Using Horseradish Peroxidase Immobilized on Graphene Oxide/Fe₃O₄» // *Molecules*, 2016

УДК 628.316.13

ПОЛУЧЕНИЕ ХИТИНА ИЗ ЛИЧИНОК ПРЕДКУКОЛКИ МУХИ HERMETIA ILLUCENS

Свергузова С.В.¹, д-р техн. наук, профессор,
Шайхиев И.Г.², д-р техн. наук, доцент,
Сапронова Ж.А.¹, д-р техн. наук, доцент,
Воронина Ю.С.¹, аспирант, ведущий инженер

¹ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова»

(г. Белгород, Российская Федерация)

²ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет»

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Обобщены сведения о возможности использования личинок мухи *Hermetia illucens* в качестве ингредиента кормов или же в качестве источника для выделения хитина. Рассмотрены способы получения хитина из личинок мухи *Hermetia illucens*.

Ключевые слова: хитин, личинки предкуколки, *Hermetia illucens*, ингредиент кормов, извлечение.

OBTAINING CHITIN FROM THE PUPULA OF THE FLY HERMETIA ILLUCENS

Sverguzova S.V.¹, Doctor of Technical Sciences, Professor,
Shaikhiev I.G.², Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,
Sapronova Zh.A.¹, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,
Voronina Y.S.¹, Postgraduate student, Leading engineer

¹Belgorod State Technological University (Belgorod, Russian Federation)

²Kazan National Research Technological University (Kazan, Russian Federation)

Annotation: Data on the possibility of using *Hermetia illucens* fly larvae as a feed ingredient or as a source for chitin isolation are summarized. Methods for obtaining chitin from the larvae of the fly *Hermetia illucens* are considered.

Keyword: chitin, prepupa larvae, *Hermetia illucens*, feed ingredient, extract.

Обезжиренные личинки *Hermetia illucens* возможно использовать в качестве ингредиента кормов или же в качестве источника для выделения хитина. В частности, выявлено, что обезжиренные личинки Черной львинки имеют 44,63% белка, 1,18 % жирных кислот и калорийность 400,04 ккал. Содержание хитина составило 18,22 %, клетчатки - 9,29 % [1].

Указывается, что хитин может быть выделен из нативного сырья с использованием различных методов: с использованием химических реагентов, ферментов, микробной ферментации, с помощью СВЧ и ультразвукового излучения, ионных и сверхкритических жидкостей. Также для выделения хитина использовались электрохимический метод, импульсное электрическое поле, а также эвтектические растворители и другие методы [2-4].

Некоторые из названных выше способов использовались для извлечения хитина из личинок, куколок и мертвых особей мух *Hermetia illucens*.

Наиболее распространенный химический способ выделения хитина из муки из личинок Черной львинки заключается в следующем: первоначально проводится экстракция липидов различными растворителями, например смесью CHCl_3 и CH_3OH (7:3). Затем проводится деминерализация обезжиренной муки от CaCO_3 и $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ из личинок *Hermetia illucens* 1 Н раствором HCl (гидромодуль 1:100) при 95 °С в течение 1 ч при постоянном перемешивании. В дальнейшем производится депротеинизация оставшейся части 1 Н раствором NaOH при 80°С в течение 24 ч. Затем образцы тщательно промываются дистиллированной водой до достижения нейтрального рН. Хитиновая фракция, не растворимая в воде, отфильтровывается под вакуумом и сушится с использованием различных методов, чаще тепловым воздействием [5].

Экстрагированный хитин был охарактеризован по степени его ацетилирования, которая составляла 89-92 %. Указывается, что извлеченный по данной технологии хитин не содержал остаточных аминокислот [5].

В работе [66] предложено получение хитина из предкуколок Черной львинки. Первая стадия, обезжиривание исходного сырья, проводилась в два

этапа с использованием петролейного эфира. Затем, обезжиренное сырье подвергалось обработке 1 М раствором NaOH, а заключительная стадия деминерализации проводилась с использованием 2 N раствора HCl. После центрифугирования, осадок промывался водой и высушивался. В результате этого метода удалось фракционировать исходное сырье в три основных продукта – жир, белок и хитин. Выход последнего варьировался от 11,7 до 14,6 % в зависимости от степени ацетилирования [6].

Все ранее известные способы получения хитина из личинок *Hermetia illucens* направлены на последовательное удаление примесных компонентов из хитинсодержащего исходного сырья. Такой подход является многостадийным и не гарантирует получения чистого продукта. С целью преодоления перечисленных недостатков предлагается для получения хитина использование его непосредственной экстракции из исходного сырья. Известно, что хитин растворим в концентрированных минеральных кислотах, таких, как HCl, H₂SO₄, H₃PO₄ и т.п. Однако это свойство биополимера ранее не применялось для его выделения. Для получения хитина использовали фосфорную кислоту, т.к. она, в отличие от соляной и серной кислот, практически не гидролизует хитин в процессе его получения. Предлагаемый способ получения хитина не требует стадии обезжиривания, которая осуществляется обработкой сырья органическими растворителями или раствором щелочи при высокой температуре [2]. 300 г личинок *Hermetia illucens* заливались 1 дм³ кипящей воды на 2-3 мин. Затем обездвиженные личинки подвергались обработке на маслопрессе. Полученный твердый остаток лиофильно высушивали. Получалось 25 г твердого остатка, к которому добавлялось 100 см³ 85 %-ной H₃PO₄, тщательно перемешивалось и оставлялось на 16 часов при комнатной температуре. Полученную суспензию фильтровали под вакуумом водоструйного насоса через стеклянный пористый фильтр № 1 и промывалось 50 см³ 40 % фосфорной кислоты. Объединенный фильтрат разбавляли 2 дм³ воды при интенсивном перемешивании. Выпавший осадок хитина в фильтрате отмывался водой методом декантации до достижения pH 5,5–6,0 и лиофильно высушивался. Получилось 1,75 г аморфного хитина [2].

Определено, что наивысшая эффективность деминерализации (90 %) достигается при использовании 0,5 М муравьиной кислоты в течение 2 ч при 40 °С, что подтверждает обоснованность использования органических кислот как альтернативы неорганическим кислотам. Обработка 1,25 М NaOH при 90 °С в течение 4 ч показал наибольшую эффективность депротеинизации, удаляя 96 % белков. Температура и концентрация NaOH были значимыми параметрами эффективности депротеинизации. Наиболее эффективна отбеливающая обработка 6% раствором NaOCl при 60°C в течение 1 ч (эффективность 67 %). H₂O₂ также может быть альтернативным реагентом для предотвращения риска для окружающей среды, связанного с хлорсодержащими соединениями. В конце процесса очистки хитина осталось 17 % исходной биомассы с содержанием хитина 85 %, что соответствует выходу последнего 14 % по отношению к исходной биомассе [2].

Как видно, при использовании химического метода выделения хитина образуется большой объем кислых и/или щелочных сточных вод, что создает опре-

деленные проблемы в виде строительства комплекса очистных сооружений.

Кроме химических методов, для выделения хитина из личинок и мертвых особей мухи *Hermetia illucens* используются и другие методы, в частности, биологические методы, которые подразделяются на ферментативные реакции и микробиологическую ферментацию.

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

Литература:

1. Monisha C., Loganathan M. Impact of drying methods on the physicochemical properties and nutritional composition of defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae flour // Journal of Food Processing and Preservation. 2021. P. 1-10.

2. Хайрова А.Ш., Лопатин С.А., Сеницына О.А. Получение хитина из черной львинки *Hermetia illucens* путем прямой экстракции // Известия Уфимского научного центра РАН. 2018. № 3(2). С. 84-87.

3. Hahn T., Tafi E., von Seggern N. Purification of chitin from pupal exuviae of the Black soldier fly // Waste and Biomass Valorization. 2022. Vol. 13. P.1993-2008.

4. Lin Y.-S., Liang S.-H., Lai W.-L. Sustainable extraction of chitin from spent pupal shell of Black soldier fly // Processes. 2021. Vol. 9. No 976. P. 1-8.

5. Ravi H.K., Degrou A., Costil J. Effect of devitalization techniques on the lipid, protein, antioxidant, and chitin fractions of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae // European Food Research and Technology. 2020. Vol. 246. P. 2549-2568.

6. Caligiani A., Marseglia A., Leni G. Composition of black soldier fly prepupae and systematic approaches for extraction and fractionation of proteins, lipids and chitin // Food Research International. 2018. Vol. 105. P. 812-820.

УДК 504.064

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ТОРЦЕВУЮ ПОВЕРХНОСТЬ КВАРЦЕВЫХ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН

Тунакова Ю.А., доктор химических наук, профессор,
заведующий кафедрой общей химии и экологии;

Сахабутдинов А.Ж., доктор технических наук,
профессор кафедры радиотоники и микроволновых технологий;

Кузнецов А.А., доктор технических наук,
доцент кафедры радиотоники и микроволновых технологий;

Желовицкая А.В., кандидат химических наук,
доцент кафедры общей химии и экологии

Григорьева И.Г., старший преподаватель кафедры общей химии и экологии
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический

университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
(Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Приведены теоретические обоснования основания для выбора материалов покрытия на оптоволокно, чувствительные к концентрациям диоксида углерода для проектирования датчика контроля парниковых газов. Получены спектры исходного излучения и отражения Фабри-Перо для образцов, с нанесенными составами предложенных покрытий с определением наиболее эффективных.

Ключевые слова: диоксид углерода, датчик контроля, чувствительный слой, материалы, аналитический сигнал.

APPROACHES TO THE CALCULATION OF THE INTEGRAL INDICATOR OF THE TOTAL AEROGENIC IMPACT BY STUDY ZONES

Tunakova Yu.A., Doctor of Chemical Sciences, prof.,
head Department of General Chemistry and Ecology;
Sakhabutdinov A.Zh., Doctor of Technical Sciences,

Professor of the Department of Radio Photonics and Microwave Technologies;

Kuznetsov A.A., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
of the Department of Radio Photonics and Microwave Technologies;

Zhelovitskaya A.V., Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor
of the Department of General Chemistry and Ecology;

Grigorieva I.G., Art. Lecturer, Department of General Chemistry and Ecology

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev–KAI
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: Theoretical grounds are given for the choice of coating material for optical fiber sensitive to carbon dioxide concentrations for designing a greenhouse gas control sensor. Spectra of the initial radiation and reflection of Fabry-Pero for images with applied compositions of the proposed coatings were obtained with the determination of the most effective ones.

Key words: carbon dioxide, control sensor, sensitive layer, materials, analytical signal.

В реестре автоматических средств измерений и учета выбросов, которые применяются для контроля выбросов парниковых газов, оптические методы анализа представлены крайне ограниченно. По сравнению с другими аналитическими методами определения, оптические методы обладают рядом преимуществ, поскольку не являются разрушающими или химически агрессивными, а также не чувствительны к электромагнитным помехам. Оптический контроль может производиться на любом расстоянии — от нескольких миллиметров до нескольких сот километров. Существует возможность контроля жидких, твердых или газообразных сред. По ширине охватываемого диапазона концентраций оптические

методы перекрывают все другие инструментальные методы. Волоконно-оптические датчики точечного или распределенного типа позволяют осуществлять контроль и измерение концентрации парниковых газов в зоне их выбросов. Оптоволоконные датчики могут быть объединены в сеть произвольной топологии и конфигурации. Точечные волоконно-оптические датчики хорошо известны своими преимуществами, такими как компактный размер, низкая стоимость, высокая чувствительность и возможность мультиплексирования.

Оптоволоконный резонатор Фабри-Перо с открытым резонатором является классическим чувствительным элементом датчиков концентрации и изготавливается путем сращивания капиллярных трубок или фотонно-кристаллических волокон с одномодовым волокном [1, 2]. Конструкция открытого резонатора позволяет газу свободно войти и выйти в область резонатора, чтобы изменить коэффициент преломления среды. Тем не менее, открытые резонаторы Фабри-Перо не в состоянии идентифицировать конкретный газ, в том числе CO_2 . Кроме того, изменение концентрации газа слишком мало, чтобы заметно изменить коэффициент преломления, достаточно для того, чтобы его обнаружить. Таким образом, ключевым моментом создания резонатора Фабри-Перо для обнаружения CO_2 является поиск или создание материала, показатель преломления которого заметно чувствителен к концентрации CO_2 [3].

При подборе (выборе) компонентов в качестве материалов покрытий на оптическое волокно для связывания CO_2 в реакциях кислотно-основного равновесия необходимо учитывать механизм быстрой десорбции. Также следует учитывать ряд требований к полимерам, используемых как в качестве первичных и последующих этапов покрытий или их смеси. Так, первичный полимер должен быть стоек при воздействии рабочих температур, защищать от влаги, механических повреждений и прочих важных для инструментального контроля содержания диоксида углерода факторов. Реагенты должны быть жидкими при комнатных температурах и иметь достаточно низкую вязкость для наложения на рабочую поверхность в виде пленки, постоянной по толщине, которую можно варьировать без использования дорогостоящего оборудования, а путем изменения как поверхностного натяжения, так и кислотно-основных свойств компонентов. Реагирующие компоненты материала должны полностью превращаться в твердый полимер, свободный от растворителя или продуктов реакции, с гладкой однородной поверхностью. Показатель преломления должен быть близким показателю преломления полимерных оптических волокон (ПОВ) и составлять не менее 1,43. Первичное покрытие (или смесь полимеров первичного и остальных покрытий) должны иметь хорошую адгезию к материалу поверхности ПОВ. Часто при изготовлении многослойных покрытий необходимо использовать дополнительный слой, для улучшения адгезии. Для упрощения и удешевления способа нанесения покрытий на оптоволокно для создания датчика контроля содержания диоксида углерода был выбран в качестве материала покрытия полиэтиленмин или полиазиридин (PEI) на основании анализа работ [4-15]. PEI - это полимер с повторяющимся звеном, состоящим из аминогруппы и двух алифатических атомов углерода $\text{CH}_2\text{-CH}_2$. Линейные полиэтиленмины содер-

жат вторичные амины, в отличие от разветвленных PEI, которые содержат первичные, вторичные и третичные аминогруппы, обуславливающие его поликатионный характер. Известны и полностью разветвленные дендримерные формы. При комнатной температуре и атмосферном давлении именно первичные и вторичные аминогруппы обратимо реагируют с CO_2 , с образованием карбамидов. Третичные амины действуют как основание в реакции CO_2 с водой.

Серьезным недостатком «простого» размещения PEI на поверхности полимерного оптоволокна является суперпозиция специфического взаимодействия полимерной поверхности оптоволокна с электростатическим притяжением, вызванным положительно заряженным PEI на этой поверхности. Для поддержания целевой функции PEI как носителя аминовых промоторов для сорбции диоксида углерода использовался поливиниловый спирт (PVA). PVA является слаборазветвленным полимером [16]. PEI и PVA предлагается использовать в сочетании, с подбором определенной пропорции, чтобы образовалась тонкая пленка. В мембране PEI служит молекулярным носителем для реакций с CO_2 , а PVA в качестве основного материала для формирования пленки. Гибридная пленка PEI / PVA облегчает транспортировку CO_2 за счет множества каналов на внешней поверхности. Когда концентрация CO_2 в окружающей среде отличается от его содержания в мембране, молекулы CO_2 диффундируют через эти каналы на поверхности мембраны. При этом вся система находится в динамическом равновесии. Для моделирования вязкости PAV в ряде работ предложено введение в композицию ПАВ. Самоорганизация в системах полимер-мицеллообразующее ПАВ приводит к образованию наноразмерных полимерных структур (НПС) на поверхности ПОВ [17, 18]. При этом возникает новое микро- или наногетерогенное состояние, которое определяет применение данных комплексов в качестве первичного покрытия поверхности ПОВ.

Когда пленка PEI / PVA подвергается воздействию изменяющей концентрации CO_2 , изменяется и разность оптических путей (OPD) FPI. Следовательно, концентрацию CO_2 можно измерить по сдвигу длины волны на интерференционном узоре. Разница показателей преломления на двух границах раздела сред вызывает частичное прохождение и отражение света и формирует зеркала Фабри-Перо, что приводит к появлению частотного резонанса. Спектральная форма резонанса и положение максимумов зависят от толщины мембраны, внешней температуры, ее диэлектрической и магнитной проницаемости, которые в свою очередь зависят от концентрации газа. Результатом прохождения широкополосного оптического излучения через зеркала Фабри-Перо будет изменение спектра излучения, заключающееся в появлении выраженных максимумов и минимумов в спектре. Результирующий спектр отражения Фабри-Перо получают в виде дискретного набора точек, содержащего длину волны и амплитуду (ось X, нм и Y, усл.ед. соответственно), с шагом дискретизации $\Delta\lambda$ и максимальной амплитудой A_L . Количество точек спектра определяется используемым анализатором спектра и в данной работе, предполагалось, что анализатор спектра выдает 512 значений спектра.

Сравнение спектров исходного излучения и отражения Фабри-Перо, вы-

полненные для диапазона длин волн от 1510–1590 нм, для различных составов и условий исполнения полимерной пленки, позволяет выделить образцы с добавкой ПАВ (Рис.1) и сушкой (Рис.2) в качестве наиболее эффективных.

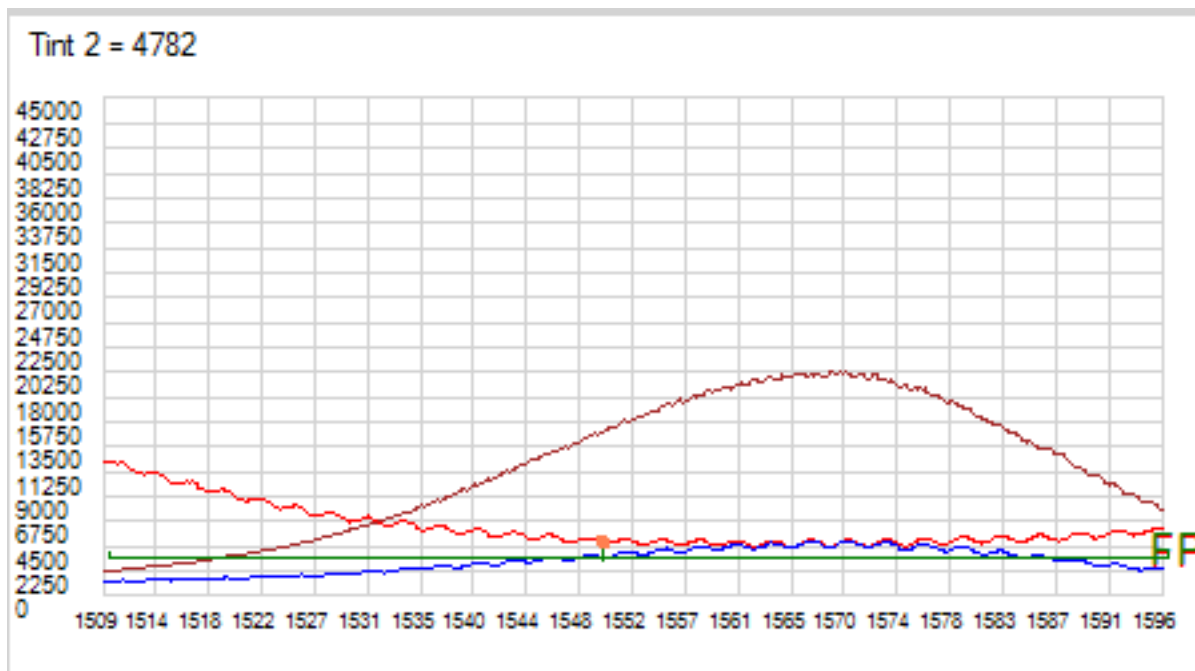


Рисунок 1 – Спектры исходного излучения (коричневый) и отражения Фабри-Перо, выполненные для диапазона длин волн от 1510–1590 нм, состава PVA +PEI +ПАВ

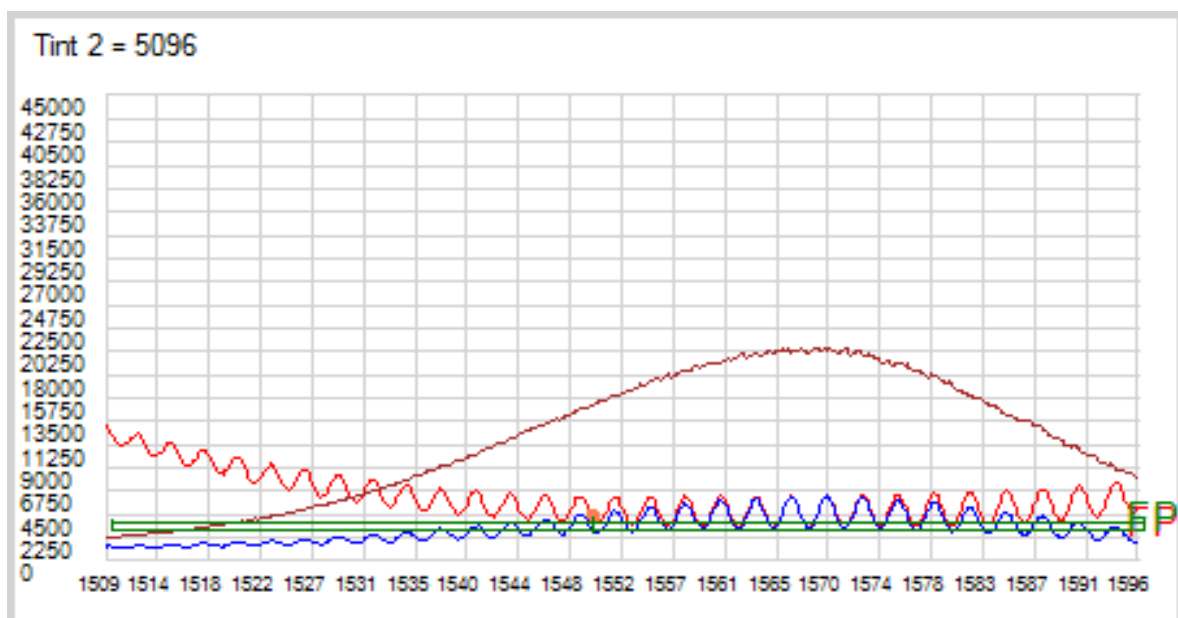


Рисунок 2 – Спектры исходного излучения (коричневый) и отражения Фабри-Перо, выполненные для диапазона длин волн от 1510–1590 нм, при компонентном составе пленки PVA +PEI (сушка)

Таким образом, нами разработаны эффективные составы покрытий на оптоволокне для получения аналитического сигнала о содержании диоксида углерода в атмосферном воздухе. Разработан способ нанесения материала покрытия на оптоволокно с вариацией толщины.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках программы "Приоритет 2030".

Литература:

1. Wang, R. Hybrid optical fiber Fabry–Perot interferometer for simultaneous measurement of gas refractive index and temperature / R. Wang, X. Qiao // Applied Optics. – 2014. – Т. 53. – № 32. – С. 7724-7728.
2. Wang, R. Gas Refractometer Based on Optical Fiber Extrinsic Fabry—Perot Interferometer With Open Cavity / R. Wang, X. Qiao // IEEE Photonics Technology Letters. – 2015. – Т. 27. – № 3. – С. 245-248.
3. CO₂ Gas Sensing Using Optical Fiber Fabry–Perot Interferometer Based on Polyethyleneimine/Poly(Vinyl Alcohol) Coating / W. Ma [и др.] // IEEE Photonics Journal. – 2017. – Т. 9. – № 3. – С. 1-8.
4. Liyuan Deng, Taek-Joong Kim, May-Britt Hagg Facilitated transport of CO₂ in novel PVAm/PVA blend membrane // Journal of Membrane Science 340 (2009) 154-163.
5. Chunhai Yi, Zhi Wang, Meng Li, Jixiao Wang, Shichang Wang Facilitated transport of CO₂ through polyvinylamine / polyethylene glycol blend membranes // Desalination 193 (2006) 90-96.
6. R. Sanz, G. Calleja, A. Arencibia, E.S. Sanz-Perez CO₂ adsorption on branched polyethyleneimine-impregnated mesoporous silica SBA-15//Applied Surface Science 256 (2010) 5323-5328.
7. Raul Sanz, Guillermo Calleja, Amaya Arencibia, Eloy S. Sanz-Perez Development of high efficiency adsorbents for CO₂ capture based on a double-functionalization method of grafting and impregnation // J. Mater. Chem.A, 2013, 1, 1956-1962.
8. Sunho Choi, McMahan L. Gray, Christopher W. Jones Amine-Tethered Solid Adsorbents Coupling High Adsorption Capacity and Regenerability for CO₂ Capture From Ambient Air // ChemSusChem 2011, 4, 628 – 635.
9. Alain Goepfert, Miklos Czaun, Robert B. May, G. K. Surya Prakash, George A. Olah, S. R. Narayanan Carbon Dioxide Capture from the Air Using a Polyamine Based Regenerable Solid Adsorbent // J. Am. Chem.Soc. 2011, 133, 20164-20167.
10. Aliakbar Heydari-Gorji, Youssef Belmabkhout, and Abdelhamid Sayan Polyethylenimine-Impregnated Mesoporous Silica: Effect of Amine Loading and Surface Alkyl Chains on CO₂ Adsorption // Langmuir 2011, 27, 12411-12416.
11. Shuhong Duan, Teruhiko Kai, Takashi Saito, Kota Yamazaki and Kenichi Ikeda Effect of Cross-Linking on the Mechanical and Thermal Properties of Poly(amidoamine) Dendrimer/Poly(vinyl alcohol) Hybrid Membranes for CO₂ Separation // Membranes 2014, 4, 200-209.

12. XiaochunXu, Chunshan Song, Ronald Wincek, John M. Andresen, Bruce G. Miller, and Alan W. Scaroni Separation of CO₂ from Power Plant Flue Gas Using a Novel CO₂ «Molecular Basket» Adsorbent // Fuel Chemistry Division Preprints 2003, 48(1), 162.

13. N.L. Kazanskiy, M.A. Butt, S.N. Khonina. Carbon Dioxide Gas Sensor Based on Polyhexamethylene Biguanide Polymer Deposited on Silicon Nano-Cylinders Metasurface // Sensors 2021, 21(2), 378.

14. S. Ben Hamouda; Q. Trong Nguyen; D. Langevin; S. Roudesli Poly(vinylalcohol)/poly(ethyleneglycol)/poly(ethyleneimine) blend membranes- Structure and CO₂ facilitated transport // C. R. Chimie 13 (2010) 372-379.

15. Liyuan Deng, May-Britt Hagg Carbon nanotube reinforced PVAm/PVA blend FSC nanocomposite membrane for CO₂/CH₄ separation International Journal of Greenhouse Gas Control 26 (2014) 127-134.

16. Хабибуллина Л. Ф., Сидоров Ю. Д., Поливанов М. А., Василенко С. В. Свойства композиционных пленочных материалов на основе поливинилового спирта // Вестник технологического университета. 2016. Т. 19, № 21, 109-113.

17. Goddard, E. D. Polymer-Surfactant Interaction. Part 2. Polymer and Surfactant of Opposite Charge / E. D. Goddard // Colloids and surfaces. - 1986. - V. 19. - № 2. - P. 301 - 329.

18. Фельдштейн, М. М. Природа взаимодействия детергентов с полипептидами и синтетическими полиэлектролитами / М. М. Фельдштейн, А. Б. Зезин, В. А. Кабанов // Молек. биология. - 1974. - Т. 8. - Вып. 1. - С. 142 - 153

УДК 502.35

ADDRESSED COMBINED FIBER-OPTIC SENSORS AS KEY ELEMENT OF MULTISENSOR GREENHOUSE GAS MONITORING SYSTEMS

Agliullin T.A., Valeev B.I., Sadykova A.I., Sakhabutdinov A.Zh.

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev–KAI
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The design of the control systems of the greenhouse gas (CO₂, NO₂, CH₄ and O_x) concentration on basis of addressed combined fiber-optic are investigated herein. The estimations show that the ACFOS design in the multisensory system allows measuring the environment temperature in the range of –60 ... +300 °C with an accuracy of 0.1–0.01 °C, and the gas concentration in the range of 10 ... 90% with an accuracy of 0.1–0.5%.

Keyword: environmental monitoring; greenhouse gases; multisensor system; combined fiber-optic sensors.

АДРЕСНЫЕ КОМБИНИРОВАННЫЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ КАК КЛЮЧЕВОЙ ЭЛЕМЕНТ МУЛЬТИСЕНСОРНЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

Аглиуллин Т.А., Валеев Б.И., Садыкова А.И., Сахабутдинов А.Ж.
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева–КАИ»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: В данной статье исследуется конструкция систем контроля концентрации парниковых газов (CO_2 , NO_2 , CH_4 и O_x) на основе адресных комбинированных волоконно-оптических датчиков. Оценки показывают, что АКВОД позволяют измерять температуру окружающей среды в диапазоне $-60 \dots +300$ °С с точностью $0,1-0,01$ °С, а концентрацию газа в диапазоне $10 \dots 90\%$ с точностью $0,1-0,5\%$.

Ключевые слова: мониторинг окружающей среды; парниковые газы; мульти-сенсорная система; комбинированные волоконно-оптические датчики.

In environmental monitoring, fiber-optic sensors (FOSs) are of global importance. The FOSs have numerous advantages such as a small size, a low weight, a high speed of response to the changing gas concentration, indifference to the electric and magnetic noises and a resistance to the harsh environmental conditions.

In choosing the direction of sensor development for environmental monitoring, the focus is on the fiber-optic Fabry–Perot end resonators (FPRs). The FPR is the classic sensitive element of pressure and gas or liquid concentration sensors. The open resonator design allows gas flowing freely into the resonator cuvette, which changes the air refractive index between the mirrors. Despite this, the open FPR does not allow measuring the concentration of numerous gases, including greenhouse gases because the change in its concentration is too small to noticeably change the air refractive index between the FPR mirrors. Thus, the key to designing the greenhouse gas sensitive element of the FPR is finding or creating the material, the refractive index of which is noticeably sensitive to the gas concentration variation.

The transparent materials that are sensitive to carbon dioxide (CO_2)[1], for example, can be used as the sensitive film of the FPR resonator, where carbon dioxide interacts with the film material and changes its refractive index[2]. Their design is a relevant task due to the simplicity of production and use.

A promising sensitive structure for environmental monitoring should consist of FPR in the form of a thin film at the end face of the optical fiber with FBG near it. The film refractive index is reversibly changed depending on the gas concentration. The interference pattern of the thin-film FPR is sensitive to all environmental parameters, particularly to the changes in temperature, pressure and gas concentration. The FBG spectrum mainly depends on the temperature, and it has a weak dependence on other external parameters changing. The current work proposes the usage of the addressed fiber Bragg structures (AFBSs) instead of conventional FBGs[3]. AFBSs per-

form the triple function in the fiber-optic sensor systems: a sensor; a two-frequency light generator; and a multiplexer.

The structural diagram of ACFOSs is shown in Figure 1. An ACFOS can be represented as a layered structure consisting of three different layers for broadband laser light propagation: the fiber core; AFBSs, consisting of the two homogeneous FBGs with close but not equal central frequencies; and FPR. The thin film of the transparent organic polymer material, with a thickness h , as the gas-sensitive layer of FPR, is applied to the end face of the optical fiber. The film thickness and the polymeric material are selected based on the type of gas under test. The thin film refractive index depends on the tested gas concentration.

To measure the greenhouse gas concentration, the FPR gas-sensitive layer is formed from different polymers: PEI/PVA – for CO_2 [1]; polyaniline/ Co_3O_4 – for CO; LuBc_2 – for NO_2 ; PDMS/PMMA – for NH_3 ; cryptophane A – for CH_4 ; and cellulose – for Ox. Humidity measurement can be performed using PVA coating.

The model of a plane electromagnetic wave propagation through a layered structure can be used as a basis for modeling of the optical radiation propagation through the ACFOS. Indeed, an FBG can be represented as a layered structure consisting of numerous homogeneous transparent layers of silica glass with an alternate refractive index. The AFBS model is formed by two FBGs with different grating periods located sequentially or in the same fiber section. FPR is modelled as the final homogeneous transparent layer with the parameters of the gas-sensitive film.

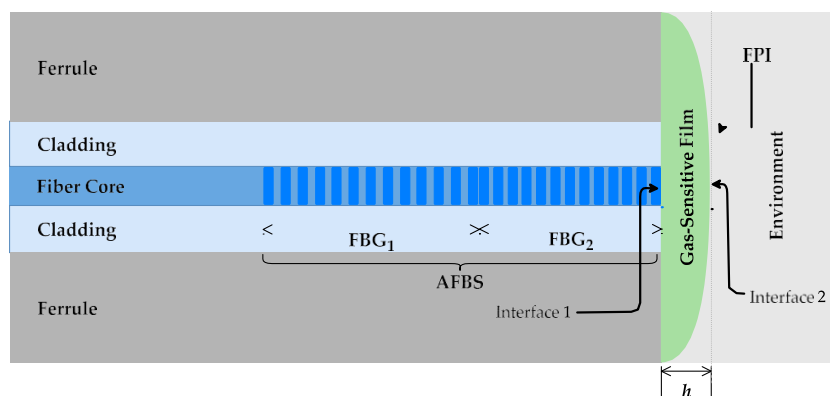


Figure 1 - The structural diagram of an ACFOS

Figure 2 shows the results of the numerical simulation of the ACFOS spectral response. The address frequency of ACFOS is 80 GHz.

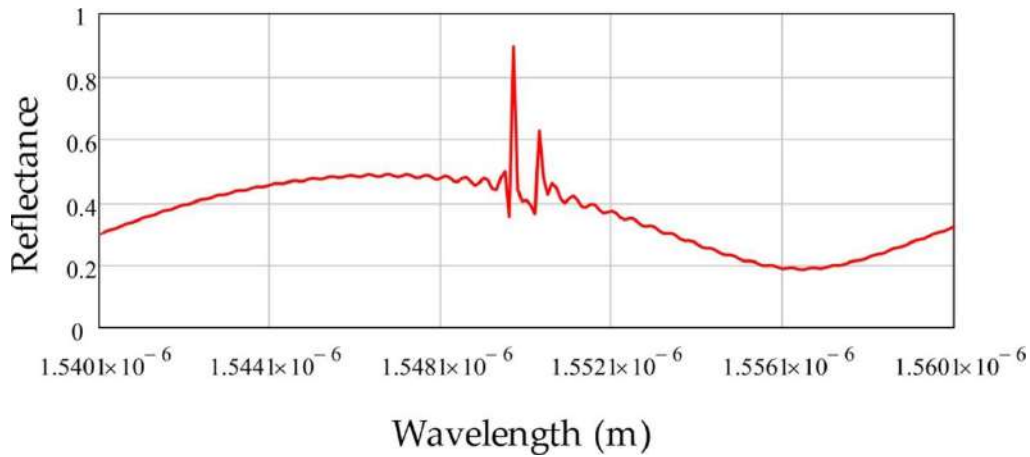


Figure 2 - ACFOS reflected radiation spectrum (numerical simulation)

The ACFOS packaged design in the ferrule is shown in Figure 3a. The overall design of the microwave photonic interrogator (MPI), considering the functional electronics and the commutation fibers, is shown in Figure 3b. In addition, the Ibsen I-MON optical-electronic interrogator, used to control and compare the measurement results, is installed in housing.

MPI consists of the following nodes:

- (1) Optical-electronic module (OM) of microwave photonics type;
- (2) Cross-1 (KP1) (for switching the optical-electronic module with sensors through a fiber-optic cable);
- (3) Cross-2 (KR2) (for splitting the fiber-optic cable for 24 channels for sensor connecting);
- (4) Fiber-optic cable connecting the KP1 and KP2;
- (5) Patch cords for connecting the RC2 and ACFOS.



(a)



(b)

Figure 3 - A prototype of the CFOS (a) and interrogator (b) for a multisensor system

The sensors have a high accuracy and wide operating temperature range from 60 to +300 °C, depending on the type of fiberglass cable protection. Estimations have

shown that the ACFOS design and system as a whole allows measuring the gas concentration in the range of 10–90% with an error of 0.1–0.5%.

The undoubted advantages of ACFOSs are their high speed, passivity, resistance to electromagnetic noises, dielectric nature, fire safety, low weight and dimensions, operability in a wide temperature range and interference immunity of the data transmission channel. This approves the possibility of building on their basis, promising tools and multisensor systems for the environmental monitoring of greenhouse gas concentrations.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках программы "Приоритет 2030".

References:

1. W. Ma et al., "CO₂ Gas Sensing Using Optical Fiber Fabry–Perot Interferometer Based on Polyethyleneimine/Poly(Vinyl Alcohol) Coating," in *IEEE Photonics Journal*, vol. 9, no. 3, pp. 1-8, June 2017, Art no. 6802808, doi: 10.1109/JPHOT.2017.2700053.

2. Hussein, S.M.R.H.; Sakhabutdinov, A.Zh.; Morozov, O.G.; Anfinogentov, V.I.; Tunakova, J.A.; Shagidullin, A.R.; Kuznetsov, A.A.; Lipatnikov, K.A.; and Nasybullin, A.R. (2022) "Applicability limits of the end face fiber-optic gas concentration sensor, based on Fabry-Perot interferometer," *Karbala International Journal of Modern Science*: Vol. 8: Iss. 3, Article 5. Available at: <https://doi.org/10.33640/2405-609X.3243>

3. Morozov, O.; Tunakova, Y.; Hussein, S.M.R.H.; Shagidullin, A.; Agliullin, T.; Kuznetsov, A.; Valeev, B.; Lipatnikov, K.; Anfinogentov, V.; Sakhabutdinov, A. Addressed Combined Fiber-Optic Sensors as Key Element of Multisensor Greenhouse Gas Monitoring Systems. *Sensors* 2022, 22, 4827. <https://doi.org/10.3390/s22134827>

НАПРАВЛЕНИЕ 3

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ
МОНИТОРИНГ И КОНТРОЛЬ**

МЕТАЛЛЫ В ПОЧВАХ ВОДОСБОРНОЙ ТЕРРИТОРИИ ОЗЕР САРАЛИНСКОГО УЧАСТКА ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

Александрова А.Б., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник;
Иванов Д.В., кандидат биологических наук, зам. директора по научной работе;
Валиев В.С., старший научный сотрудник;
Маланин В.В., научный сотрудник;
Марасов А.А., младший научный сотрудник;
Мухаметзянова Ф.М., младший научный сотрудник;
Косова М.В., младший научный сотрудник
Институт проблем экологии и недропользования АН РТ
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Установлено среднее содержание и показатели variability металлов в гумусовых горизонтах почв Саралинского участка Волжско-Камского заповедника. Концентрации валовых и подвижных форм Cd, Pb, Co, Cu, Ni, Zn, Cr, Mn не превышали региональные нормативы их фонового содержания в почвах Республики Татарстан.

Ключевые слова: дерново-подзолистые почвы, серые лесные почвы, тяжелые металлы, Волжско-Камский заповедник.

METALS IN SOILS OF THE OF THE CATCHMENT AREAS OF LAKES SARALINSKY AREA OF VOLZHSCO-KAMSKY STATE NATURAL BIOSPHERE RESERVE

Aleksandrova A.B., candidate of biological sciences, senior researcher;
Ivanov D.V., candidate of biological sciences, deputy director;
Valiev V.S., senior researcher;
Malanin V.V., researcher;
Marasov A.A., junior researcher;
Mukhametzyanova F.M., junior researcher;
Kosova M.V., junior researcher
Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use
of Tatarstan Academy of Sciences
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The average content and indicators of variability of metals in the humus horizons of the soils of the Sarali section of the Volga-Kama Reserve have been established. The concentrations of total and mobile forms of Cd, Pb, Co, Cu, Ni, Zn, Cr, Mn in zonal and azonal soils do not exceed the regional standards for the background content of heavy metals in the soils of the Republic of Tatarstan.

Keyword: soddy-podzolic soils, gray forest soils, heavy metals, reserve.

Металлы являются одними из показателей, рассматриваемых в целях фонового мониторинга. Объектами фонового мониторинга компонентов биосферы являются особо охраняемые природные территории, в том числе биосферные заповедники. Волжско-Камский государственный природный биосферный заповедник (ВКГПБЗ) состоит из двух участков – Раифского и Саралинского. В охранной зоне Саралинского участка расположены озера, почвенный покров водосборных территорий которых развивается в условиях различной окислительно-восстановительной обстановки, обусловленной влиянием Куйбышевского водохранилища, что представляет значительный научный интерес в части эволюционного развития почв под влиянием подтопления водами водохранилищ.

Объектом исследования были почвы водосборной территории оз. Байкуль, расположенного на II надпойменной террасе р. Волга. Здесь был заложен почвенно-геоморфологический профиль, проходящий по основным элементам рельефа. Пять почвенных разрезов были заложены на склоне протяженностью 150-200 м западной, юго-западной экспозиции с уклоном от 5-10° до 45°, три разреза – на пологом элементе рельефа второй надпойменной террасы р. Волги. В смешанных образцах верхнего горизонта определяли: гранулометрический состав, содержание органического вещества, рН водной вытяжки, содержание валовых (5Н HNO₃) и подвижных (ацетатно-аммонийный буфер, рН 4.8) форм металлов (Cd, Pb, Co, Cu, Ni, Zn, Cr). Концентрацию металлов в растворе измеряли атомно-абсорбционным методом на приборе AAnalyst 400 в воздушно-ацетиленовом пламени. Статистическая обработка данных выполнена с использованием программы Statistica 8.0.

Оценка содержания исследованных нами металлов проводилась в сравнении с региональными нормативами [1]. Степень подвижности металлов устанавливалась как отношение содержания подвижной формы к валовой форме, выраженное в процентах. Характеристика физико-химических и химических свойств приводится по средним данным гумусовых горизонтов совокупности изученных почвенных представителей.

Почвенный покров водосборной территории озера представлен дерново-подзолистыми, серыми лесными (старопохотными) и аллювиальными почвами.

По гранулометрическому составу преобладают почвы легкого гранулометрического состава: супесчаные и легкосуглинистые (рис. 1). Преобладают фракции мелкого песка и крупной пыли

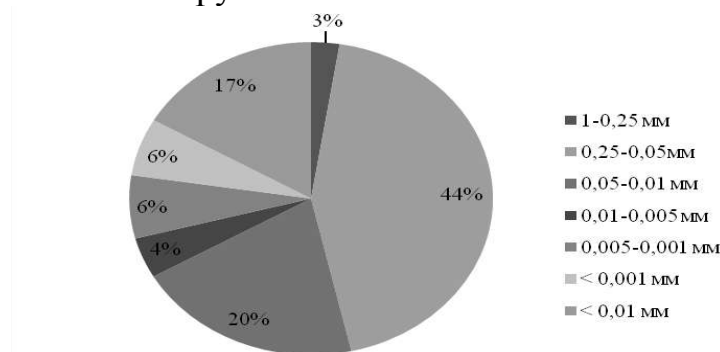


Рисунок 1 – Соотношение гранулометрических фракций в почвах Саралинского участка ВКГПБЗ

Реакция среды почв варьирует от кислой до близкой к нейтральной. Более кислые почвы развиваются на склоновых элементах рельефа. Показатели реакции среды, близкие к нейтральной, характерны для почв, формирующихся в прибрежной части озера – аллювиальных лугово-болотных.

Содержание гумуса характеризуется как низкое у представителей старопашотных почв, высокое – у дерново-подзолистых.

Концентрации валовых и подвижных форм тяжелых металлов находились в пределах фоновых нормативов (табл.).

Таблица – Содержание металлов в почвах Саралинского участка ВКГПБЗ, мг/кг (над чертой – среднее содержание; под чертой – коэффициент вариации)

Cd	Pb	Co	Cu	Ni	Zn	Cr	Mn	Fe
Кислоторастворимые формы								
<u>0.3</u> 21.3	<u>5.4</u> 21.3	<u>5.6</u> 90.4	<u>6.0</u> 84.9	<u>11.1</u> 94.2	<u>7.4</u> 42.6	<u>7.5</u> 86.3	<u>566.7</u> 25.8	<u>5538.7</u> 83.4
Подвижные формы								
<u>0.1</u> 43.4	<u>0.2</u> 97.9	<u>0.4</u> 81.1	<u>0.4</u> 42.9	<u>0.7</u> 79.5	<u>2.1</u> 53.5	<u>0.5</u> 36.7	<u>38.9</u> 37.4	<u>39.1</u> 92.4

Высокая вариабельность металлов в почвах объясняется наличием в выборке как песчаных, так и легкосуглинистых разновидностей.

Подвижность металлов в почвах варьирует в широких пределах (рис. 2). Наибольшей подвижностью отличаются Zn и Cd, наименьшей – Pb и Fe. Степень подвижности Co, Cr, Cu, Mn, Ni не превышает 15%. По степени подвижности изученные металлы были формируют убывающий ряд: Zn Cd–Co–Cr–Cu–Mn– Ni–Pb–Fe.

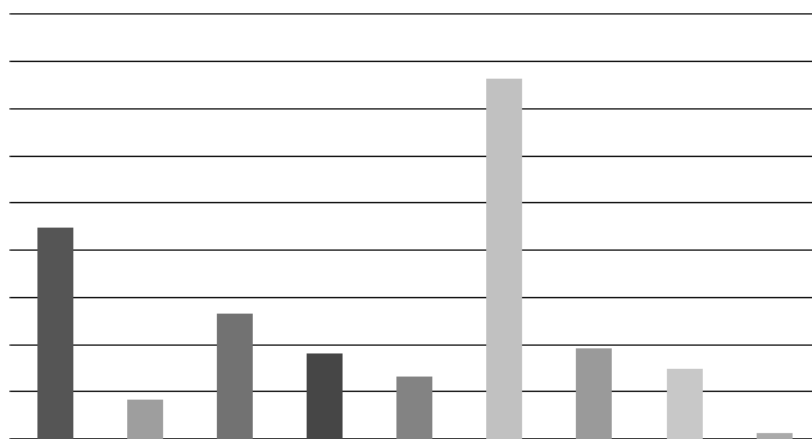


Рисунок 2 - Подвижность металлов в почвах Саралинского участка ВКГПБЗ

Таким образом, литологические особенности почв обуславливают невысокое накопление металлов в водосборной территории оз. Байкуль, что позволяет говорить о незначительном аллохтонном вкладе естественных почв, влияющих на общий пул накопления металлов в донных отложениях водного объекта.

Литература:

1. Региональные нормативы «Фоновое содержание тяжелых металлов в почвах Республики Татарстан». Утв. Приказом Министерства экологии и природных ресурсов РТ от 30.12.2015 №1134-к.

УДК 502.51

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПОЧВАХ ВОДОСБОРНОЙ ТЕРРИТОРИИ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОЗЕРА БЕЛОЕ (РЕСПУБЛИКА ТАТАРСТАН)

Александрова А.Б., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник;
Иванов Д.В., кандидат биологических наук, зам. директора по научной работе;
Зиганшин И.И., кандидат географических наук, старший научный сотрудник
Институт проблем экологии и недропользования
Академии наук Республики Татарстан
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: В статье представлены результаты исследования содержания тяжелых металлов (Cd, Pb, Co, Cu, Ni, Zn, Cr, Mn, Fe) в почвах водосборной площади и донных отложениях озера Белое, расположенного в охранной зоне Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника. Содержание металлов не превышало нормативы их фоновое содержание в почвах и донных отложениях водных объектов Республики Татарстан. Высокая подвижность металлов характерна в почвах для Pb, Cd, Mn, в донных отложениях - для Mn, Cd, Cr. Низкой подвижностью в почвах и донных отложениях обладает Fe.
Ключевые слова: тяжелые металлы, загрязнение, почвы, донные отложения, водосборная площадь, озеро Белое, Волжско-Камский заповедник.

HEAVY METALS IN SOILS OF THE CATCHMENT AREAS AND SEDIMENTS OF THE BELOYE LAKE (REPUBLIC OF TATARSTAN)

Aleksandrova A.B., candidate of biological sciences, senior researcher;
Ivanov D.V., candidate of biological sciences, deputy director;
Ziganshin I.I., candidate of geographical sciences, assistant professor,
senior researcher
Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth
Use of Tatarstan Academy of Sciences
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The article presents the results of a study was made of the content of metals (Cd, Pb, Co, Cu, Ni, Zn, Cr, Mn, Fe) in the soils of the catchment area and sediments of Beloye Lake, located in the protected zone of the Volzhsko-Kamsky bi-

osphere reserve. The content of metals does not exceed the background content of in soils and sediments of the Republic of Tatarstan. The high mobility of metals is typical for Pb, Cd, and Mn in soils, and for Mn, Cd, and Cr in sediments. The lowest mobility in soils and sediments show Fe.

Keyword: metals, pollution, soils, sediments, catchment basin, Beloye lake, Volzhsko-Kamsky reserve.

Тяжелые металлы (ТМ) относятся к числу опасных загрязняющих веществ в окружающей среде. В отличие от загрязнителей органической природы, ТМ не подвержены деградации, а способны лишь трансформироваться из одной формы в другую. Процессы их накопления в почвах и донных отложениях (ДО) носят пролонгированный характер. Определение ТМ включено в программы фонового мониторинга на территории биосферных заповедников.

Целью работы явилось изучение содержания ТМ в почвах водосборной площади и донных осадках озера Белое – памятника природы регионального значения, находящегося в охранной зоне Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника (ВКГПБЗ).

Озеро Белое расположено в среднем течении р. Сумка, в пос. Бело-Безводное Зеленодольского района Республики Татарстан. По происхождению озерной котловины водоем относится к суфозионно-карстовым, по характеру стока является проточным. Длина озера 556 м, максимальная ширина 145 м. Площадь акватории 5.4 га. Средняя глубина около 2 м, максимальная достигает 4 м. Объём озера 108 тыс. м³. Питание смешанное, грунтовое и речное.

Несмотря на наличие природоохранного статуса, акватория озера Белое и его прибрежная зона подвергаются существенному антропогенному воздействию. Вырубка лесов и распашка земель в бассейне р. Сумка, наряду с забором воды для хозяйственных целей и обширным размещением объектов жилой застройки в водоохранной зоне, привели к потере постоянного стока и, как следствие, отразились на качестве воды, водности и размерах озера.

Материал для исследования собран в летний период 2020 г. В пределах водосборной площади проводили закладку почвенных разрезов и отбор смешанных почвенных проб верхних горизонтов почв (А1). Отбор поверхностных слоев ДО (0-10 см) осуществлялся дночерпателем ДАК-100. В образцах почв и ДО стандартными методами определяли: гранулометрический состав, рН водной вытяжки, содержание органического вещества (по потерям при прокаливании), кислоторастворимых (в 5Н HNO₃) и подвижных (ацетатно-аммонийный буфер, рН=4.8) форм металлов – Cd, Pb, Co, Cu, Ni, Zn, Cr, Mn, Fe. Величину подвижности ТМ (%) рассчитывали как отношение концентраций их подвижных форм к общему содержанию. Среднее содержание ТМ в почвах и ДО оценивали по медианному значению. Статистическая обработка данных выполнена с использованием программы Statistica 6.0.

Исследуемые почвы и ДО характеризуются однотипным гранулометрическим составом, в т.ч. распределением отдельных фракций (табл. 1). Донные осадки в основном представлены песчанистыми илами, почвы – легкосуглини-

стыми разновидностями. Реакция среды почв водосборной территории кислая, озерных отложений – слабощелочная. В последних – в основном за счет присутствия биогенных карбонатов. Содержание органического вещества (ОВ) в почвах водосбора и ДО варьирует от 2.0 до 2.3% , что является характерным для озер Предкамской зоны региона (табл. 1).

Сравнение концентраций ТМ в почвах водосборной территории и в озерных отложениях с фоновыми [1, 2] показало отсутствие значительных (более чем в 2 раза) отклонений от нормативных значений для общих и подвижных форм (табл. 2). В ДО озера превышено фоновое содержание металлов-биогенов – меди, цинка и марганца, что может быть связано с загрязнением в р. Сумка сточными водами звероводческих хозяйств и ферм, расположенных в ее бассейне, в предыдущие годы.

Таблица 1 – Гранулометрический состав и физико-химические свойства почв и донных отложений оз. Белое

Объект	рН	ОВ, %	Гранулометрический состав (мм), %						
			1.0-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	< 0.001	< 0.01
Почвы	5.3	2.3	0.5	48.4	20.9	3.4	7.4	16.1	28.6
Донные отложения	7.5	2.0	0.4	42.5	29.6	5.4	8.3	13.8	27.5

Таблица 2 – ТМ в ДО и почвах водосборной территории оз. Белое

ТМ	Почвы		Донные отложения	
	Среднее содержание	Фон [1]	Среднее содержание	Фон [2]
Валовые формы				
Cd	0.22	0.50	0.33	0.22
Pb	5.4	12.0	6.1	7.0
Co	6.5	8.0	6.2	6.8
Cu	21.8	14.0	12.3	8.3
Ni	18.8	25.0	17.9	21.3
Zn	36.0	40.0	30.5	23.6
Cr	17.8	22.0	14.4	9.5
Mn	313.6	570.0	412.8	203.3
Fe	11099.7	-	19389.9	-
Подвижные формы				
Cd	0.06	0.10	0.02	0.06
Pb	2.80	2.00	0.98	1.90
Co	0.28	0.10	0.28	0.24
Cu	0.73	0.40	1.06	0.51
Ni	1.78	1.00	1.01	0.64
Zn	0.69	2.50	1.92	2.33
Cr	0.46	0.60	1.70	0.45
Mn	81.93	55.0	175.61	40.7
Fe	108.62	-	175.51	-

Геохимические ряды подвижности ТМ выглядят следующим образом:

Почвы: $Pb > Cd > Mn > Ni > Co - Cu > Zn > Cr > Fe$.

ДО: $Mn > Pb > Cr > Cu > Cd > Zn > Ni > Co > Fe$

Наибольшая подвижность в почвах отмечается для Pb, Cd, Mn, в донных отложениях – для Mn, Pb, Cr. Наименьшей подвижностью в обеих средах обладает Fe. Ряд металлов (Cd, Pb, Ni) отличает их большая подвижность в почвах водосборной территории. При этом подвижность Cu, Zn, Mn в ДО в 2-3 раза, а Cr в 6 раз выше, чем в почвах, что, по-видимому, определяется геохимическими свойствами исследуемых металлов и формами их соединений в исследуемых средах (рис.).

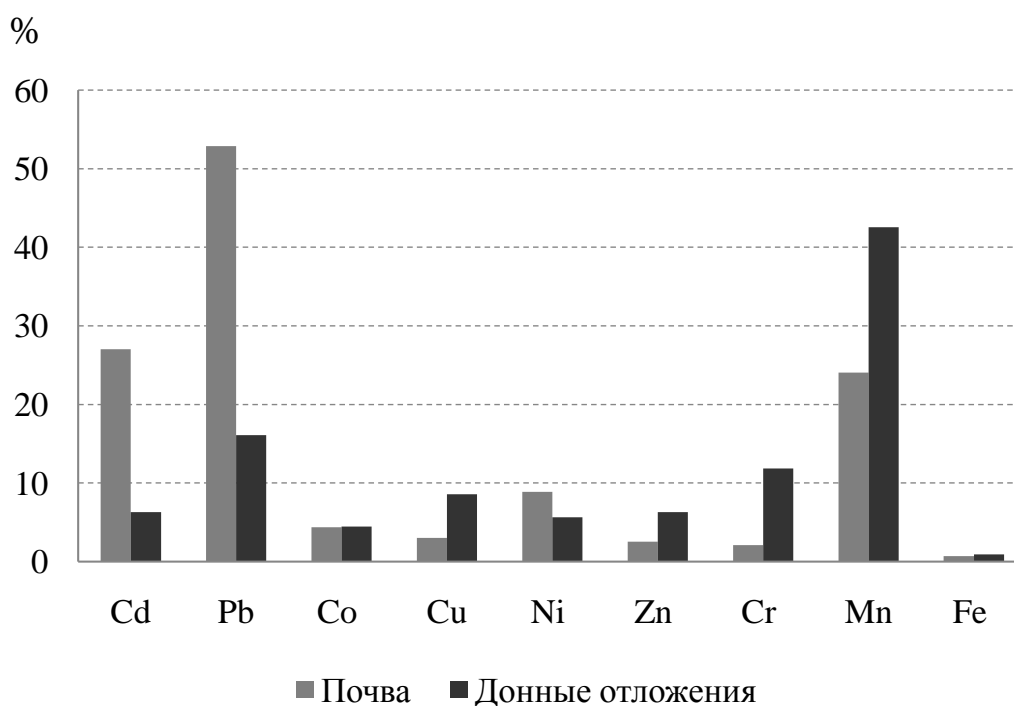


Рисунок – Подвижность ТМ в почвах и ДО оз. Белое

Таким образом, проведенный анализ позволяет сделать вывод о отсутствии загрязнения почв водосбора и ДО озера Белое ТМ. Полученные показатели могут быть использованы в качестве фоновых при проведении экологических экспертиз на территории Волжско-Камского заповедника и его охранной зоны.

Литература:

1. Региональные нормативы «Фоновое содержание тяжелых металлов в почвах Республики Татарстан». Утв. приказом Министерства экологии и природных ресурсов РТ от 30.12.2015 №1134-к.
2. Региональные нормативы «Фоновое содержание тяжелых металлов в донных отложениях поверхностных водных объектов Республики Татарстан». Утв. Приказом Министерства экологии и природных ресурсов РТ от 27.03.2019 г. №316-п.

**ПОДХОДЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ ПРЕВЫШЕНИЯ
Пороговых Концентраций Примесей в Зонах
Автомобильных Дорог при Воздействии Автомобильного Транспорта
с Испытанием на Территории г. Казани**

Тунакова Ю.А.¹, доктор химических наук, профессор,
заведующий кафедрой общей химии и экологии;

Валиев В.С.², с.н.с.;

Васильева М.А.¹, обучающийся

¹Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева – КАИ

²Институт проблем экологии и недропользования АН РТ
(Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Определялось содержание основных компонентов выхлопных газов автотранспортных средств: оксид углерода, окислы азота, аммиак, диоксид серы и взвешенные вещества. В качестве показателей загрязнения атмосферного воздуха выбросами использовались величины «опасной» концентрации и коэффициента опасности *i*-го вещества, применен расчёт превышения порога, в качестве которого использовались референтные концентрации, в наблюдаемых точках. По результатам проведенных исследований проведена оценка превышения пороговых значений показателей.

Ключевые слова: загрязнение атмосферного воздуха, референтная концентрация, автотранспорт, превышение пороговых концентраций, вероятность.

**APPROACHES FOR ASSESSING THE PROBABILITY OF EXCEEDING
THE THRESHOLD CONCENTRATIONS OF IMPURITIES IN MOTORWAY
ZONES WHEN EXPOSED TO VEHICLES WITH TESTING
ON THE TERRITORY OF KAZAN**

¹Yu.A. Tunakova, Doctor of Chemical Sciences, prof. Head of the Department of
General Chemistry and Ecology;

Valiev V.S.², senior researcher;

Vasilyeva M.A.¹, student

¹Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev - KAI

²Institute of Ecology and Subsoil Use Problems of the Academy of Sciences
of the Republic of Tatarstan
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The content of the main components of the exhaust gases of motor vehicles was determined: carbon monoxide, nitrogen oxides, ammonia, sulfur dioxide and suspended solids. As indicators of atmospheric air pollution by emissions, the

values of the "dangerous" concentration and the hazard coefficient of the *i*-th substance were used, the calculation of exceeding the threshold, as which reference concentrations were used, at the observed points was applied. According to the results of the conducted studies, an assessment of exceeding the threshold values of the indicators was carried out.

Keyword: atmospheric air pollution, reference concentration, motor transport, exceeding threshold concentrations, probability

Для оценки воздействия автотранспортных средств (АТС) на качество атмосферного воздуха в зоне влияния автомагистралей исследовалось содержание примесей, поступающих от стационарных и передвижных источников загрязнения (оксид углерода, окислы азота, аммиак, диоксид серы и взвешенные вещества). Ставилась задача определения вероятности наступления неблагоприятного события-превышения пороговых концентраций примесей в приземном слое атмосферного воздуха. Однако для проведения подобной оценки отсутствует утвержденная нормативная база [1-3].

Основным показателем, широко используемым при оценке риска здоровью населения в результате загрязнения окружающей среды является коэффициент опасности (НQ), выражаемый как отношение фактически воздействующей концентрации (или дозы) химического вещества к его безопасному (референтному) значению (1):

$$HQ = AC/RfC, \quad (1)$$

где AC - средняя концентрация, мг/м³;

RfC - референтная (безопасная) концентрация, мг/м³.

При этом предполагается, что если рассчитанный коэффициент опасности (НQ) конкретного вещества не превышает единицы, то и вероятность развития у человека вредных эффектов при ежедневном поступлении вещества в заданной концентрации (дозе) незначительна и такое воздействие характеризуется как допустимое. В качестве референтных используют специально рассчитанные значения RfC/RfD, могут также использоваться значения отечественных ПДК (ОБУВ) или максимальные недействующие дозы. В случае если отечественный гигиенический норматив значительно ниже величин RfC/RfD, то его величина принимается в качестве референтной.

Следует отметить, что коэффициенты опасности отражают лишь возможность токсического эффекта конкретной концентрации, но не являются показателем вероятности ее обнаружения, поэтому для корректного расчета и использования НQ необходима оценка не фактической концентрации, а ее математического ожидания. В связи с этим обстоятельством, целесообразно совмещать расчет НQ в конкретных точках отбора проб воздуха с вероятностью обнаружения высоких концентраций примесей в той или иной точке, что в свою очередь, можно считать проявлением события, вероятность которого, в случае целого ряда событий описывается теоремой Байеса, учитывающей как априорные, так и апостериорные вероятности с удельной оценкой долей относительно полной вероятности [3-4].

Для апробации предлагаемого подхода на территории г. Казани были выбраны точки наблюдений, прилегающие к автомагистралям, где часто происходит замедление скорости АТС и наблюдается высокая интенсивность движения. Для оценки фактов превышения некоторого порога, в качестве которого использовались референтные концентрации для хронического ингаляционного воздействия, было введено соответствующее отношение фактических концентраций загрязняющего вещества к его референтной концентрации: $C_{\text{факт}}/Rf_C$, что называется коэффициентом опасности (НQ). Для выявления доли превышения загрязняющих веществ на исследуемых территориях г. Казани использовался параметр, определяющий долю числа превышений концентраций загрязняющих веществ референтной концентрации по отношению к общему числу наблюдений по данному загрязняющему веществу. Анализ полученных результатов позволяет выделить участки автомагистралей по улице Р. Зорге и проспекту Амирхана, как имеющие наибольшую долю превышений референтных концентраций примесей в атмосферном воздухе. При конкретизации рассмотренных загрязняющих веществ, выстраивается ряд значений таких долей в виде:

$\text{NH}_3 > \text{CO} > \text{NO} > \text{NO}_2, \text{SO}_2$, взвешенные вещества

Таким образом, наибольшее значение доли превышений референтной концентрации наблюдается по аммиаку, а наименьшее – по диоксиду азота, диоксиду серы, взвешенным веществам. Исходя из этого, наиболее опасными участками определены автомагистрали по улице Р. Зорге и проспекту Амирхана, наименьшую опасность представляют автомагистрали по ул. Р.Зорге, 13; ул. Островского и ул. С.Хакима; Проспект Победы, 78; Проспект А.Камалеева.

В настоящем исследовании мы предлагаем использование нового показателя рНQ (2), который является произведением доли «опасной» концентрации на коэффициент опасности i -го вещества:

$$pHQ_i = HQ_i \times P, \quad (2)$$

где HQ_i – коэффициент опасности i -го вещества, P – доля «опасной» концентрации (рассчитанная выше доля наблюдений, превышающих референтные значения). Систематически контролируемые примеси могут быть ранжированы по величине значений НQ для определения наиболее приоритетных загрязнителей. В таблице 1 представлен расчет параметра с характерной долей опасности примеси в i -той зоне.

Так, наибольшую опасность для городского населения представляют выбросы аммиака и оксид углерода, наименьшим показателем опасности обладает диоксид серы. Самым загруженным по загрязнению атмосферного воздуха выбросами от автотранспорта является участок – проспект Амирхана, где наблюдается появление экологического риска в силу возникновения опасности по всем загрязняющим веществам, включая вещества с максимальными показателями. Наименьшая потенциальная опасность представляется на ул. С.Хакима.

Таблица 1 – Значение параметра, с характерной долей опасности примеси в i-ой зоне

Зона	CO	Взвешенные вещества	SO ₂	NO	NO ₂	NH ₃
Точка 1. ул.Даурская	0,11	0,31	0,004	0,09	0,15	0
Точка 2. ул. Р.Зорге, 13	0	0,39	0,003	0,15	0,36	0
Точка 3. ул.Зорге 102	0,11	1,01	0,07	0,08	1,22	0,535
Точка 4. Проспект Победы, 78	0	0,37	0,07	0,24	0,52	0
Точка 5. Проспект Победы, 141	0,13	0,34	0,07	1	0,44	0
Точка 6. Проспект А. Камалеева	0	0,47	0,004	0,51	1,22	0
Точка 7. ул. Салимжанова, 23	0,11	0,36	0,002	0,37	1,14	0
Точка 8. ул. Островского	0	1,07	0,03	0,21	0,43	0
Точка 9. ул. Оренбургский тракт, 17	0,11	0,37	0,01	0,19	0,41	0
Точка 10. Проспект Ямашева, 46	0,11	0,36	0,003	0,41	0,89	0
Точка 11. ул.Бондаренко	0,11	0,34	0,004	0,09	0,28	0
Точка 12. ул. Чуйкова, 20а	0,11	0,46	0,005	0,14	0,36	0
Точка 13. Проспект Ямашева, 82	0,1	1,54	0,004	0,12	0,425	0
Точка 14. Проспект Амирхана, 30	0,13	0,41	0,008	0,1	0,31	0,73
Точка 15. ул.С.Хакима	0	0,34	0,003	0	0,36	0

Учет показателя доли наблюдений "опасной" концентрации примеси способствует более четкой оценке вероятности возникновения неблагоприятного события — превышения пороговых концентраций примесей ввиду воздействия выбросов от автотранспорта.

Литературы:

1. Музалевский А.А., Потапов А.И., Усанов Б.П. К вопросу подготовки информации для системы поддержки принятия решений по результатам экологического мониторинга // Международный Экологический конгресс «Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности». СПб., 14–16 июня 2000. Доклады. Т. 2. С. 151–153.

2. Садовникова, Н.П. Разработка концепции системы поддержки принятия решений по обеспечению экологической безопасности развития городских территорий // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2011. №25. С. 427-432.

3. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду: руководство Р 2.1.10.1920-04 (утверждено и введено в действие 05.03.2004). – Доступ из справ.-правовой системы Техэксперт. – Текст: электронный.

4. Авалиани С. Л., Л.Е. Безпалько, Т.Е. Бобкова, А.Л. Мишина Перспективные направления развития методологии анализа риска в России // Гигиена и санитария. 2013. №1. С. 33-35.

5. Новиков С. М., Фокин М.В., Унгурияну Т.Н. Актуальные вопросы методологии и развития доказательной оценки риска здоровью населения при воздействии химических веществ // Гигиена и санитария. №8. 2016. С.711-716.

УДК 631.46

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИРОДЫ СТИМУЛЯЦИИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОЙ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ В ПРИСУТСТВИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Вершинин А.А., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник;
Кузнецова Т.В., научный сотрудник;
Князев И.В., научный сотрудник;
Петров А.М., кандидат биологических наук, зав. лабораторией
ГНБУ «Институт проблем экологии и недропользования
Академии наук Республики Татарстан»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Изучена природа стимуляции дыхательной активности нефтезагрязненной серой лесной почвы в присутствии гранулята осадков сточных вод (ОСВ). Установлено, что повышение биологической активности серой лесной почвы при внесении гранулята ОСВ обусловлено, в первую очередь, поступлением большого количества доступного органического вещества. Действие вносимой аллохтонной микрофлоры менее значимо.

Ключевые слова: гранулят осадка сточных вод (ОСВ); нефтяное загрязнение; базальное дыхание; субстрат-индуцированное дыхание; коэффициент микробного дыхания.

INVESTIGATION OF THE NATURE OF STIMULATION OF RESPIRATORY ACTIVITY OF OIL-CONTAMINATED GRAY FOREST SOIL IN THE PRESENCE OF SEWAGE SLUDGE

Vershinin A.A., Ph.D. in Biology, Senior Researcher;
Kuznetsova T.V., Research Associate;
Knyazev I.V., Research Associate;
Petrov A.M., Ph.D. in Biology, Head of Laboratory
Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan
Academy of Sciences
(separate subdivision of State institution «Tatarstan Academy of Sciences»)

Annotation: The nature of the stimulation of the respiratory activity of oil-contaminated gray forest soil in the presence of sewage sludge (SS) granulate was studied. It has been established that the increase in the biological activity of gray forest soil upon the introduction of SS granulate is due, first of all, to the influx of a large amount of available organic matter. The effect of the introduced allochthonous microflora is less significant.

Keyword: granulate sewage sludge; oil pollution; basal respiration (V_{basal}); substrate-induced respiration (V_{sid}); coefficient of microbial respiration (Q_r).

Образующиеся в процессе очистки коммунальных и смешанных сточных вод осадки сточных вод (ОСВ), несмотря на санитарно-экологическую опасность, являются продуктом, содержащим легко доступные для микроорганизмов и растений органические вещества и биогенные элементы. При соответствии качества, требуемого нормативной документацией [4], он может быть использован в качестве удобрения [5] для рекультивации загрязненных и деградированных почв.

В настоящее время технология обработки ОСВ МУП «Водоканал» г. Казани предусматривает их обезвоживание и сушку при температуре 105-110°C до влажности 5-10%, что обеспечивает элиминацию условно-патогенной микрофлоры, повышает влагоустойчивость образующихся в процессе сушки гранул. Высушенный продукт по своим характеристикам соответствует ГОСТ Р 54534-2011, что позволяет его использовать для рекультивации загрязненных почв.

В ранее проведенных экспериментах было определено влияние разных доз (1, 2, 4 и 6%) предварительно обезвоженного и подсушенного до влажности 10-13% гранулированного ОСВ на дыхательную активность технически рекультивированной нефтезагрязненной серой лесной почвы. Исследования показали, что его внесение интенсифицирует процессы окисления органических веществ, сокращает время стабилизации микробного пула нефтезагрязненной почвы [1]. Использованный гранулят содержал достаточно большое количество гетеротрофных микроорганизмов - $1,2-1,4 \cdot 10^5$ КОЕ/г абсолютно сухой массы ОСВ, что ставит вопрос о причине повышения дыхательной активности нефтезагрязненной почвы с гранулятом, которая может быть обусловлена, как содержащимися в ОСВ органическими веществами, так и внесением с гранулятом в почву аллохтонной микрофлоры.

С целью разделения действия вышеназванных факторов был проведен эксперимент с дополнительной перед внесением в почву термической обработкой гранулята ОСВ. Были применены следующие режимы термообработки: 105°C в течение 2 часов (вариант Г105), 165°C в течение 1,5 часов (вариант Г165), а также поставлен вариант почвы с гранулятом без дополнительной тепловой обработки (вариант Г).

В эксперименте была использована серая лесная среднесуглинистая почва с определенным методом потери массы при прокаливании остаточным содержанием нефтепродуктов 29 г/кг [3]. Гранулят в почву вносили в концентрации 2%. Контролем служила почва без гранулята (К). После внесения гранулята все

почвенные образцы увлажнялись и выдерживались при периодическом перемешивании в течение 7 суток, затем в них определялись скорости базального ($V_{\text{базал}}$), субстрат-индуцированного ($V_{\text{сид}}$) дыхания, коэффициент микробного дыхания (Q_R) [2].

Выявленное сопоставимое возрастание интенсивности $V_{\text{базал}}$ в почвенных образцах с гранулятом (в 1,8, 2,6 и 2,3 раза в вариантах Г, Г105, Г165, соответственно) свидетельствует о том, что доступность гранулята не зависимо от режима термообработки определяется количеством внесенного субстрата.

Зафиксирован чрезвычайно высокий уровень $V_{\text{сид}}$ в почве, содержащей гранулят. Величина $V_{\text{сид}}$ превосходила соответствующий показатель контрольной почвы в 27,9 раза. Термическая обработка почвы способствовала снижению интенсивности $V_{\text{сид}}$. Тем не менее, скорость субстрат-индуцированного дыхания образцов прокаленной почвы превосходила величину дыхания почвы без гранулята. У варианта Г105 в 2,6 раза, варианта Г165 в 6,1 раза.

Таблица – Дыхательная активность нефтезагрязненной СЛ почвы в зависимости от режима термообработки внесенного гранулята ОСВ

$V_{\text{базал}}$ Мкг $\text{CO}_2/\text{г час}$				$V_{\text{сид}}$ Мкг $\text{CO}_2/\text{г час}$				Q_R			
К	Г	Г105	Г165	К	Г	Г105	Г165	К	Г	Г105	Г165
12,1	22,3	31,3	28,1	16,7	465,8	42,9	102,4	0,73	0,048	0,40	0,27

В исходной почве определяли высокий уровень Q_R . Внесение гранулята приводило к снижению значения Q_R во всех вариантах, что указывает на повышение стабильности микробного комплекса. Низкий показатель Q_R в почве без термообработки обусловлен резким повышением $V_{\text{сид}}$. В этот момент в почве происходит интенсивное потребление доступных субстратов, что приводит к истощению питательных веществ в почве.

Выводы:

1 Внесение гранулята ОСВ в нефтезагрязненную, технически рекультивированную почву повышает ее биологическую активность и интенсифицирует окислительные процессы, как за счет дополнительного внесения доступного органического субстрата, так и за счет обогащения почвы аллохтонной микрофлорой.

2. Гранулят, как в стерильной почве, так и в почве без термообработки, способствовал повышению устойчивости микробного сообщества почвы.

3. Показатели почвенного дыхания контрольной и термически обработанной почвы показывают, что повышение биологической активности серой лесной почвы при внесении гранулята ОСВ обусловлено, в первую очередь, поступлением большого количества доступного органического вещества и, во вторую, действием вносимой аллохтонной микрофлоры.

Литература:

1. Вершинин А.А., Утомбаева А.А., Кузнецова Т.В., Петров А.М. Влияние гранулята осадка сточных вод на дыхательную активность и токсичность

нефтезагрязненной серой лесной почвы // Материалы XVII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Экология родного края: проблемы и пути их решения» (г. Киров, 26-27 апреля 2022 г.). – Киров: ВятГУ, 2022. Книга 1. - С.180-185.

2. Вершинин А.А., Петров А.М., Юранец-Лужаева Р.Ч., Кузнецова Т.В., Хабибуллин Р.Э. Коэффициент микробного дыхания различных типов почв в условиях нефтяного загрязнения// Вестник Технологического университета. 2017. Т. 20. №4. С. 103-106.

3. Игнатъев Ю.А., Зайнулгабидинов Э.Р., Петров А.М. Применение метода прокаливания для определения содержания аллохтонных углеводов нефти в серых лесных почвах //Российский журнал прикладной экологии. 2018. № 3. С.34-37.

4. ГОСТ Р 17.4.3.07-2001. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений.

5. ГОСТ Р 54534-2011 Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Требования при использовании для рекультивации нарушенных земель.

УДК 504.3.054

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ САМООЧИЩЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В Г.КАЗАНЬ

Габдрахимова В.А. младший научный сотрудник;
Шагидуллин А.Р. кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник;
Мусина А.А. младший научный сотрудник
Институт проблем экологии и недропользования Академии наук
Республики Татарстан
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: В статье приведены результаты расчета метеорологического потенциала загрязнения атмосферы и усовершенствованного варианта метеорологического потенциала рассеивающей способности атмосферы по городу Казань.
Ключевые слова: загрязнение атмосферы, примеси, самоочищение атмосферы, теплообеспеченность.

METEOROLOGICAL POTENTIAL OF ATMOSPHERIC AIR SELF-PURIFICATION IN KAZAN

Gabdrakhimova V.A. junior research associate;
Shagidullin A.R. candidate of physical and mathematical sciences,
senior research associate;

Musina A.A. junior research associate
Research institute for problems of ecology and mineral wealth use
of Tatarstan Academy of sciences
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The article presents the results of the calculation of the meteorological potential of atmospheric pollution and an improved version of the meteorological potential of the scattering power of the atmosphere for the city of Kazan.

Keyword: air pollution, impurities, self-purification of the atmosphere, heat supply.

Из-за пониженной рассеивающей способности атмосферы воздух крупных городов отличаются сильной загрязненностью. Источниками такого загрязнения являются промышленные предприятия и автотранспорт, выбрасывающие ежегодно в атмосферу сотни тонн вредных веществ. Уровни загрязнения атмосферного воздуха зависят от эмиссии вредных веществ из различных источников, а также от климатических условий, определяющих способность атмосферы рассеивать и осаждасть примеси. Таким образом, при анализе динамики состояния воздуха необходимо одновременно с параметрами выбросов в атмосферу учитывать изменение условий самоочищения атмосферы [1-3].

Существуют различные методы оценки способности атмосферного воздуха к самоочищению или накоплению вредных примесей на какой-то определенной территории, среди которых в качестве основополагающих следует отметить потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА) [4] и метеорологический потенциал (загрязнения) атмосферы (МПЗА) [5,6].

Согласно результатам расчета потенциала по первому методу, проведенного по наблюдениям 198 метеорологических станций бывшего СССР, Казань оказалась в зоне умеренного ПЗА [4]. В работе [7] приводятся результаты оценки ПЗА на территории Татарстана за период 1996-2000 гг. Ввиду отсутствия данных аэрологических наблюдений расчет проведен по выведенному авторами уравнению регрессии. За указанный период для территории Казани ПЗА оценивался на низком или умеренном уровне.

Расчет потенциала по первому методу требует наличия данных радиозондирования атмосферы, что затрудняет применение данного метода в отсутствии наблюдений аэрологических станций. Поэтому наибольшее распространение у разных авторов получил второй метод.

Позже был разработан усовершенствованный метеорологический потенциал атмосферы (УМПА), в котором учтен тепловой фактор [8].

Для оценки рассеивающей способности атмосферы для г.Казань использовались данные наблюдения метеостанции «Казань-Опорная» за период 2016-2021 гг. [<http://www.pogodaiklimat.ru/>].

Значение МПЗА увеличивается с ростом способности атмосферного воздуха к накоплению примесей. При значениях показателя более единицы, способствующие накоплению атмосферных примесей процессы преобладают над процессами, способствующими самоочищению воздуха. Часто более удобной

характеристикой является величина $1/\text{МПЗА}$, характеризующая преобладание процессов самоочищения, которую можно обозначить как метеорологический потенциал самоочищения атмосферы. Градация для обратной величины $1/\text{МПЗА}$ выглядит следующим образом: $1/\text{МПЗА} > 1,25$ – благоприятные условия рассеивания, $1,25 > 1/\text{МПЗА} > 0,83$ – буферная зона, $0,83 > 1/\text{МПЗА} > 0,42$ – неблагоприятные условия, $0,42 > 1/\text{МПЗА}$ – крайне неблагоприятные.

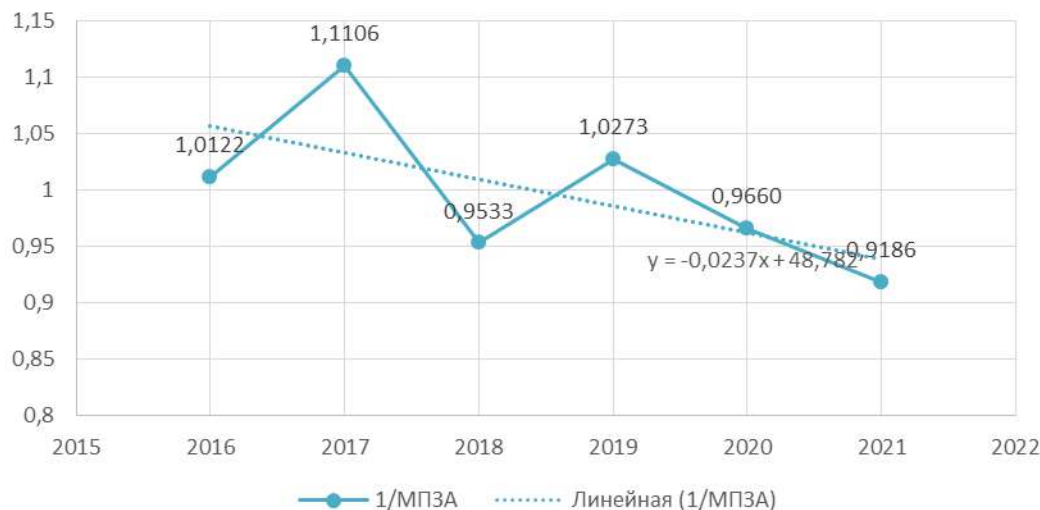


Рисунок 1 – Динамика значений $1/\text{МПЗА}$ в г. Казань в 2016-2021 гг.

Как можно видеть из рис.1 в период 2016-2021 гг. в г.Казань метеорологические условия соответствовали буферной зоне ($0,8 < \text{МПЗА} < 1,2$), в которой с одинаковой вероятностью наблюдаются процессы, способствующие загрязнению атмосферного воздуха и его самоочищению. При этом наблюдается тренд на некоторое ухудшение условий рассеивания. Наибольший вклад в процессы, способствующие накоплению примесей, внесены застойными явлениями с ветром 0-1 м/с – повторяемость 37-41%. Наибольший вклад в процессы самоочищения вносят атмосферные осадки – повторяемость дней с осадками более 0,5 мм составила 28-38%.

Чем больше по своему значению УМПА, тем лучше на данной территории условия для рассеивания загрязняющих веществ. В выделяется следующая градация: $\text{УМПА} \geq 3,5$ – зона с благоприятными условиями для рассеивания примесей; $3,5 > \text{УМПА} \geq 2,5$ – буферная зона с одинаковой вероятностью метеоусловия, способствующих загрязнению или самоочищению атмосферного воздуха; $\text{УМПА} < 2,5$ – зона с неблагоприятными условиями для рассеивания примесей.

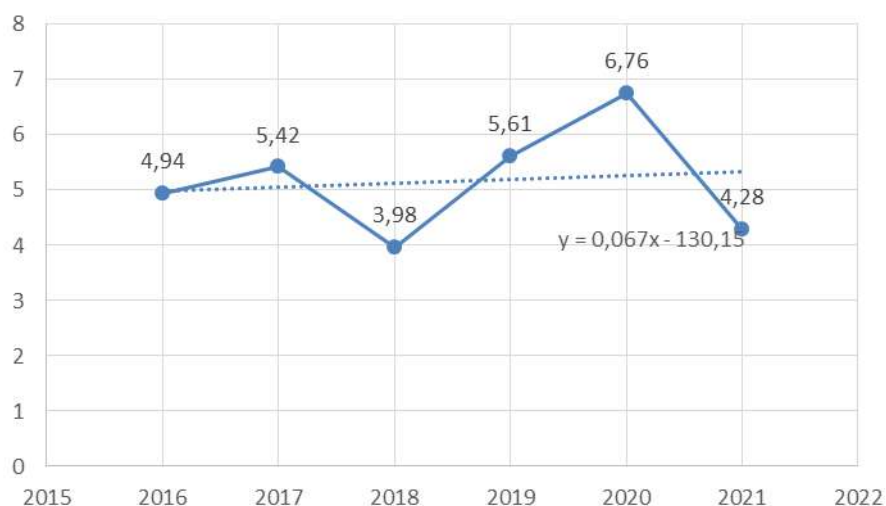


Рисунок 2– Динамика значений УМПА в г.Казань в 2016-2021 гг.

Как можно видеть из рис. 2 в течение 2016-2021 гг. наблюдается тренд на небольшое увеличение УМПА. Согласно градации значений показателя в г. Казань наблюдаются благоприятные условия для рассеивания примесей ($УМПА \geq 3,5$) Наибольший вклад в значения УМПА вносит коэффициент теплообеспеченности.

Таким образом, при сравнении показателей МПЗА и УМПА можно заключить, что учет температурной поправки в значениях УМПА изменяет результаты оценки потенциала самоочищения атмосферного воздуха. Но не смотря на это, в Казани по обоим методам выявлены благоприятные условия для самоочищения атмосферного воздуха.

Литература:

1. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Новикова С.В., Шмакова Ю.А. определение времени формирования высокого уровня загрязнения атмосферного воздуха в зонах действия полимерных производств (на примере .Нижекамска). Сообщение 2 //Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 16. С. 115-118.
2. Тунакова Ю.А., Новикова С.В., Шагидуллина Р.А. Разработка управляющих воздействий для систем принятия решений на основании уровня экологического вероятностного риска// Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2012. № 4-1. С. 271-277.
3. Тунакова Ю.А., Новикова С.В., Шагидуллин А.Р., Валиев В.С., Морайш А. Методология оценки уровня территориального экологического риска для планового управления экологической безопасностью городской среды// Экология и промышленность России. 2019. Т. 23. № 10. С. 44-49.
4. Безуглая Э.М. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. – Л.: Гидрометеоздат, 1980. – 184 с.
5. Селегей Т.С., Юрченко И.П. Потенциал рассеивающей способности атмосферы// География и природные ресурсы. – 1990. - № 2. – С.132-137.

6. Рекомендации по определению метеорологического потенциала атмосферы Сибирского экономического района / Ответст. исполнитель Т.С. Селегей. - Новосибирск, 1987.

7. Шлычков А.П., Хабутдинов Ю.Г. Изменчивость потенциала загрязнения атмосферы во времени и пространстве на территории Республики Татарстан // Ученые записки Казанского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2006. Т. 148. № 1. С. 6-12.

8. Отчет о научно-исследовательской работе по теме 1.4.3.15 «Разработать усовершенствованный комплексный метеорологический показатель рассеивающей способности атмосферы (на примере территории Западной Сибири) (заключительный). Новосибирск: ФБГУ «СибНИГМИ», 2014. – 132 с.

УДК - 556.5

ПОСТУПЛЕНИЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В КУЙБЫШЕВСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ С ВОДОСБОРОВ МАЛЫХ РЕК

Горшкова А.Т., кандидат географических наук,
ведущий научный сотрудник лаборатории гидрологии;
Урбанова О.Н., старший научный сотрудник лаборатории гидрологии;
Бортникова Н.В., научный сотрудник лаборатории гидрологии;
Рыков Р.А., младший научный сотрудник лаборатории гидрологии;
Институт проблем экологии и недропользования Академии наук
Республики Татарстан
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: В статье рассмотрены основные гидрохимические и гидробиологические характеристики вод рек Казанка, Мёша, Свияга. Проведенный анализ подтвердил, что основной сток загрязняющих веществ приходится на водовыпуски ниже по течению крупных населенных пунктов, расположенных на притоках первого порядка Куйбышевского водохранилища.

Ключевые слова: загрязняющие вещества, минерализация, жесткость

THE ENTRANCE OF POLLUTANTS INTO THE KUIBYSHEV RESERVOIR FROM THE CATCHMENTS OF SMALL RIVERS

Gorshkova A.T., PhD in Geography, leading researcher,
Urbanova O.N., senior researcher of laboratory of hydrology,
Bortnikova N.V., researcher of laboratory of hydrology,
Rykov R.A., junior researcher of laboratory of hydrology
Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use
of Tatarstan Academy of Sciences
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The article considers the main hydrochemical and hydrobiological char-

acteristics of the waters of the Kazanka, Mesha, and Sviyaga rivers. The analysis confirmed that the main runoff of pollutants falls on water outlets downstream of large settlements located on tributaries of the first order of the Kuibyshev reservoir.

Keyword: pollutants, mineralization, hardness

Выводы отечественных и зарубежных научных исследователей ещё недавно сводились к тому, что загрязнение большинства малых рек, озер и водохранилищ обусловлено главным образом стоком с сельскохозяйственных угодий и предприятий агропромышленного комплекса, которые приносят в водные объекты до 50% биогенных органических и неорганических веществ [1,2]. Основной смыв почв, составляющий в среднем 1.7 т/га, происходит весной. В этот период в бассейн р. Волга в пределах территории республики поступает 180.6 т азота аммонийного, 40.4 т железа, 412.4 т нитратов и 174.2 т нитритов, в р. Кама поступает 41.7 т нитратов, 2.9 т нитритов, 7.8 т азота аммонийного и 1.1 т железа [3].

Наиболее вымываемым биогенным элементом являются нитраты, наибольшее количество которых выносят в Куйбышевское водохранилище со своих водосборов реки Свияга, Казанка, Мёша. Сопоставляя количество выносимых биогенов и содержание элементов в воде Куйбышевского водохранилища, в створах, расположенных ниже устья указанных рек, а также на профилях после расположения крупных городских агломератов, становится очевидным расстановка приоритетов загрязнения [4]. Если предположить, что основное количество биогенных элементов, поступает в водохранилища не с поверхностным стоком с сельхозугодий, а с промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами крупных населенных пунктов, расположенных по берегам Волги и Камы, то имеет смысл подробнее рассмотреть качество вод рек первого порядка, являющихся основными источниками боковой приточности Куйбышевского водохранилища.

По данным УГМС, средняя годовая минерализация речных вод в бассейне Казанки колеблется от 500 до 1000 мг/л в верхнем и среднем течении. Вниз по течению (Большие Дербышки) количество растворенных солей возрастает до 1500 мг/л. Такая пестрота в величинах минерализации создается в результате близкого залегания карстующихся пород и неоднородности геологического строения территории бассейна. В зависимости от гидрологического режима минерализация речной воды меняет свою величину. Наименьшие пределы колебания минерализации (от 100 до 300 мг/л) наблюдаются во время пика весеннего половодья. В это время в питании реки преобладают маломинерализованные талые снеговые воды, и речная вода имеет наименьшую жесткость. На спаде половодья количество растворенных солей в местах развития гипсового карста повышается до 650-840 мг/л. Общая жесткость воды при этом составляет 8 мг-экв/л. В период межени (летней и особенно зимней) минерализации достигает наибольших значений. В районе Арска минерализация в период летней межени превышает 600 мг/л, а у Больших Дербышек колеблется от 1500 до 1750 мг/л, иногда повышается до 2200 мг/л. Общая жесткость, как и минерализация, возрастает вниз по течению от 9 (Арск) до 18-23 мг-экв/л (Большие Дер-

бышки). Такая жесткость может сохраняться без изменения в течение всей межени. По минерализации и содержанию главных ионов вода Казанки относится к гидрокарбонатному классу группы кальция (преобладание до 60% ионов HCO_3^- и Ca^{2+}). В период половодья происходят некоторые изменения в солевом составе воды. Гидрокарбонатный характер воды несколько ослабевает. Понижению относительного содержания гидрокарбонатных ионов (менее 100 мг/л) в воде Казанки соответствует некоторое повышение содержания ионов сульфатов (более 200 мг/л) и вода реки приобретает хорошо выраженный сульфатный характер. Среди катионов в период половодья преобладают ионы Ca^{2+} . Это обусловлено влиянием карстовых вод. Вода верхнего участка реки (до Арска), небольшой участок выше впадения р. Красная и участок ниже р. Сула до устья имеют выраженный сульфатно-гидрокарбонатный-кальциевый характер. В районе Арска и на расстоянии ниже впадения р. Красной до впадения р. Сулы - гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевый.

Минерализации вод Мёши увеличивается по длине реки от 169 мг/л в истоках до 830 мг/л в среднем течении и 1200 мг/л к устью. Содержание в воде главных ионов (гидрокарбонаты, хлориды, кальций) не превышает ПДК в истоках. Если содержание хлоридов неизменно на всем протяжении водотока (10 мг/л, что ниже ПДК), то содержание сульфатов резко возрастает от истока к устью (16–250–595 мг/л), где превышает ПДК в 5 раз. Наличие гидрокарбонатов изменяется в пределах 239-324 мг/л. Изменение состава этих элементов в речной воде Мёши предположительно связано с высоким содержанием легко растворимых соединений (сульфатов и хлоридов) в грунтах водосбора. Величина жесткости в р. Мёша, четко следуя изменению минерализации, также увеличивается от истока к устью (4.45-12.8 мг-экв/л). Это характерно для межениных периодов, когда питание реки в основном происходит исключительно подземными водами. Речная вода постепенно изменяется от умеренно жесткой в верховье (3.0-6.0 мг-экв/л), жесткой (6.0-9.0 мг-экв/л) в среднем течении, до очень жесткой (свыше 9.0 мг-экв/л) в нижнем течении и устье. Если жесткость воды на всем протяжении обследуемого участка резко возрастает, то элементы (Ca, Mg), влияющие на жесткость, имеют некоторые различия в их содержании от истока до устья. Содержание кальция резко возрастает более чем в три раза, а содержание магния лишь в полтора. Объясняется это близким залеганием карстующихся пород пермских отложений (известняк, доломиты, гипс) в бассейне реки. Активная реакция водной среды на всем протяжении нейтральная (8.1-8.2) и неизменная.

Река Свяга обеспечивает водоотведение почти для трехсот предприятий, более 70% из которых не имеют очистных сооружений. В результате возникает равенство величины поступления загрязнения из Ульяновской области и общего объема стока в пограничной с РТ зоне – 16.4 млн м³/год, которое указывает на отсутствие эффекта разбавления. Недостаток взаимодействующих компонентов биологической составляющей (обеднение видового состава и др.) указывает на необратимость дисбаланса саморегуляции среднего течения реки при существующем сегодня режиме водопользования. Отмечается стабильное за-

грязнение сульфатами и фосфатами (превышение ПДК в 1.5-2.0 раза). Отмечено превышение показателей химического и биологического потребления кислорода, колебание взвешенных веществ, превышение ряда тяжелых металлов. Значение общей жесткости находится в пределах показателя для питьевой воды, но относит воду к жестким (5.8-6.8 мг-экв/л). В устье р. Свияга отмечается снижение жесткости воды, связанное с влиянием вод водохранилища. Гидрохимический режим нормализуется лишь в зоне влияния подпора водохранилища, на обширных участках залитой поймы.

Видовой состав устьевого водного биоценоза свидетельствует об относительной чистоте вод. Однако в последние годы и в устье стали наблюдаться спонтанные вспышки массового размножения микробного компонента экосистемы. Регулярно проводимые гидробиологические исследования (фито-, зоопланктон) с особенной четкостью показывают воздействие загрязнения на степень угнетения биоценоза. Выбивая из экосистемы ту или иную биологическую составляющую, тот или иной по составу ингредиент лишает природную систему самоочищения. Исследования показывают, что по характеру биоценоза гидробионтов р. Свияга делится на три совершенно разные части, соответственно гидрологическому характеру стока – верховье носит типично реафильный характер, среднее течение в зависимости от наличия заливов, стариц, разливов, быстрин и перекатов также преимущественно реафильного типа, но с элементами лимнофильного вмешательства. Местами, несмотря на непрекращающийся прессинг разнообразных сточных поступлений, вода очищается. Например, на широком и мелководном (до 4.5 м) участке реки перед г. Ульяновск выделяется относительно благополучная зона. Здесь на акватории с замедленным течением и наличием островков зарослей макрофитов, служащих своеобразным биофильтром, происходит быстрый распад органики, поступающей сверху, обеспечивающей обилие легкоусвояемой для гидробионтов пищи. Планктон, питаясь и размножаясь, абсорбирует вредные вещества, осаждает и преобразует химические соединения. Однако, чрезмерные сбросы сточных вод ниже г. Ульяновск, превышающие нормы ПДС (предельно-допустимый сброс) негативно сказываются на популяции. Видовой состав вновь оскудняется, и следующий этап восстановления природного баланса наблюдается лишь в зарегулированной части устья – Свияжском заливе Куйбышевского водохранилища.

Таким образом исследования экологической обстановки показывают, что малые реки – притоки первого порядка Куйбышевского водохранилища, устья которых зарегулированы, и сегодня представляют собой огромные естественные биоплато, активизирующие процессы самоочищения, не являются основными загрязнителями водохранилищных вод. Фиксация всплесков загрязнения более характерна для участков акватории, располагающихся ниже водовыпусков сточных вод с очистных сооружений городов и прибрежно-расположенных промышленных предприятий. Благодаря чему в последнее десятилетие на территории РТ превалирующую позицию занял вынос биогенных элементов и других ингредиентов с промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными во-

дами; поступление же биогенов с рассеянными смывами с водосборов хоть незначительно, но уменьшилось по сравнению в XX в., и отошло на второй план.

Литература:

1. Урбанова О.Н., Семанов Д. А., Горшкова А.Т., Каримова А.И., Бортникова Н.В. Вынос биогенных элементов с водосборов малых рек Республики Татарстан/ Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». Том 5. Выпуск 4. Ижевск: изд-во «Удмуртский университет». – 2015. – С. 45-52.

2. Donigion A.S., Crawford N.H. Water quality model for agricultural runoff / Modelling of rivers. Wiley - Interscience Publishers, 1979, P. 121.

3. Информационный бюллетень о состоянии поверхностных водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений на территории Республики Татарстан за 2015 год. Казань: изд-во ООО «Веда». – 2017. – 150 с.

4. Шагидуллин Р.Р., Иванов Д.В., Горшкова А.Т., Урбанова О.Н., Токинова Р.П., Петров А.М. Биогенная нагрузка на поверхностные воды Республики Татарстан. Антропогенный фактор//Материалы Международной научно-практической конференции «Глобальное распространение процессов антропогенного эвтрофирования водных объектов: проблемы и пути решения. 18-19 мая 2017 года, Казань, Россия». Казанский (Приволжский) федеральный университет. Отпечатано в типографии «ОТ Принт». С. 45-51.

УДК 556.555.6 : 504.064.36

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ В Р. НОКСА

Иванов Д.В., кандидат биологических наук, зам. директора по научной работе;

Валиев В.С., старший научный сотрудник;

Шамаев Д.Е., младший научный сотрудник;

Шурмина Н.В., научный сотрудник;

Мухаметзянова Ф.М., младший научный сотрудник;

Косова М.В., младший научный сотрудник;

Институт проблем экологии и недропользования АН РТ

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Проанализирована динамика качества вод р. Нокса и ее притоков за 2017–2021 гг. Высокие индексы загрязненности обнаруживаются по 11 обязательным показателям качества вод: коэффициент комплексности загрязненности равен 29–54%. Преобладают грязные и очень грязные вода 4а-4в классов качества. Для водотоков бассейна Ноксы характерно органическое и биогенное загрязнение, обусловленное поступлением промышленных, бытовых и коммунальных сточных вод.

Ключевые слова: река Нокса, загрязнение, сезонная динамика, мониторинг, качество воды.

WATER QUALITY ASSESSMENT OF THE NOKSA RIVER

Ivanov D.V., candidate of biological sciences, deputy director;
Valiev V.S., senior researcher;
Shamaev D.E., junior researcher;
Shurmina N.V., researcher;
Mukhametzyanova F.M., junior researcher;
Kosova M.V., junior researcher;
Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use
of Tatarstan Academy of Sciences
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The dynamics of water quality of the Noksa river and its tributaries for the period from 2017 to 2021 is analyzed. High pollution indices are found in 11 out of 15 mandatory water quality indicators: pollution complexity coefficient 29–54%. Dirty and very dirty water of 4 quality classes prevail. The watercourses of the Noksa basin are characterized by organic and biogenic pollution caused by the inflow of untreated and insufficiently treated industrial, domestic and municipal wastewater.

Keyword: Noksa river, pollution, seasonal dynamics, monitoring, water quality.

Река Нокса – левый приток р. Казанка, впадает в нее в 2.8 км от устья. Нокса протекает по территории Пестречинского и Высокогорского районов Республики Татарстан и г. Казани. Исток расположен в 5 км к северо-востоку от с. Кошаково, устье – у п. М. Дербышки. Длина реки 42 км, площадь водосбора 202.6 км². Русло реки извилистое, неразветвленное, шириной 2–6 м. Преобладающие глубины 0.8–1.5 м на плесах и 0.3–0.5 м на перекатах. Скорости течения составляют 0.3–0.6 м/с на перекатах и 0.1–0.3 м/с на плесах. Питание смешанное, преимущественно снеговое. В весеннее половодье проходит 80% годового стока. Межень неустойчивая, очень низкая. Основное питание в межженный период река получает за счет подземных источников. Река в летнее время часто пересыхает.

Мониторинг качества вод р. Нокса и ее притоков (Крутовка, Вертелевка, Куюковка) по гидрохимическим показателям проводился в 2017–2018 гг. (устье р. Нокса) и 2021 г. (от истока до устья, притоки).

В 2017–2018 г. качество воды в р. Нокса соответствовало 4а классы, «грязная», удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ) составил 4.3–4.9. Превышения ПДК отмечались по 11 показателям (табл. 1).

Таблица 1 – Показатели качества воды в устье р. Нокса в 2017–2018 гг.

Показатели	Обобщенный оценочный балл ($S_{об}$)	
	2017	2018
Марганец	8.6	13.0
Аммоний ион	4.3	8.9
Нефтепродукты	6.9	8.0
Железо	7.1	7.3
Медь	7.2	6.7
Сульфаты	8.2	6.6
Фенолы	6.5	6.2
БПК ₅	7.6	4.0
Цинк	4.6	3.8
Нитриты	8.0	0
Кислород раств.	3.8	0
Никель	0	0
Нитраты	0	0
Хлориды	0	0
ХПК	0	0
УКИЗВ ($S_{уд}$)	4.9	4.3
Коэффициент комплексности загрязненности ($K_{ср}$)	41.6	45.0
Класс качества	Грязная 4а класс	Грязная 4а класс

За период с апреля по июль 2021 г. на 10 створах наблюдений, охватывающих участки верхнего, среднего и нижнего течения реки, значения УКИЗВ в р. Нокса изменялись от 3.8 до 5.5, в соответствии с которым вода характеризовалась как грязная 4а и 4б класса (табл. 2).

Высокие индексы загрязненности обнаруживаются по 11 из 15 обязательных показателей качества вод, используемых в расчетах УКИЗВ. Преобладает загрязнение органическими веществами и биогенными элементами. Коэффициент комплексности загрязненности изменяется от 29 до 54%. Комплексный характер загрязнения обусловлен поступлением в водный объект неочищенных и недостаточно очищенных промышленных, бытовых и коммунальных сточных вод.

Таблица 2 – Оценка качества воды в р. Нокса в 2021 г.

Показатели	Обобщенный оценочный балл ($S_{об}$)			
	Апрель	Май	Июнь	Июль
Аммоний ион	7.9	6.8	10.5	12.7
Нефтепродукты	12.0	5.3	5.6	10.6
Марганец	9.0	8.8	12.2	0
Медь	8.7	12.1	8.2	0
Железо	9.5	5.6	7.6	5.2
БПК ₅	8.3	6.5	8.4	8.5
Цинк	5.2	8.5	5.0	0
Нитриты	0	8.5	8.4	7.5

Фенолы	9.3	0	0	0
Кислород раств.	0	5.2	6.2	7.8
ХПК	8.3	0	4.3	4.7
Никель	4.3	0	0	0
Сульфаты	0	0	0	4.0
Хлориды	0	0	0	0
Нитраты	0	0	0	0
УКИЗВ ($S_{уд}$)	5.5	4.5	5.1	4.1
Коэффициент комплексности загрязненности ($K_{ср}$)	54.2	36.0	35.3	29.3
Класс качества	Грязная 4б класс	Грязная 4а класс	Грязная 4б класс	Грязная 4а класс

Примечание: жирным шрифтом выделены критические показатели загрязненности ($S_{об} > 9$)

Критическими показателями загрязненности речных вод ($S_{об} > 9$) являются соединения марганца, меди, нефтепродукты, ионы аммония, а также железо и фенолы. По этим же ингредиентам качества воды отмечены максимальные превышения ПДК, в соответствии с которыми вода в р. Нокса в отдельные периоды наблюдений соответствует высокому и экстремально высокому уровню загрязненности (табл. 3).

Таблица 3 – Максимальные кратности превышения ПДК в воде р. Нокса и ее притоков в 2021 г.

Показатели	Нокса	Крутовка	Куюковка	Вертелевка
Аммоний ион	84.4	13.4	1.3	-
Медь	56.8	3.9	6.5	3.8
Нефтепродукты	23.0	-	11.8	4.0
Марганец	14.8	26.2	10.7	7.2
Цинк	8.4	-	1.2	1.6
БПК ₅	8.3	4.6	2.2	1.6
Фенолы	7.3	-	3.0	1.7
Железо	7.0	3.0	4.7	2.7
Кислород раств.	7.1	1.3	1.1	1.0
ХПК	5.5	1.6	1.5	-
Нитриты	4.3	66.4	-	1.3
Сульфаты	1.8	-	-	-
Никель	1.4	-	-	-

Примечание: прочерк означает отсутствие превышений ПДК за весь период наблюдений; жирным шрифтом выделены значения выше 10ПДК

Класс качества воды в притоках р. Нокса изменяется от 3б «загрязненная» (Вертелевка) до 4в «грязная» (Крутовка) (табл. 4). Таким образом, значительные объемы загрязняющих веществ поступают в р. Нокса с водами притоков. Судя по интегральным показателям загрязненности, непосредственно в русло реки р. Нокса происходит сброс сточных вод, содержащих высокие концентрации органических веществ, биогенных элементов, нефтепродуктов и металлов.

Таблица 4 – Сравнительная оценка качества воды в притоках р. Нокса в 2021 г.

Показатели	Обобщенный оценочный балл ($S_{об}$)			
	Нокса	Крутовка	Куюковка	Вертелевка
Аммоний ион	11.8	11.5	3.7	0
Нефтепродукты	10.2	0	9.5	6.2
Марганец	10.0	12.4	9.6	9.1
Медь	10.0	8.4	8.9	8.4
Железо	8.4	8.3	8.3	7.8
БПК ₅	8.2	9.2	6.9	4.9
Цинк	8.0	0	3.7	5.2
Нитриты	7.8	14.9	0	4.9
Фенолы	6.1	0	5.8	4.7
ХПК	5.8	5.4	4.1	0
Кислород раств.	5.4	5	3.1	2.8
Никель	2.7	0	0	0
Сульфаты	2.3	0	0	0
УКИЗВ ($S_{уд}$)	6.4	5.0	4.2	3.6
Коэффициент комплексности загрязненности ($K_{ср}$)	38.52	50	37.42	30.15
Класс качества	Очень грязная 4г класс	Очень грязная 4в класс	Грязная 4а класс	Очень загрязненная 3б класс

Примечание: жирным шрифтом выделены критические показатели загрязненности ($S_{об} > 9$)

Река Нокса является одними из наиболее загрязненных водных объектов на территории Республики Татарстан. Это обусловлено поступлением в речную сеть значительных, относительно общего объема стока, масс загрязняющих веществ из сосредоточенных и диффузных источников, расположенных в границах водосборного бассейна. Наиболее напряженная экологическая ситуация фиксируется на участках русла в районе н.п. Коцаково и Вознесение, где отмечено низкое качество воды, а также высокие показатели загрязненности донных отложений. Для улучшения экологической ситуации и с учетом высокой потребности в использовании природных ресурсов бассейна р. Нокса в целях рекреации следует рассмотреть вопрос о разработке республиканской программы по экологической реабилитации водного объекта. Программа должна предусматривать развитие системы мониторинга качества вод, состояния берегов и дна, донных отложений, инвентаризацию сосредоточенных и диффузных источников загрязнения, формирование перечня практических природоохранных мероприятий, ориентированных на использование и охрану водных ресурсов рек бассейна.

**ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ
И КАЧЕСТВА ВОД НИЖНЕКАМСКОГО И КУЙБЫШЕВСКОГО
ВОДОХРАНИЛИЩ В ПРЕДЕЛАХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН
ЗА 2014–2020 ГГ.**

Иванов Д.В.¹, кандидат биологических наук, зам. директора по научной работе;
Валиев В.С.¹, старший научный сотрудник;
Шамаев Д.Е.¹, младший научный сотрудник;
Шагидуллина Р.А.², доктор химических наук, начальник управления;
¹Институт проблем экологии и недропользования АН РТ
²Министерство экологии и природных ресурсов РТ
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Выполнен анализ динамики гидрохимических показателей качества вод Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ по результатам мониторинга, осуществляемого Министерством экологии и природных ресурсов РТ, за период с 2014 по 2020 гг. Установлено улучшение качества воды в замыкающих створах наблюдений (р. Волга – Тетюши, р. Кама – Сорочьи Горы), которое коррелирует с уменьшением объемов сброса сточных вод в водные объекты за указанный период.

Ключевые слова: Куйбышевское и Нижнекамское водохранилища, качество вод, удельный комбинаторный индекс загрязненности, мониторинг, загрязнение.

**DYNAMICS OF ANTHROPOGENIC LOAD INDICATORS
AND WATER QUALITY OF THE NIZHNEKAMSK AND KUIBYSHEV
RESERVOIRS WITHIN THE REPUBLIC OF TATARSTAN FOR 2014–2020**

Ivanov D.V., candidate of biological sciences, deputy director;
Valiev V.S., senior researcher;
Shamaev D.E., junior researcher;
Shagidullina R.A., doctor of chemical sciences, Head of Department;
Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan
Academy of Sciences
Ministry of Ecology and Natural Resources of Tatarstan REpublic
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The dynamics of hydrochemical indicators of water quality in the Kuibyshev and Nizhnekamsk reservoirs was analyzed based on the results of state monitoring carried out by the Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Tatarstan for the period from 2014 to 2020. An improvement in water quality in the outgoing observation points (Volga River – Tetyushi, Kama River – Sorochi Gory) was established, which correlates with a decrease in the volume of wastewater

discharges into water bodies over the specified period.

Keywords: Kuibyshev and Nizhnekamsk reservoirs, water quality, specific combinatorial pollution index, monitoring, pollution.

Министерство экологии и природных ресурсов Республики Татарстан (РТ) проводит гидрохимический мониторинг качества вод на 12 створах, расположенных в акваториях Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ. Анализ данных мониторинга за период с 2014 по 2020 гг. показал (рис. 1, 2) наличие тенденции к улучшению качества вод рек Волга и Кама, которые могут быть непосредственно связаны с сокращением объемов сброса загрязненных сточных вод в результате строительства и модернизации очистных сооружений населенных пунктов, расположенных в их бассейнах.

Так, на замыкающем створе наблюдений р. Кама (Сорочьи Горы) с 2016 по 2020 г. значение удельного комбинаторного индекса загрязненности (УКИЗВ) снизилось с 3.55 до 1.37. Это соответствует изменению качества воды с очень загрязненной 3б класса до слабо загрязненной 2 класса. По данным статистической отчетности по форме 2(ТП)-водхоз, объем сброса загрязненных сточных вод городами Набережные Челны, Елабуга, Нижнекамск и Чистополь в этот же период сократился на 20%: с 89.3 млн. м³ до 71.54 млн. м³.

Для волжского участка Куйбышевского водохранилища в пределах РТ следует отметить следующие закономерности изменения показателей загрязненности вод во времени и пространстве (рис. 3, 4).

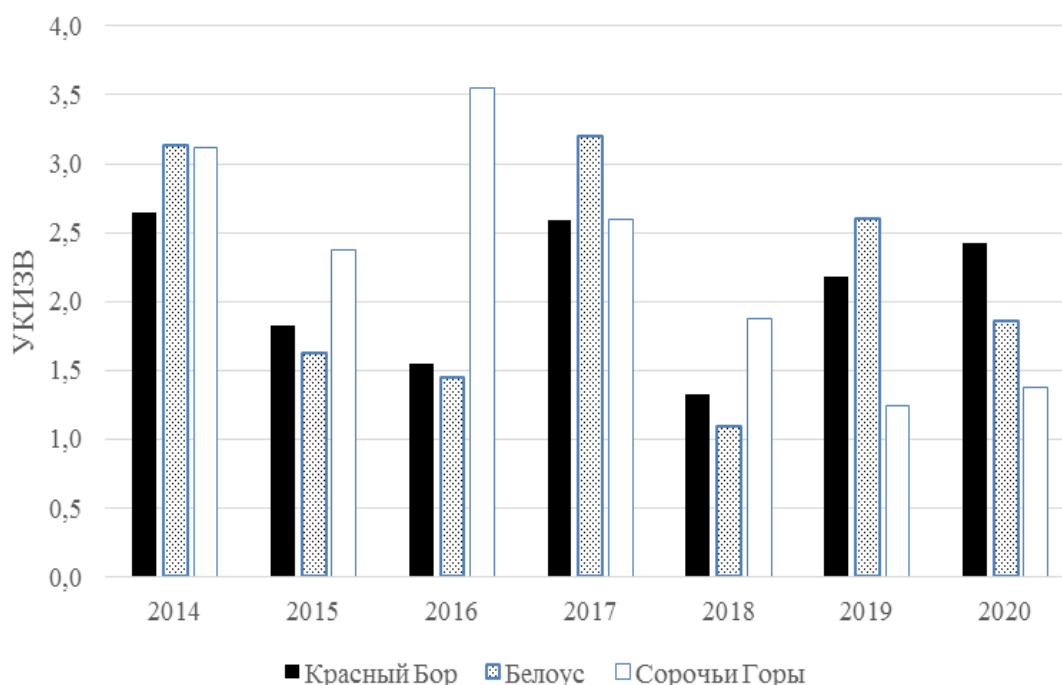


Рисунок 1 – Динамика УКИЗВ р. Кама (Нижнекамское и Куйбышевское водохранилища)

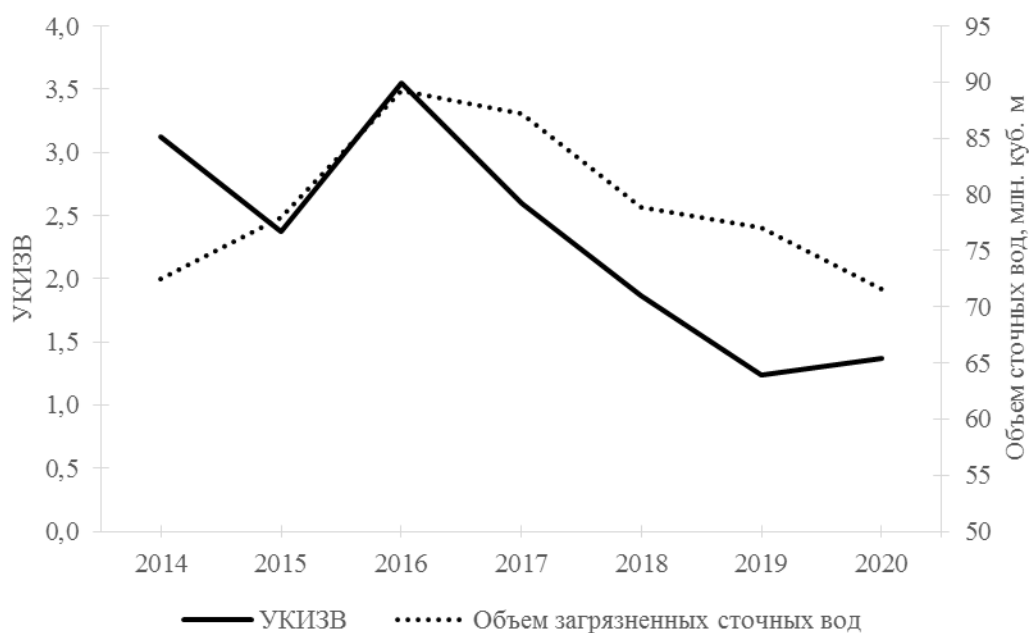


Рисунок 2 – Динамика УКИЗВ на пункте наблюдений Сорочьи Горы и ежегодных объемов сброса загрязненных сточных вод в р. Кама

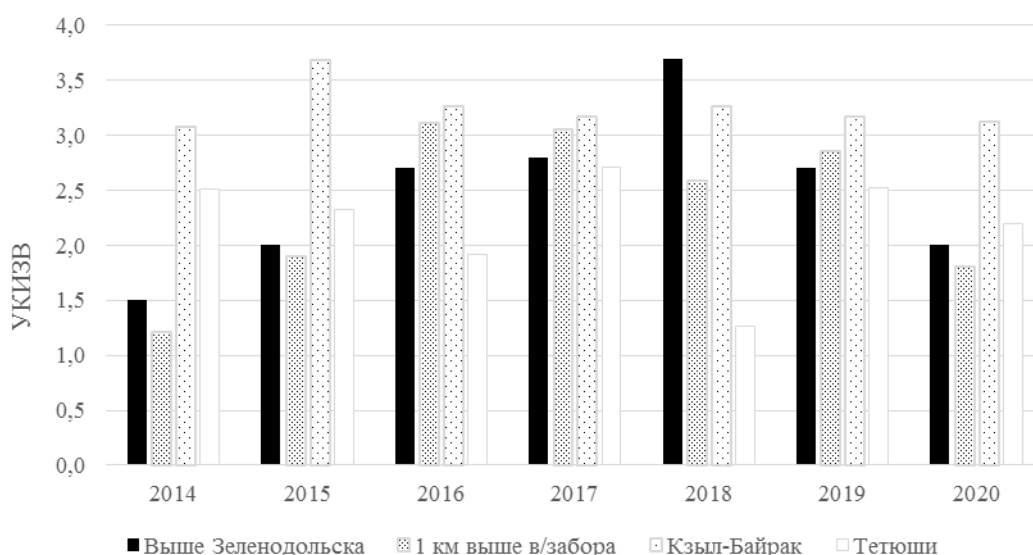


Рисунок 3 – Динамика УКИЗВ в р. Волга (Куйбышевское водохранилище)

По сравнению с участком акватории «выше г. Зеленодольска» и «выше водозабора г. Казани», в створе «Кзыл- Байрак» качество воды снижается с «загрязненной» 3а класса до «очень загрязненной» 3б класса (рис. 3). Это обусловлено поступлением в р. Волга сточных вод биологических очистных сооружений г. Казани в объеме 163–173 млн. м³ в год. Синхронный характер динамики УКИЗВ в створе «Кзыл-Байрак» и ежегодного объема сброса загрязненных сточных вод гг. Зеленодольск и Казань (рис. 4) указывает на то, что неудовлетворительное качество вод на этом участке водохранилища формируется под воздействием коммунальных и промышленных стоков крупнейших городов РТ.

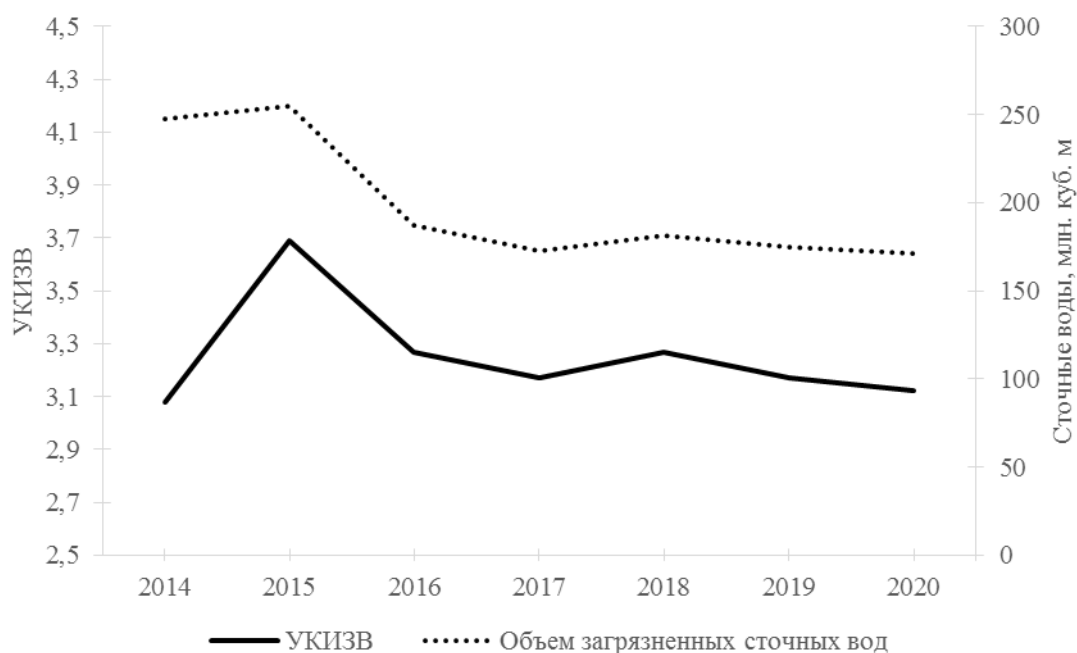


Рисунок 4 – Динамика УКИЗВ в р. Волга (Кзыл-Байрак) и ежегодных объемов сброса загрязненных сточных вод гг. Казань и Зеленодольск

Створ наблюдений «Тетюши» является трансграничным между РТ и Ульяновской областью и одновременно характеризует качество воды Куйбышевского водохранилища в зоне смешения волжских и камских вод. Относительно створа «Кзыл-Байрак» здесь происходит улучшение качества вод с 3б до 3а класса. Анализ данных мониторинга в сочетании с гидрологическими характеристиками рек Волга и Кама в районе их слияния показывает, что это улучшение связано с разбавлением вод р. Волга более чистыми водами р. Кама.

Оценка изменения показателей загрязненности вод рек Волга и Кама под влиянием сосредоточенного и диффузного стока, поступающего в водные объекты с территории РТ, показала следующее.

В р. Кама за 2019-2020 гг. отмечено улучшение качества вод в выходном створе (Сорочьи Горы) по сравнению с входным (Красный Бор). В р. Волга (Тетюши) такая тенденция прослеживается с 2016 г., однако основной причиной уменьшения показателя УКИЗВ является приток более чистых по сравнению с волжскими вод р. Кама в зону их смешения, которая охватывает обширную акваторию водохранилища на участке Камское Устье – Рыбная Слобода – Тетюши. С 2016 г. качество вод в Куйбышевском водохранилище (р. Волга) в створе «Тетюши» по сравнению с трансграничным створом (выше г. Зеленодольска), не снижается (рис. 3). Более того, в 2016 и 2018 гг. наблюдалось уменьшение УКИЗВ и улучшение класса качества вод на 1–2 разряда: с очень загрязненной 3б класса и грязной 4а класса до слабо загрязненной 2 класса.

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ГРАНУЛЯТА ОСАДКА ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД

Каримуллин Л. К., научный сотрудник;

Петров А. М., кандидат биологических наук, заведующий лабораторией;

Вершинин А.А., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник;

Князев И.В., научный сотрудник

Институт проблем экологии и недропользования Академии наук

Республики Татарстан

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Исследовано воздействие гранул осадка сточных вод на биологическую активность серой лесной почвы. В работе показано влияние фиторекультивации на каталазную и уреазную активность, а также содержание углерода микробной биомассы в почве.

Ключевые слова: гранулят, серая лесная почва, вика посевная, рожь посевная, ферментативная активность.

ENZYMATIC ACTIVITY OF GRAY FOREST SOIL AFTER THE INTRODUCTION OF GRANULES OF URBAN SEWAGE SLUDGE

Karimullin L. K., researcher associate;

Petrov A. M., candidate of biological sciences, head of the laboratory;

Vershinin A. A., candidate of biological sciences, senior researcher associate;

Knyazev I.V., researcher associate

Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use

of Tatarstan Academy of Sciences

(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The effect of sewage sludge granules on the biological activity of gray forest soil has been studied. The paper shows the effect of phytorecultivation on catalase and urease activity, as well as the carbon content of microbial biomass in the soil.

Keyword: granulate, gray forest soil, sowing vetch, sowing rye, enzymatic activity.

В настоящее время на очистных сооружениях МУП «Водоканал» г. Казани смесь осадка первичных отстойников и избыточного активного ила подвергается обезвоживанию и сушке, в результате образуются плотные, устойчивые к механическому воздействию гранулы размером 3-9 мм. Согласно проведенным анализам, полученный продукт (гранулы) на 60% состоит из органических веществ, в нем содержатся достаточно высокие концентрации основных биогенных элементов [4], что указывает на возможность его использования в качестве органо-минерального удобрения для улучшения структурных и биологиче-

ских свойств деградированных и истощенных почв.

В связи с вышеизложенным представляет интерес изучение влияния внесения гранул осадка сточных вод (ОСВ) на физиологическую активность почв.

Цель – изучить влияние гранулята ОСВ МУП «Водоканал» г. Казани на ферментативную активность серой лесной среднесуглинистой почвы.

В работе была использована серая лесная среднесуглинистая почва Республики Татарстан (таблица), в которую был добавлен гранулят ОСВ МУП «Водоканал» из расчета 10 т/га.

Таблица 1 – Характеристики серой лесной среднесуглинистой почвы

Гумус, %	С _{орг.} , %	P ₂ O ₅ подв.	K ₂ O подв.	рН водный	N _{вал.} , %	P (P ₂ O ₅) _{вал.} , %
		мг/г				
4,4	2,8	103	81	6,25	0,21	0,07

Почва с гранулятом была хорошо перемешана и увлажнена до 25% и разделена на две части, на одну из которых была посеяна смесь бобовых (вика посевная) и злаковых (рожь посевная) растений в соотношении 1:1 (вариант 2). Другая часть была оставлена без растений (вариант 1). Контролем (К) служила серая лесная почва не содержащая гранулят ОСВ. После полуторамесячной инкубации опытных и контрольного образца при температуре 19-25°C, влажности 20-25%, и снятия урожая фитомассы в варианте 2, на все три образца была посеяна смесь из вышеуказанных растений, которые культивировались согласно [3].

После 42 суточного культивирования и снятия урожая зеленой массы был определен уровень каталазной и уреазной активности почвенных образцов [1].

Параллельно в исследуемых образцах определяли содержание углерода микробной биомассы (С_{мик}), которое вычисляли после установления скорости субстрат-индуцированного дыхания (V_{сид}) определенного газохроматографическим способом на хроматографе “Хроматек Кристалл 5000.2”, по уравнению: С_{мик} (мкг/г) = V_{сид} (мклСО₂/г·час)·40.04+0.37 [2].

Проведенный после эксперимента анализ ферментативной активности почвенных образцов показал, что внесение гранулята ОСВ и инкубирование проб в испытанных условиях приводит к повышению физиологической активности почвенных образцов. Их каталазная и уреазная активность была соответственно в 7,3-11,9 и 6,7-7,0 раз выше, чем активность контрольных образцов (рис.1).

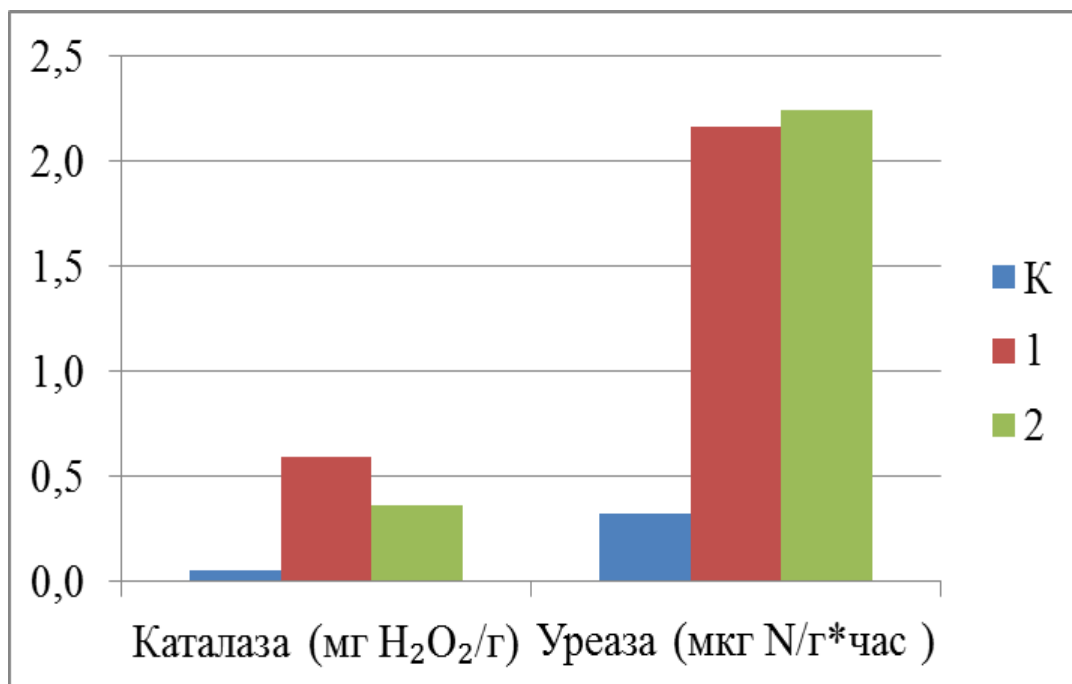


Рисунок 1 – Ферментативная активность почвенных образцов в конце эксперимента

В опытных образцах относительно контроля наблюдалось 1,7 и 1,4 кратное увеличение содержания углерода микробной биомассы (рис. 2).

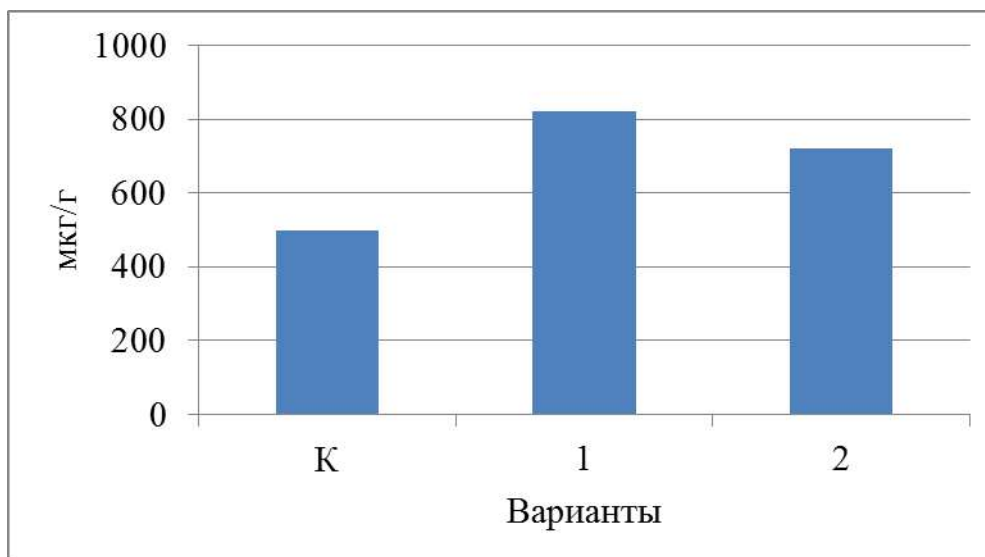


Рисунок 2 – Содержание углерода микробной биомассы в почвенных образцах в конце эксперимента

Следует отметить, что в исследуемых образцах наблюдалась прямая зависимость между Смик почвенных образцов и их физиологической активностью (рис. 3).

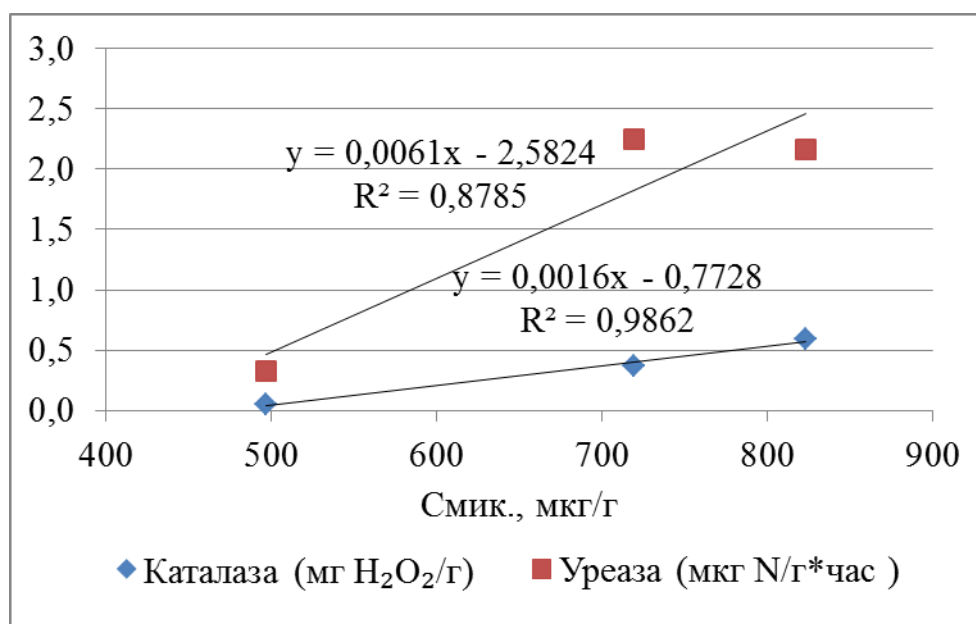


Рисунок 3 – Зависимость между физиологической активностью и содержанием углерода микробной массы в образцах серой лесной почвы.

Выводы

1. Проведенные исследования показали, что внесение гранулята ОСВ МУП «Водоканал» в серую лесную среднесуглинистую почву из расчета 10 т/га приводит к 7,3-11,9-кратному росту каталазной активности, 6,7-7,0-кратному росту уреазной активности.

2. Содержание углерода микробной биомассы в конце эксперимента в образцах с гранулятом ОСВ было в 1,7 (вариант 1) и в 1,4 (вариант 2) раза выше, чем в контроле.

3. Уровень ферментативной активности в исследуемых образцах напрямую коррелирует с содержанием углерода микробной массы.

Литература:

1. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии.- М.: Наука, 2005.-252с.
2. Вершинин А.А., Каримуллин Л.К., Утомбаева А.А., Петров А.М. Микробный углерод серых лесных почв в условиях длительного нефтяного загрязнения // Российский журнал прикладной экологии. - 2022. № 2. - С.47-55.
3. ГОСТ Р ИСО 22030-2009 «Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений»
4. «Исследование и оценка физико-химических, токсикологических и микробиологических характеристик гранулята – термически обработанного илового осадка биологических очистных сооружений канализации и научное обоснование направлений его утилизации» / Отчет Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан. Казань – 2022. 23 с.)

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО
СТРЕССА В ПЛАНКТОННОЙ КУЛЬТУРЕ RHODOCOCCLUS
ERYTHROPOLIS В ПРИСУТСТВИИ УГЛЕВОДОРОДОВ**

Лицевич А.Р., магистр;
Хмелевцова Л.Е., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник;
Чернышенко Е.Р., магистр;
Наумова Е.А., магистр;
Сазыкин И.С., доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник;
Сазыкина М.А., доктор биологических наук, профессор;
ФГБОУ ВО «Южный Федеральный Университет»
(г. Ростов-на-Дону, Россия)

Аннотация: В статье представлены результаты оценки экспрессии генов окислительного стресса в планктонной культуре *Rhodococcus erythropolis* при воздействии различных углеводородов.

Ключевые слова: загрязнение, окислительный стресс, микроорганизмы, SOS-ответ, биоремедиация, поллютанты

**STUDY OF THE EXPRESSION OF OXIDATIVE STRESS GENES
IN THE PLANKTONIC CULTURE OF RHODOCOCCLUS ERYTHROPOLIS
IN THE PRESENCE OF HYDROCARBONS**

Litsevich A.R., Master's Degree student;
Khmelevtsova L.E., PhD in Biology Science, senior researcher;
Chernyshenko E.R., Master's Degree student;
Naumova E.A., Master's Degree student;
Sazykin I.S., Grand PhD in Biology Science, leading researcher,
Sazykina M.A., Grand PhD in Biology Science, Professor
Southern Federal University
(Rostov-on-Don, Russia)

Annotation: The paper presents results of evaluation of oxidative stress gene expression in planktonic culture of *Rhodococcus erythropolis* exposed to different hydrocarbons.

Keyword: pollution, oxidative stress, microorganisms, SOS-response, bioremediation, pollutants.

Активная добыча нефти и газа неизбежно сопровождается формированием загрязнения окружающей среды различными углеводородами. Безусловно, любое загрязнение вызывает серьезную обеспокоенность, и нефтяное загрязнение не становится исключением. Человечество ищет пути экологически без-

опасной и экономически выгодной очистки загрязненных территорий [1]. Помимо известных физико-химических методов очистки, нам известен и более экологичный метод – биоремедиация. Для биоремедиации возможно использование аборигенных штаммов микроорганизмов, обладающих способностью к деструкции углеводов. Известно, что деструкция углеводов – многостадийный процесс внутриклеточного окисления, в ходе которого потребляемые клеткой поллютанты превращаются в воду и углекислый газ [2, 3]. Так как процесс протекает в аэробных условиях при участии ферментов с оксигеназной активностью, предполагается, что это сопровождается генерацией активных форм кислорода, которые могут покидать активный центр ферментов в результате шунтирования ферментативного цикла [4, 5] и провоцирует у нефтеокисляющих бактерий окислительный стресс. Для понимания процессов деградации поллютантов необходимо изучать ответные реакции микроорганизмов, их осуществляющих, в том числе и на молекулярном уровне. Это позволит в дальнейшем наиболее эффективно подобрать штаммы с нужными свойствами для непосредственного внедрения в рутинный процесс очистки.

В связи с вышесказанным целью данной работы было изучить экспрессию генов окислительного стресса при влиянии различных углеводов на клетки *Rhodococcus erythropolis*.

Объектом исследования являлся штамм *R. erythropolis* из коллекции лаборатории экологии и молекулярной биологии микроорганизмов АБиБ ЮФУ.

В ходе работы для культивирования была использована питательная среда Диановой-Ворошиловой [6] с добавлением 0,5% дрожжевого экстракта и 3 различных углеводов: декана, гексадекана, бензола и нафталина.

Для определения экспрессии стрессовых генов использовались методы молекулярной биологии.

Экспрессия гена *soxR*, кодирующего редокс-чувствительный транскрипционный фактор увеличивалась в присутствии всех углеводов, но наибольшую активацию вызывало культивирование с деканом и бензолом (в $20,8 \pm 2,1$ и $5,9 \pm 1,2$ раз). Гексадекан меньше всего повышал экспрессию – в $1,5 \pm 0,2$ раза.

Усиление экспрессии гена железно-марганцевой супероксидсмутазы (*sodA*) наблюдалось в большей степени в присутствии гексадекана – в $19,1 \pm 1,1$ раз. Декан, бензол и нафталин увеличивали экспрессию гена *sodA* – в $5,5 \pm 0,4$, $4,4 \pm 0,2$ и $2,2 \pm 0,5$ раз, соответственно.

При оценке изменения экспрессии гена *recA*, контролирующего SOS-ответ, отмечалось значительное усиление в присутствии декана – в $14,5 \pm 1,0$ раз. В присутствии гексадекана увеличение происходило в меньшей степени – в $8,9 \pm 1,2$ раз. Нафталин и бензол менее всего оказывали влияние на изменение экспрессии гена *recA* – увеличение происходило всего в $6,3 \pm 1,4$ и $3,8 \pm 0,16$ раз, соответственно.

Таким образом, было отмечено, что исследуемые углеводороды вызывают изменения в экспрессии генов окислительного стресса. Было отмечено, что декан сильнее всего индуцировал экспрессию генов *soxR* и *recA*, и меньше индуциро-

вал экспрессию гена железно-марганцевой супероксиддисмутазы. Для гексадекана отмечалось обратное действие в отношении экспрессии гена *soxR*, более слабая индукция гена *recA*, чем у декана, и наибольшая активация гена *sodA*.

Ароматические углеводороды в целом менее сильно влияли на изменение экспрессии исследуемых генов. Нафталин слабее, чем бензол активировал экспрессию генов *soxR* и *sodA*, но сильнее индуцировал экспрессию гена *recA*.

Гены *soxR* и *sodA* относятся к одному регулону – SoxRS регулону, который активируется при накоплении в клетке супероксидного анион-радикала, следовательно его заметная активация в присутствии алифатических углеводородов наталкивает на мысль о том, что при их деградации в клетке образуется гораздо большее количество супероксида, чем в присутствии ароматических углеводородов. То же самое отмечается и для гена *recA*, который принимает активное участие в SOS-ответе. Следовательно, можно заключить, что алифатические углеводороды оказывают большее воздействие на SoxRS регулон и SOS-ответ, чем ароматические углеводороды. Возможно, это связано с различными промежуточными продуктами, которые образуются при деградации углеводородов разных структурных типов. Для понимания полной картины требуются дополнительные исследования.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности № 0852-2020-0029.

Литература:

1. Chen Y. A., Grace Liu P. W., Whang L. M., Wu Y. J., Cheng S. S. Effect of soil organic matter on petroleum hydrocarbon degradation in diesel/fuel oil-contaminated soil// Journal of bioscience and bioengineering. – 2020. – V.129(5). – P.603-612. – doi: 10.1016/j.jbiosc.2019.12.001.

2. Mishra S., Singh S. N. Microbial degradation of n-hexadecane in mineral salt medium as mediated by degradative enzymes//Bioresource technology. – 2012. – V. 111. – P. 148-54. – doi: 10.1016/j.biortech.2012.02.049.

3. Zhang Z., Hou Z., Yang C., Ma C., Tao F., Xu P. Degradation of n-alkanes and polycyclic aromatic hydrocarbons in petroleum by a newly isolated Pseudomonas aeruginosa DQ8//Bioresource technology. – 2011. – V. 102(5). – P. 4111-6. – doi: 10.1016/j.biortech.2010.12.064.

4. Сазыкин И. С., Сазыкина М. А., Чистяков В. А. Разложение нефти микроорганизмами. Экологические аспекты // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2009. – № 6(154). – С. 88-92.

5. Сазыкин И. С., Сазыкина М. А., Чистяков В. А. Ферментативные и неферментативные механизмы деградации углеводородов нефти микроорганизмами // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2009. – № 21. – С. 50-57.

6. Ворошилова А. А., Дианова Е. В. Окисляющие нефть бактерии – показатели интенсивности биологического окисления нефти в природных условиях

УДК 544.65

РАЗРАБОТКА ИМЕДАНСОМЕТРИЧЕСКОГО СЕНСОРА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРОВ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Михайлова Т.С., инженер;

Бут А.А., студент;

Мясоедова Т.Н., кандидат технических наук, доцент

Южный Федеральный Университет
(г. Таганрог, Российская Федерация)

Аннотация: В работе представлен импедансометрический сенсор изопропанола на основе кремний-углеродной пленки, модифицированной марганцем. Сенсор проявил селективную чувствительность к низким концентрациям изопропанола в диапазоне от 5 - 104 ppb.

Ключевые слова: импедансометрический сенсор газа, кремний-углеродная пленка, электрохимическое осаждение

APPLICATION OF CARBONATE SLUDGE FOR PURIFICATION OF INDUSTRIAL WASTE WATER FROM PHENOLS

Mihailova T. S., engineer

But A.A., student;

Myasoedova T.N., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Southern Federal University
(Taganrog, Russian Federation)

Annotation: The article presents an isopropanol impedance sensor based on a silicon-carbon film modified with manganese. The sensor has shown selective sensitivity to low concentrations of isopropanol in the range from 5 – 104 ppb.

Keyword: impedance sensor of gas, silicon-carbon film, electrochemical deposition

Качество воздуха является ключевым фактором для хорошего здоровья граждан страны с окружающей средой свободной от загрязнения вредными газами и пылью. Токсичные газы, обычно присутствующие в окружающей среде, включают NH_3 , CO , метанол, NO , NO_2 , H_2S , SO_2 и т.д. Эти газы регулярно выделяются химической и газовой промышленностью, электростанциями, транспортом, сельским хозяйством, биологическими отходами и вулканической активностью. В дополнение к загрязнению необходимо контролировать качество воздуха и выявлять наличие токсичных или легковоспламеняющихся газов внутри закрытых дверей, включая промышленные помещения, больницы, кух-

ни и т.д. Датчики газов играют важную роль в непрерывном мониторинге окружающей среды, поскольку обнаружение утечки токсичного газа на уровне ppm является первоочередной задачей для спасения людей от воздействия. С другой стороны, некоторые токсичные газы образуются в организме человека в результате различных метаболических процессов и недавно были определены как потенциальные биомаркеры для ранней стадии неинвазивного обнаружения заболеваний. Было замечено, что при определенных патологических условиях, в концентрации ppm, ацетон является биомаркером диабета, аммиак - расстройства почек, сероводород - астмы. В связи с этим мониторинг низких концентраций этих газообразных веществ в реальном времени является также крайне необходимым. Чувствительность и селективность датчика газа определяют его широкое применение, сопровождающееся низкой стоимостью, простой архитектурой и широкой доступностью. Метод спектроскопии электрохимического импеданса играет определяющую роль в разработке датчиков токсичных газов, являясь одним из самых простых методов для детекторов газов.

В данной работе представлены результаты исследования лабораторного образца импедансометрического сенсора паров органических веществ на основе кремний-углеродных пленок. В качестве подложки использовали поликор, на котором была сформирована встречно-штыревая структура контактной металлизации Cr/Cu/Cr площадью 1 см^2 [1, 2]. Далее производили электрохимическое осаждение марганецсодержащей кремний-углеродной пленки из раствора электролита на основе гексаметилдисилазана и метанола [1]. Затем образцы подвергали термическому отжигу при 500°C в течение 2 часов для стабилизации сопротивления.

Газочувствительные свойства образцов сенсоров исследовались по отношению к парам изопропанола в диапазоне концентраций 5-104 ppb при температуре около 25°C . Для исследований был применен метод спектроскопии электрохимического импеданса. Суть метода состоит в построении и анализе кривых Найквиста и Боде в заданном диапазоне частот переменного тока. В данной работе кривые Найквиста и Боде были сняты в диапазоне частот 1 Гц-100 кГц, при постоянном значении потенциала 100 мВ. Коэффициент газовой чувствительности рассчитывался по формуле:

$$S = \frac{|ImZ_0 - ImZ|}{ImZ_0},$$

где ImZ_0 – значение мнимой части импеданса на рабочей частоте до воздействия паров изопропанола; ImZ – значение мнимой части импеданса на рабочей частоте под воздействием паров изопропанола; рабочая частота – частота переменного тока, при которой наблюдается максимальное изменение мнимой части импеданса под внешним воздействием.

Образец, модифицированный атомами марганца, проявил селективную газочувствительность по отношению к парам изопропанола. При воздействии парами наблюдалось увеличение мнимой части импеданса (рисунок 1 а). Предел обнаружения паров изопропанола для образца, легированного атомами марганца, составил 5 ppb, максимальное изменение мнимой части импеданса наблюдалось на частоте 7,5 кГц при концентрации изопропанола в равной 52

ppb (рисунок 1, б), а при концентрации определяемых паров в равной 104 ppb наступало насыщение и происходило снижение коэффициента газовой чувствительности (см. рисунок 2). Время отклика и восстановления сенсора составило 2-3 минуты. Максимальное значение коэффициента газочувствительности к парам изопропанола - $0,48 \pm 0,01$ отн. ед при концентрации паров 52 ppb.

Таким образом, полученные результаты показывают высокую селективность сенсоров на основе кремний-углеродных пленок, модифицированных марганцем, по отношению к парам изопропанола в низких концентрациях на уровне ppb. То есть разработанные сенсоры могут использоваться в качестве детекторов мельчайших концентраций органических веществ.

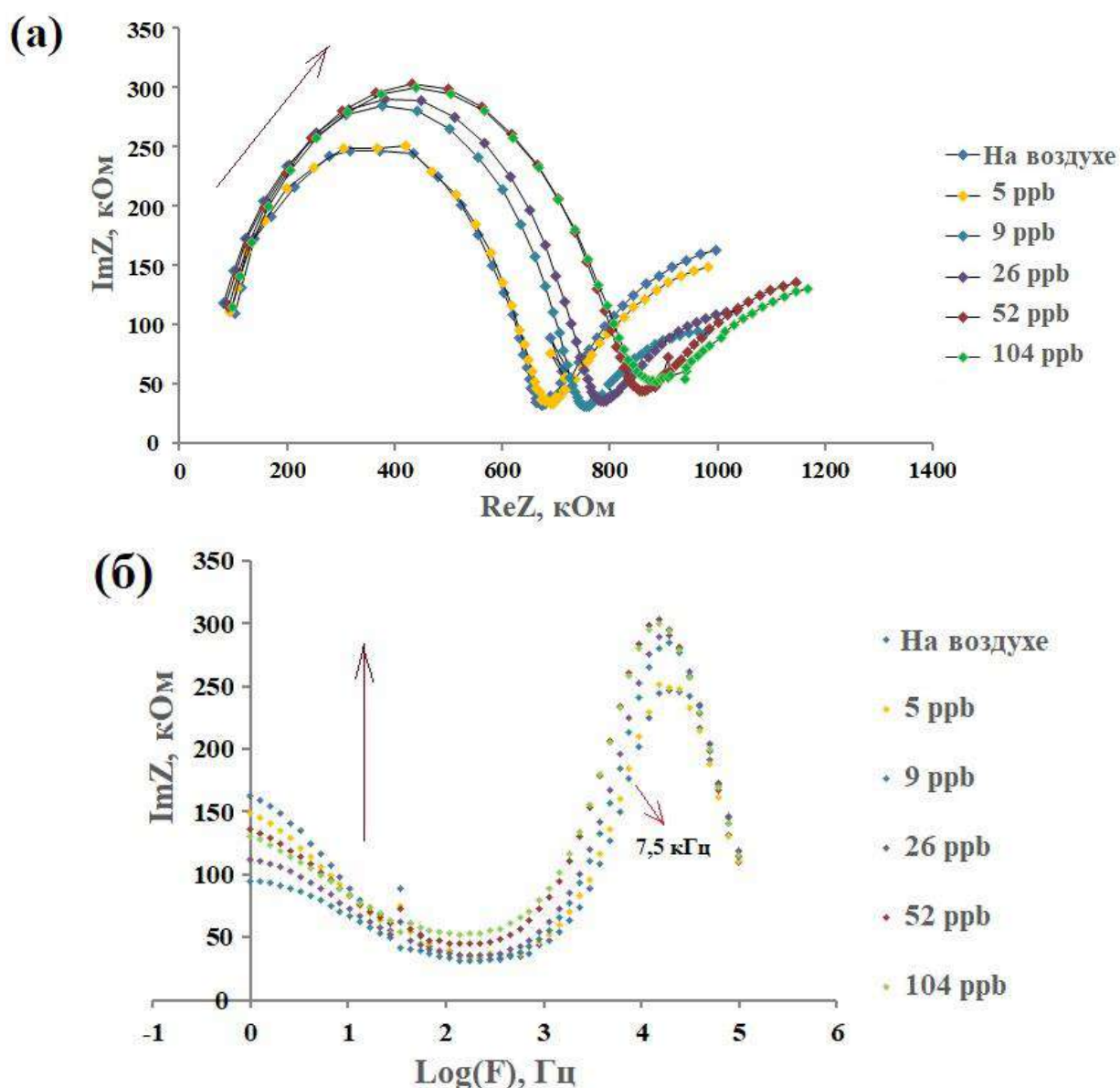


Рисунок 1 – Кривые (а) Найквиста и (б) для сенсора, модифицированного атомами марганца, до и после воздействия паров изопропанола (рабочая температура - $\sim 25^\circ\text{C}$)

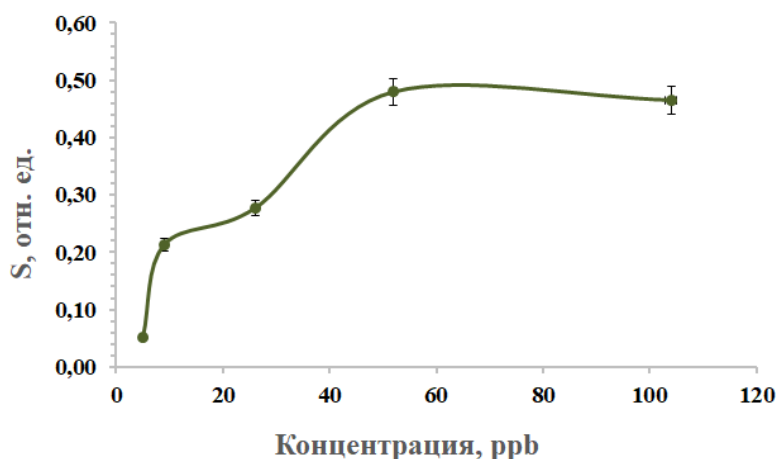


Рисунок 2 – Зависимость величин отклика от концентрации паров изопропанола для сенсоров на основе кремний-углеродных пленок, модифицированных марганцем (рабочая температура - $\sim 25^{\circ}\text{C}$)

Литература:

1. Разработка импедансометрического сенсора на основе кремний - углеродных пленок для обнаружения паров летучих органических веществ / Т.С. Михайлова, Т.Н. Мясоедова, В.В. Пташник, А.А. Бут // Электроника: наука, технология, бизнес. – 2022. – № 5 (00216). – С. 114-121. - DOI: 10.22184/1992-4178.2022.216.5.114.120.

2. Электрохимическое осаждение легированных марганцем кремний-углеродных пленок для импедансометрических датчиков / Михайлова Т.С., Мясоедова Т.Н., Пташник В.В., Бут А.А. // «Инновационные материалы и технологии» ИМТ – 2022. – С. 20-23. - ISBN 978-985-530-724-3.

УДК 504.064

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОКСИДА УГЛЕРОДА В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ МЕТОДОМ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Мокан Ю.И., бакалавр;

Научный руководитель: Галимова А.Р., кандидат химических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н.Туполева - КАИ»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация. Для определения содержания оксида углерода в атмосферном воздухе выбран метод газовой хроматографии, как наиболее часто используемый метода в научных и прикладных исследовательских работах в медицине, химии, биологии, а также в области экологического контроля химических загрязнений атмосферы, водной среды и почвы, благодаря высокой точности, воспро-

изводимости и скорости измерения. Концентрация оксида углерода составила $0,444 \pm 0,10212$ мг/м³, что не превышает нормативных значений среднесуточного содержания в атмосферном воздухе городов.

Ключевые слова: газовая хроматография, оксид углерода, загрязнение атмосферы, контроль загрязнения.

DETERMINATION OF THE CONTENT OF CARBON OXIDE IN THE ATMOSPHERIC AIR BY THE METHOD OF GAS CHROMATOGRAPHY

Mokan Y.I., bachelor

Scientific adviser: Galimova A.R., candidate of chemical sciences,
associate professor

Kazan National Research Technical University A.N. Tupolev-KAI
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: To determine the content of carbon monoxide in the atmospheric air, the gas chromatography method was chosen as the most commonly used method in scientific and applied research in medicine, chemistry, biology, as well as in the field of environmental control of chemical pollution of the atmosphere, aquatic environment and soil, due to its high accuracy, reproducibility and measurement speed. The concentration of carbon monoxide was 0.444 ± 0.10212 mg/m³, which does not exceed the normative values of the average daily content in the atmospheric air of cities.

Keyword: gas chromatography, carbon monoxide, atmospheric pollution, pollution control.

Анализ атмосферного воздуха является одной из важнейших составляющих единой системы экологического мониторинга окружающей среды. Вовремя проведенный отбор проб атмосферного воздуха с последующим замером концентрации загрязняющих веществ позволяет определить степень соответствия качества воздуха существующим нормативам. Загрязнение атмосферного воздуха стало заметной проблемой в последние десятилетия.

Подробное исследование качества воздуха в радиусе выброса нужно для разработки проектов СЗЗ (санитарно-защитной зоны) по предельно-допустимым выбросам ПДВ (НДВ) и экологического мониторинга промышленных предприятий, который проводится ежегодно (в рамках производственного контроля). Анализ состава выбросов помогает определить уровень загрязнения атмосферы из-за производственной деятельности предприятия и разработать мероприятия по охране окружающей среды.

Оксид углерода – это опасный и распространенный из газообразных загрязнителей воздуха, токсичность которого обусловлена реакцией с гемоглобином крови. Образуется при неполном сгорании различного вида топлива. Около 25% оксида антропогенного происхождения. Большое количество оксида углерода поступает в атмосферу городов из выхлопных газов.

Для контроля содержания оксида углерода в атмосферном воздухе выбран наиболее часто используемый хроматографический метод. Хроматографический метод активно используют в научных и прикладных исследовательских работах в медицине, химии, биологии, а также в области экологического контроля химических загрязнений атмосферы, водной среды и почвы [1].

Хроматография смесей газов и жидкостей представляет собой физико-химический процесс разделения смесей. Речь идет о подвижной и неподвижной фазах. В роли подвижной фазы выступает как газ или же жидкость. Она непрерывно проходит через систему и поэтому считается средством транспортировки анализируемых компонентов измеряемой пробы. Неподвижная фаза обычно представляет собой твердое тело с развитой поверхностью или может быть жидкостью, при этом важно, что выраженная емкость имеет возможность проявляться при взаимодействии с анализируемыми компонентами образца. Чем лучше компонент взаимодействует или поглощается неподвижной фазой, тем меньше скорость компонентов в хроматографической среде. То есть, в основе процесса разделения лежит разное сродство компонентов смеси к подвижной и неподвижной фазам (разделение на компоненты). Подвижная и неподвижная фазы считаются основными компонентами хроматографической системы, а также любой анализируемый компонент или их смесь [1].

Основным критерием проведения хроматографического разделения является наличие межфазного взаимодействия между компонентами анализируемой смеси. Подобные межфазные взаимодействия в основном связаны с физико-химическими процессами, а именно с адсорбцией, ионным обменом, сродством компонентов и разделением молекул.

В данной работе было проведено определение содержания оксида углерода (СО) в атмосферном воздухе по улице 40 лет Победы методом газовой хроматографии. Отбор проб проводился в соответствии с РД-52-186-89 для атмосферного воздуха, ПНД Ф 12.1.1-99 "Методические рекомендации по отбору проб при определении концентрации вредных веществ (газов и паров) в выбросах промышленных предприятий". Анализируемый газ отбирался в стеклянные газовые пипетки на 250-500 см³ с зажимами на концах. Анализируемым газом промывалась пипетка со скоростью 0,5-2 дм³/мин в объеме, равном 7-10-кратному объему газовой пипетки, далее перекрыли оба зажима одновременно, выключили aspirатор и отсоединили пипетку от системы. В процессе отбора измерялась температура и давление (разрежение) газовой пробы у пипетки или шприца. Срок хранения проб не более 5 ч [2, 3].

Перед выполнением измерения газовые пипетки с анализируемыми пробами предварительно выдерживались в помещении до комнатной температуры.

В соответствии с методикой ввод пробы в хроматограф осуществляют краном-дозатором не менее 3 раз. Кран-дозатор переводят в положение "отбор", подсоединяют шприц или газовую пипетку и вытесняют пробу (в объеме 20-30 см³) в дозу. Объем вводимой в хроматограф пробы - 2 см³. Вытеснение проб из пипеток осуществляют насыщенным раствором хлористого натрия. Затем отсоединяют шприц или газовую пипетку от крана-дозатора для выравнивания

в нём давления и через 1-2 сек переводят кран-дозатор в положение "анализ". Подсоединение и отсоединение шприца (пипетки) необходимо осуществлять таким образом, чтобы в пробу не попал воздух. Для этого в шприце (пипетке) с помощью поршня (раствора хлористого натрия) следует поддерживать избыточное давление пробы. В процессе анализа измерялось атмосферное давление (P_a , кПа) и температуру дозы (t_a , °C) [4].

Для каждой пробы вычисляется среднее значение площади пика для каждого компонента. При анализе атмосферного воздуха и выбросов коэффициент для приведения значений массовой концентрации к температуре, соответствующей принятым нормальным условиям, равен 1,07; результат измерений приведён к температуре 0°C (273 К) и давлению 101,3 кПа. Пример хроматограммы измерения представлен на рисунке 1.

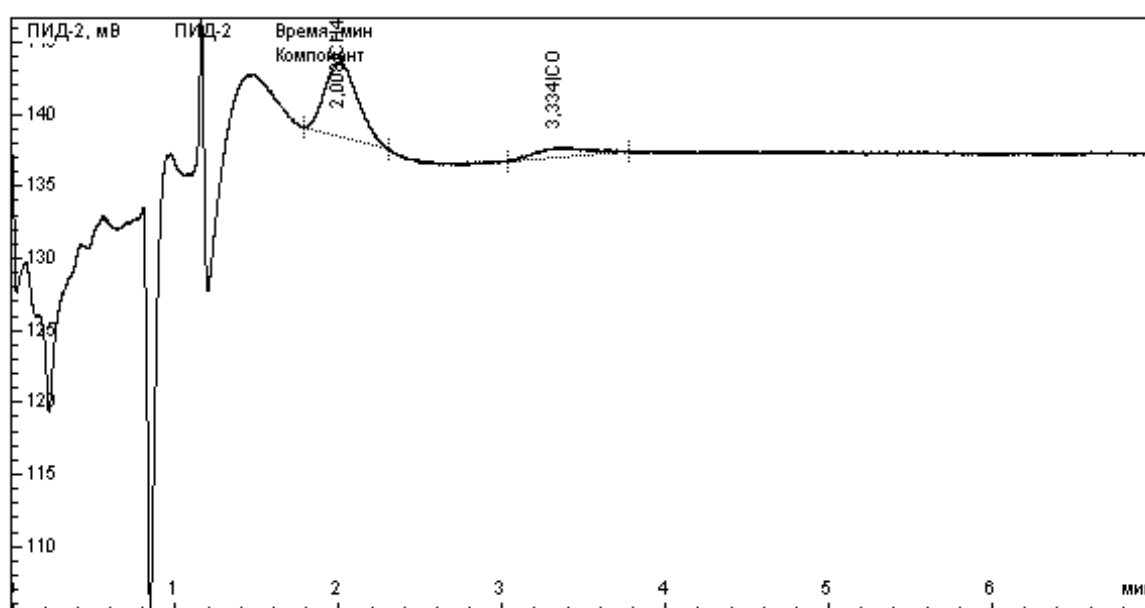


Рисунок 1 – Хроматограмма – проба по ул.40лет Победы

Время удерживания компонента CO – 3,334 мин. Площадь пика – 15,158, высота пика – 0,714. Предельно допустимая концентрация (ПДК)_{ср.сут.} содержания оксида углерода (CO) среднесуточная – 3 мг/м³ [5]. Концентрация CO составляет $0,444 \pm 0,10212$ мг/м³, что не превышает ПДК.

Литература:

1. Тыжигирова В. В. Газовая хроматография. Краткая характеристика метода и его применение в фармацевтическом анализе / В. В. Тыжигирова //Иркутский государственный медицинский университет. – 2016 – С. 32.
2. РД-52-186-89 Руководство по контролю загрязнения атмосферы/
3. ПНД Ф 12.1.1-99 "Методические рекомендации по отбору проб при определении концентрации вредных веществ (газов и паров) в выбросах промышленных предприятий".
4. ПНД Ф 13.1:2:3.27-99 "Методика выполнения измерений массовых концентраций оксида углерода и метана в атмосферном воздухе, воздухе рабо-

чей зоны и промышленных выбросах методом реакционной газовой хроматографии”.

5. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".

УДК 543.27

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ БИОГАЗА: СПОСОБЫ ОЦЕНКИ ЭМИССИИ КОМПОНЕНТОВ И ХЕМОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Морскова Я.Р., аспирант;
Исмаилова Р.Н., кандидат химических наук;
Гармонов С.Ю., доктор химических наук, профессор
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Рассмотрены хемометрические подходы для оценки и контроля эмиссии биогаза в ходе экологических исследований с определением оптимальных условий отбора проб биогаза, типа и пористости сорбента, аэродинамических показателей скважин, условий окружающей среды. Применено метрологическое обеспечение и методы газовой хроматографии для определения содержания компонентов в газовой фазе. Данные исследования могут быть положены в основу разработки унифицированных подходов по мониторингу биогаза в ходе экологических исследований.

Ключевые слова: Отбор проб, биогаз, газовая хроматография, метрология, хемометрические методы, геологические и экологические изыскания, полигоны, рекультивация, расширенная неопределенность измерений.

ENVIRONMENTAL MONITORING OF BIOGAS: METHODS FOR ESTIMATING COMPONENT EMISSIONS AND CHEMOMETRIC ANALYSIS

Morskova Ya. R., PhD student;
Ismailova R. N., PhD in Chemistry;
Garmonov S. Yu., Doctor of Science in Chemistry, Professor
Kazan National Research University
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: Chemometric approaches for the assessment and control of biogas emissions in the course of environmental studies with the determination of optimal conditions for sampling biogas, the type and porosity of the sorbent, aerodynamic parameters of wells, environmental conditions are considered. Metrological support and

gas chromatography methods have been applied to determine the content of components in the gas phase. These studies can be used as a basis for the development of unified approaches for monitoring biogas during environmental studies.

Keyword: Sampling, biogas, gas chromatography, metrology, chemometric methods, geological and environmental surveys, landfills, reclamation, extended measurement uncertainty.

В настоящее время различные нормативные документы Российской Федерации имеют размытость и нечеткость определений и понятий в области экологических исследованиях эмиссии биогаза. При этом существует неоднозначность предъявляемых требований к отбору проб биогаза, что, в свою очередь, сильно усложняет исполнение и приводит к определенным трудностям в работе организаций и государственных структур [1-3]. В случаях, когда объект исследования входит в сферу государственного регулирования обеспечения единства измерений, возникает наиболее сложная ситуация с исполнением требований по отбору проб биогаза.

При проведении исследований по определению концентраций газа в почвах и мониторинга свалочного газа на полигонах, при экологических изысканиях эксперты сталкиваются с проблемой отсутствия единого руководства по отбору проб. Разного рода методические рекомендации, которые применяются специалистами при выполнении работ, подразумевают различия в способах и этапах проведения отбора проб, что приводит к получению искаженных результатов. Также в нормативной базе не рассматривается обработка и интерпретация полученных результатов [1]. Поскольку отсутствует единое руководство по отбору проб биогаза, в котором бы четко излагались требования о глубине отбора, о необходимом количестве пробуренных скважин, предлагается задействовать инженерно-геологические изыскания, которые позволят глубже рассмотреть зависимость биогаза от типа грунта, глубины залегания и его распространение по площади.

Нами предлагается анализировать данные сорбционно-газохроматографическим методом способом с помощью хемометрических способов обработки данных. Хемометрические методы основываются на геометрическом представлении данных, с помощью которых будет возможно проанализировать взаимосвязь между различными факторами при данных экологических исследованиях биогаза.

Выход биогаза может составлять от нескольких кубометров до нескольких тысяч кубометров в секунду [4]. Выбор способа отбора проб определяется множеством факторов.

Оптимизация определений анализируемого вещества была основана на подборе фильтров и сорбентов и уменьшению погрешности определения, связанных с пробоотбором. На основании различных методик были выбраны следующие типы сорбентов: древесный уголь; кокосовый уголь; диатомиты разных фракций. Была рассчитана расширенная неопределенность измерений, для кокосового угля она составила 10,36 %, для диатомитовой крошки – 9,49%, что

является вполне приемлемой. Расчет производился согласно РМГ 76-2014, приложение Л [3].

Отбор проб биогаза – метана проводился на полигоне ТБО «Преображенка» Самарской области. Исследования проводились скважинным методом с послойным отбором проб биогаза на разных горизонтах в нескольких точках отбора проб. Срок хранения проб составлял не более 5 ч. В стационарной лаборатории при большом объеме проб исследование затруднительно. Была поставлена задача увеличения времени хранения пробы. Внутреннее пространство газовой пипетки заполнялось сорбентом, который адсорбировал пробу, тем самым увеличивая время ее хранения.

Проанализировав отобранные пробы биогаза с помощью хроматографического анализа пришли к заключению, что содержание метана по истечении 3-х дней уменьшилось в среднем на 12% от первоначального, а в пипетке без сорбента – на 50%. Содержание метана в газовой пипетке с мелкой фракцией диатомита уменьшилось на 10,5%, а в газовой пипетке с кокосовым углем примерно на 14 %.

Методы хемометрики позволили установить взаимосвязь выхода метана на поверхность от различных факторов. Исходя из анализа полученных данных видно, что содержание метана связано с типом сорбента, диаметром пор, влажностью и температурой окружающей среды, а также прослеживается небольшая зависимость метана от площади сечения и температуры газопылевых потоков.

Создание унифицированных методов отбора проб биогаза с помощью сорбционных трубок с сорбентами и дальнейшим хемометрическим анализом данных показало положительные результаты – увеличилось время удержания метана в газовых пипетках с сорбентом, расчет расширенной неопределенности представленных сорбентов не превысил табличное значение, выявлена взаимосвязь эмиссии метана от различных факторов посредством использования хемометрических методов.

Данные результаты могут быть положены в основу создания унифицированной методики измерений.

Литература:

1. Инженерно-экологические изыскания для строительства: СП 11-102-97: утв. Деп-том развития научно-технической политики и проектно-изыскательских работ Госстроя России 25.02.1997: введ. в действие с 15.08.1997. – М.: ПНИИИС, 1997. – 75 с.

2. Российская Федерация. №102-ФЗ (2008). Федеральный закон Об обеспечении единства измерений. – М: Государственная дума, 2008. – 11 с.

3. РМГ 76-2014. Внутренний контроль качества результатов количественного химического анализа. – ФГУП «УНИИМ», 2016. – 114 с.

4. Чусов А. Н. Оценка зонального распределения метана на полигонах ТБО северных регионов для его использования местной энергетикой / В. И. Масликов, Д. В. Молодцов, В. В. Жажков, О. А. Рябухин – СПб.: Инженерно-строительный журнал №6, 2015. – 12 с.

ДИНАМИКА УРОВНЕЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА Г. КАЗАНЬ ПО ДАННЫМ АВТОМАТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ МОНИТОРИНГА

Мусина А.А., младший научный сотрудник;
Шагидуллин А.Р., канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник;
Габдрахимова В.А., младший научный сотрудник
Институт проблем экологии и недропользования Академии наук
Республики Татарстан
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: В статье приводятся результаты оценки динамики уровней загрязнения по результатам наблюдений автоматических станций контроля загрязнения Министерства экологии и природных ресурсов РТ в г. Казань.

Ключевые слова: качество воздуха; выбросы промышленности; автоматические станции контроля; мониторинг атмосферного воздуха.

DYNAMICS OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTION LEVELS IN KAZAN ACCORDING TO THE DATA OF AUTOMATIC MONITORING STATIONS

Musina A.A, junior research associate;
Shagidullin A.R, cand. Phys.-math. sciences, senior research associate
Gabdrakhimova V.A, junior research associate
Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use
of Tatarstan Academy of Sciences
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The article presents the results of an assessment of the dynamics of pollution levels based on the results of observations of automatic pollution control stations of the Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Tatarstan in Kazan.

Keyword: air quality; industrial emissions; automatic control stations; atmospheric air monitoring

Атмосферный воздух населенных пунктов содержит частички пыли различного размера и широкий перечень газообразных веществ. Повышенные концентрации загрязнителей в атмосферном воздухе оказывают негативное влияние на экосистемы и здоровье людей. Конкретный состав выбросов зависит от профиля размещенных на данной территории предприятий [1-3]. Однако, повсеместно распространены указанные выше газовые примеси: оксиды азота (NO, NO₂), диоксид серы (SO₂), оксид углерода (CO) [4]. Эти вещества выбрасываются в процессах сжигания топлива и потому присутствуют в выбросах автотранспорта и практически любого без исключения предприятия.

Автоматические станции мониторинга атмосферного воздуха функцио-

нируют непрерывно и позволяют обеспечить регулярное получение оперативной информации о концентрации загрязняющих веществ в отличие от применения ручного пробоотбора. Техническое обеспечение автоматических станций мониторинга состоит из павильонов станций, измерительного комплекса (анализаторы, системы отбора проб воздуха, метеорологические датчики), системы обработки и передачи данных (модемы, компьютеры), систем жизнеобеспечения станций (электропитание, отопление и кондиционирование воздуха, охранная сигнализация, освещение). В городе Казани находится 4 АСКЗА:

АСКЗА-1 – с. Осиново, территория ООО «Тепличный комбинат «Майский»

АСКЗА-2 – Приволжский район г. Казани – ул. Павлюхина, 75

АСКЗА-3 – Авиастроительный район г. Казани – ул. Максимова 76 (перенесена из Деревни Универсиады)

АСКЗА-4 – Ново-Савиновский г. Казани – ул. Четаева, 26, МОП

В данном исследовании были взяты данные максимально разовых концентраций содержания загрязняющих веществ с 2016 по 2021 гг. на АСКЗА 1-4.

В процессе обработки данных определялись среднегодовые и максимальные разовые концентрации. Результаты определения представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты мониторинга АСКЗА г. Казань в 2016-2021 гг.

(с.г. – среднегодовые, м.р. – максимальные разовые концентрации)

Год	NO		NO ₂		SO ₂		CO	
	с.г.	м.р.	с.г.	м.р.	с.г.	м.р.	с.г.	м.р.
ПДК	0,06	0,4	0,04	0,2	0,05	0,5	3	5
АСКЗА-1								
2016	0,006	1,74	0,024	0,49	0,002	0,13	0,752	60,00
2017	0,004	0,25	0,012	0,22	0,001	0,01	0,313	2,20
2018	0,009	0,48	0,030	0,27	0,001	0,01	0,351	10,40
2019	0,009	0,21	0,012	0,13	0,001	0,00	0,351	12,00
2020	0,007	0,22	0,008	0,07	0,001	0,01	0,694	15,70
2021	0,009	0,00	0,015	0,18	0,001	0,02	0,467	30,30
АСКЗА-2								
2016	0,006	0,89	0,025	0,60	0,001	0,03	0,324	31,30
2017	0,006	0,69	0,020	0,30	0,005	0,04	0,347	43,30
2018	0,018	4,22	0,039	0,59	0,005	0,03	0,383	35,00
2019	0,010	1,92	0,025	0,23	0,004	0,05	0,391	44,40
2020	0,010	0,98	0,029	0,50	0,011	0,19	0,260	48,30
2021	0,018	2,10	0,050	0,71	0,007	0,62	0,390	52,00
АСКЗА-3								
2016	0,030	0,33	0,059	0,28	0,010	0,04	1,217	91,50
2017	0,126	1,01	0,036	0,20	0,026	0,05	0,619	6,00
2018	0,050	1,21	0,114	0,58	0,007	0,04	0,353	55,30
2019	0,039	0,77	0,052	0,34	0,004	0,17	0,766	81,10
2020	0,022	0,86	0,034	0,25	0,005	0,03	0,556	22,90
2021	0,027	0,44	0,042	0,27	0,008	0,03	0,655	16,30
АСКЗА-4								
2016	0,018	0,24	0,039	0,20	0,055	0,08	0,878	49,10
2017	0,008	0,27	0,041	0,51	0,013	0,07	0,246	2,30

2018	0,017	0,65	0,083	0,47	0,007	0,03	0,326	3,40
2019	0,003	0,22	0,026	0,15	0,006	0,02	0,446	4,40
2020	0,024	0,73	0,032	0,36	0,013	0,06	0,243	4,50
2021	0,021	0,55	0,069	0,20	0,001	0,01	0,218	3,70

Как можно видеть в табл.1 на станциях наиболее часто фиксируется превышение предельно допустимых максимальных разовых концентраций оксидов азота и оксидов углерода.

Максимальная кратность превышений для оксида азота (или стандартный индекс – СИ [5]) был зафиксирован в 2018 г. на АСКЗА-2 и составил 10.5, для диоксида азота – в 2021 г. на АСКЗА-2 и составил 3.6. Для диоксида серы за рассматриваемый период зафиксировано одно превышение максимально разовых концентраций в 2021 году на АСКЗА-2, СИ в это период равен 1.2. Для оксида углерода максимальный СИ получен по результатам измерений в 2016 г. на АСКЗА-3 и равен 18.3.

За исследуемый период среднегодовые концентрации превышали установленные ПДКс.г. (для диоксида серы в связи с отсутствием ПДКс.г. использовалась ПДКс.с.) для оксида азота на АСКЗА-3 в 2017 году, для диоксида азота на АСКЗА-2,3,4 в 2016-2019, 2021 гг., для диоксида серы на АСКЗА-2 в 2021 году. Для оксида углерода за рассматриваемый период превышений предельно допустимых среднегодовых концентраций зафиксировано не было.

В соответствии с принятыми подходами для диагностики уровня загрязнения атмосферного воздуха используются статистические величины: стандартный индекс (СИ), наибольшая повторяемость превышений (НП), индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) или рассчитанный по нескольким примесям комплексный ИЗА (КИЗА) [5]. Результаты расчета указанных параметров приведены в табл. 2.

Таблица 4.2. Результаты расчета СИ, НП и ИЗА для г. Казань за период 2016-2021 гг.

Вещество	Параметр	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
NO	ИЗА	0,25	0,60	0,39	0,25	0,26	0,31
	СИ	4,3	2,5	10,5	4,8	2,5	5,2
	НП	0,1	1,3	1,0	0,1	0,4	0,1
NO ₂	ИЗА	0,92	0,68	1,66	0,72	0,64	1,1
	СИ	3,0	2,5	2,9	1,7	2,5	3,56
	НП	1,2	0,1	8,9	1,0	1,4	0,5
SO ₂	ИЗА	0,34	0,22	0,10	0,07	0,15	0,1
	СИ	0,3	0,1	0,1	0,3	0,4	1,2
	НП	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
CO	ИЗА	0,32	0,17	0,16	0,21	0,19	0,19
	СИ	18,3	8,7	11,1	16,2	9,7	10,4
	НП	2,1	0,2	1,2	2,1	2,7	2,2
Итого по 4 веществам	КИЗА4	1,829	1,674	2,308	1,253	1,249	1,692
	СИ	18,3	8,7	11,1	16,2	9,7	10,4
	НП	2,1	1,3	8,9	2,1	2,7	2,2

Наибольшая повторяемость (НП) превышений ПДКм.р. для оксида азота максимальная в 2017 году (значение на АСКЗА-3 – 1.3), для диоксида азота в 2018 году (значение на АСКЗА-3 – 8.9), для диоксида азота стабильна на всем исследуемом промежутке (значение – 0-0.1), для оксида углерода – в 2020 году (значение на АСКЗА-1 – 2.7). В соответствии с этим можно предположить, что наиболее часто превышения оксида и диоксида азота фиксируются на АСКЗА-3, которая расположена в Авиастроительном районе г. Казани.

Максимальные значения индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) для оксида азота наблюдалось в 2017 году (значение – 0.6), диоксида азота – в 2018 году. (значение – 1.7), диоксида серы – в 2016 году (значения – 0.3) и оксида углерода – в 2016 году (значения – 0.3). Максимальное значение КИЗА4 (сумма ИЗА для четырех примесей) получено в 2018 г.

Идентификация степеней загрязнения атмосферы как пониженная, повышенная, высокая или очень высокая по данным табл. 2 в соответствии с градацией параметров СИ, НП, ИЗА, приведенной в РД 52.04.667-2005, не представляется возможной, т.к. перечень анализируемых веществ ограничен лишь четырьмя основными газовыми примесями. Однако, если учесть, что СИ и НП попадают в различные градации, то динамику уровней загрязнения следует оценивать по параметру КИЗА4.

Таким образом, уровни загрязнения в период 2016-2021 г. следует расположить по степени убывания следующим образом:

2018 г. < 2016 г. < 2021г. < 2017 г. < 2019 г. < 2020 г.

Литература:

1. Тунакова Ю.А., Новикова С.В., Шагидуллин А.Р., Валиев В.С., Морайш А. Методология оценки уровня территориального экологического риска для планового управления экологической безопасностью городской среды// Экология и промышленность России. 2019. Т. 23. № 10. С. 44-49.

2. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Новикова С.В., Шмакова Ю.А. определение времени формирования высокого уровня загрязнения атмосферного воздуха в зонах действия полимерных производств (на примере .Нижекамска). Сообщение 2 //Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 16. С. 115-118.

3. Тунакова Ю.А., Новикова С.В., Шагидуллина Р.А. Разработка управляющих воздействий для систем принятия решений на основании уровня экологического вероятностного риска// Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2012. № 4-1. С. 271-277.3.

4. РД 52.04.186-89 Руководство по контролю загрязнения атмосферы.

5. РД 52.04.667-2005 Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, общественности и населения. Общие требования к разработке, построению, изложению и содержанию.

ОЧИСТКА ФИЛЬТРАТА С ТЕРРИТОРИИ ПОЛИГОНА ТВЁРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ ГОРОДА ДУШАНБЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОАГУЛЯНТА $Al_2(SO_4)_3$ и $Ca(OH)_2$

Орифо́ва Л.А., ассистент кафедры «БЖД и Э»;
Бобоев Х.Б., Ст. преподаватель кафедры «БЖД и Э»;
Расулов О.У., доктор PhD, Зав. кафедры «БЖД и Э»
ТТУ имени академика М.С. Осими
(г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация: В статье приведены экспериментальные исследования влияния химических реагентов ($Al_2(SO_4)_3$ и $Ca(OH)_2$) на степень очистки фильтрационных сточных вод (далее - фильтрат) образующихся на полигоне ТБО г. Душанбе. Пробы фильтрата, отобранных из тела полигона, показывают, что фильтрат представляют собой жидкость желто-зелёно-коричневого цвета со специфическим запахом. Выбранные реагенты, используются для снижения мутности и цветности фильтрата, а также для очистки сточных вод от органических и не органических химических соединений в концентрациях, превышающих в десятки и сотни раз их установленные предельно-допустимые значения (ПДК).

Ключевые слова: полигон твёрдых бытовых отходов (ТБО), фильтрат, коагулянт, сульфат алюминия, известковое молоко, осветление, оптическая плотность.

CLEANING OF LEACHATE FROM THE TERRITORY OF THE LANDFILL OF SOLID DOMESTIC WASTE OF DUSHANBE CITY WITH APPLICATION OF COAGULANT $Al_2(SO_4)_3$ AND $Ca(OH)_2$

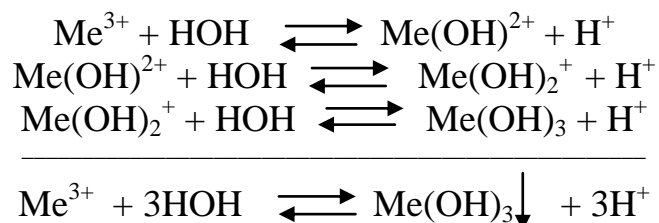
Orifova L.A., assistant ;
Boboev Kh.B., the Senior teacher ;
O.U. Rasulov, PhD, Head of Chair;
TTU named after Academician M.S. Osimi
(Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Annotation: In the article the experimental researches of influence of chemical reagents ($Al_2(SO_4)_3$ and $Ca(OH)_2$) on a degree of purification of filtrate wastewater (further - filtrate) formed on municipal solid waste landfill of Dushanbe city are presented. The samples of leachate taken from the body of the landfill show that the leachate is a liquid of yellow-green-brown color with a specific smell. The selected reagents are used to reduce turbidity and color of the leachate, as well as for sewage treatment from organic and non-organic chemical compounds in concentrations exceeding dozens and hundreds of times their established maximum permissible values (MPC).

Keyword: municipal solid waste landfill (MSW), leachate, coagulant, aluminum sulfate, milk of lime, clarification, optical density.

Коагуляция - это слипание частиц коллоидной системы при их столкновениях в процессе теплового движения, перемешивания или направленного перемещения во внешнем силовом поле. В результате коагуляции образуются агрегаты - более крупные (вторичные) частицы, состоящие из скопления более мелких (первичных) частиц, которые далее удаляются из сточных вод механическими методами [2, 7].

Процесс гидролиза коагулянтов и образования хлопьев происходит по следующим стадиям:



Сточные воды или фильтрат представляет собой устойчивую агрессивную систему и для разрушения её, потребуется добавление различных коагулянтов таких как, соли сульфата алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ или хлорида железа FeCl_3 . Применение коагулянтов даёт хорошие результаты по выведению из стоков взвешенных и коллоидных частиц и позволяет избавляться от неприятного запаха, вкуса и мутности очищенной воды. Сульфат алюминия хорошо растворим в воде и эффективен в интервале значений $\text{pH} = 5.0 - 7.5$. Фильтрат образующегося на территории полигонов ТБО представляет собой многокомпонентную систему, в состав которой входят органические и неорганические вещества, находящиеся в растворенном виде, взвешенные вещества, коллоидные растворы, газы, а также микроорганизмы [3, 5-7].

Полигон ТБО г. Душанбе эксплуатируется уже более 30 лет и является специальным сооружением города, предназначенным для депонирования отходов [1]. Поэтому, обеспечение надёжности полигонов ТБО по вопросам обезвреживания фильтрата является актуальной проблемой.

Целью исследования является - определение оптимальной дозы коагулянта и известкового молока при обработке фильтрата на примере полигона ТБО г. Душанбе.

Территория полигона ТБО г. Душанбе составляет больше 20 гектаров, где с каждым годом образуется свыше 900 тыс. м³ ТБО. [1]. Рельеф местности – пересеченный с уклоном на северо-восток. Господствующие ветры – северо-западные, северо-восточные. Полигон ТБО расположен на пастбище. Нет подробных сведений о гидрогеологических условиях площадки размещения отходов. На полигоне ТБО отсутствуют гидроизолирующий экран и фильтрат скапливается в естественных понижениях рельефа местности, образуя водоемы - отстойники с характерным неприятным запахом.

При эксплуатации полигона ТБО образуется жидкая фаза в виде фильтрационных растворов. Причинами формирования фильтрата служат атмосферные осадки, влаги выделяемая отходами и биохимическими процессами анаэробного разложения отходов с выделением сточных вод. Вся сточная вода под действием гравитации проходит сквозь слой отходов и насыщается токсичными

органическими и неорганическими компонентами.

Для ориентировочного определения количества образовавшегося фильтрата с территории полигона ТБО г. Душанбе была использована формула, разработанная В.В. Разнощиком, Н.Ф. Абрамовым, что составляет $\approx 44,0$ тыс. м³/год. [5, 6].

Экспериментальные исследования

Для оценки эффективности применения химических реагентов для очистки фильтрационных вод полигона ТБО г. Душанбе была применена методика пробного коагулирования с применением сульфата алюминия $Al_2(SO_4)_3$ с добавлением известкового молока $Ca(OH)_2$.

Материальное обеспечение работы: отбор проба фильтрата с тела полигона ТБО в объеме 3 л., 2.0%-ный раствор коагулянта сульфат алюминия $Al_2(SO_4)_3$; 1.0%-ный раствор известкового молока $Ca(OH)_2$, мерные колбы, пипетки, индикатор – лакмусовая бумага, электронные аналитические весы, спектрофотометр В -1100 и магнитная мешалка TAGLER модель MM 135. В качестве отстойника была использована стеклянная колба вместимостью до 500 мл фильтрата.

С целью исследования очистка фильтрационных вод с тела полигона ТБО г. Душанбе была отобрана проб объемом 3-5 литра из надземных скоплений (накопительном пруде) в соответствии с методическими указаниями [3, 4, 6]. Анализ проб фильтрата, отобранных из тела полигона, проводили через 2 часа после отбора пробы.

Анализ показал, что фильтрат представляет собой жидкость желто-коричневого и зелено-коричневого цвета со специфическим запахом. Цветность фильтрата обусловлена содержанием в них гуминовых веществ, ионы тяжелых металлов и продуктов распада органических веществ. Исследования отобранных образцов фильтрата проводили в лаборатории кафедры «Безопасности жизнедеятельности и экология» ТТУ им. академика М.С.Осими.

В мерные стаканы (5 штук) объемом 250 мл наливалась исходного фильтрата. В каждый стаканы дозировался 2%-й раствор коагулянта $Al_2(SO_4)_3$, от 5 до 50 мг/л при быстром перемешивании со скоростью 300 об/мин на магнитной мешалке. Аналогично было проведено исследование при 1.0% - раствор $Ca(OH)_2$.

В ходе эксперимента измеряли рН с помощью лакмусовой бумаги, затем пробы оставили для осветления в течение 30 минут. Исследования показали, что фильтрационные воды имеют сильноокислую реакцию среды, величина рН составляет 5.0-7.0.

Для определения осветления и мутности фильтрата каждые 30 минут отбирались пробы с верхнего слоя 5-7 мм воды, не взмучивая осадок, в которых измерялась оптическая плотность исследуемого фильтрата на приборе спектрофотометр марки В -1100 при длине волны $\lambda = 500$ нм в кювете на 3 мм и полученные результаты были занесены в таблицу 1. В качестве раствора сравнения использовали дистиллированную воду.

Таблица 1 – Зависимость оптическая плотность фильтрата от дозы коагулянта $Al_2(SO_4)_3$ и $Ca(OH)_2$

№ проба	Доза $Al_2(SO_4)_3$, мг/л	Оптическая плотность	№ проба	Доза $Ca(OH)_2$, мг/л	Оптическая плотность
1.	-	0.164	1.	-	0.161
2.	5	0.136	2.	5	0.152
3.	10	0.074	3.	10	0.107
4.	20	0.042	4.	20	0.089
5.	30	0.032	5.	30	0.083
6.	50	0.028	6.	50	0.068

По результатам исследования построили кривую зависимости оптической плотности исследуемого фильтрата от дозы коагулянта $Al_2(SO_4)_3$ и по точке перелома определили оптимальную дозу коагулянта для исследуемого фильтрата. Хорошим результатом по снижению цветности (устойчивое осветление) и содержания взвешенных веществ в фильтрате получили через 30 минут после отстаивания при добавлении 20-30 мг/л раствора коагулянта $Al_2(SO_4)_3$, что эквивалентно 1,5 часам осветления в промышленных отстойниках (рис. 2).

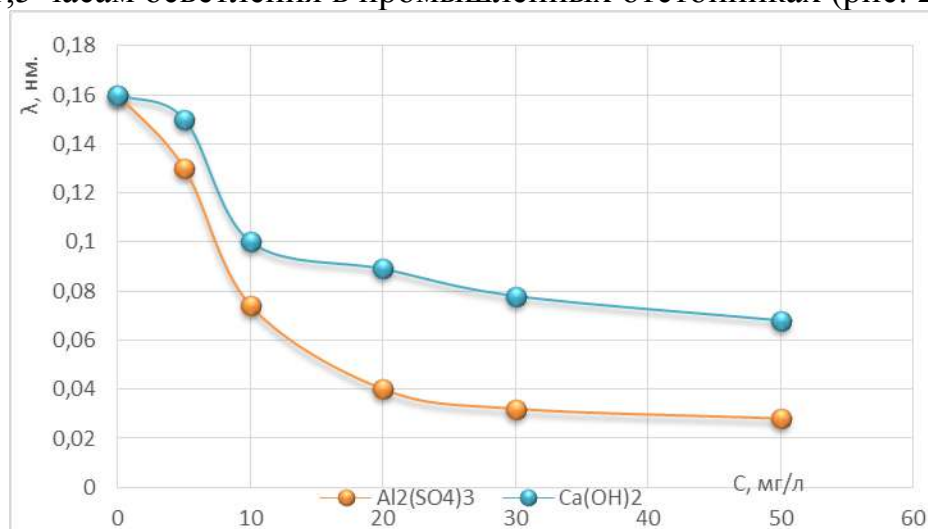


Рисунок 2 – Зависимость оптической плотности фильтрата от дозы коагулянта $Al_2(SO_4)_3$ и $Ca(OH)_2$

Оптическая плотность исследуемого фильтрата от дозы известкового молока $Ca(OH)_2$ также способствовало осветлению воды, но появилась остаточная цветность – желтого цвета. Это свидетельствуют тем что, увеличивается концентрация ионов кальция в фильтрате и карбонат - ионы переходят в нерастворимый осадок и в результате качество очистки по цветности ухудшается.

Нужно отметить, что коагулянт считается более эффективным, если для достижения нормативов по всем показателям, требовалась меньшая доза коагулянта и известкового молока, которая обеспечивалась более высокая степень очистки [5, 7].

На втором этапе было проведено исследование возможности совместного использования коагулянта $Al_2(SO_4)_3$ и известкового молока $Ca(OH)_2$ для очистки фильтрата ТБО. Исследование проводили в следующем порядке:

- в пробу дозировали 2%-ный раствор коагулянта сульфат алюминия $Al_2(SO_4)_3$ (5.0-50 мг/л) и в течение 5 минут перемешивали раствор с помощью магнитная мешалка при 300 об/мин;

- через 5 минут скорость вращения снижали до минимума и дозировали раствор $Ca(OH)_2$ (в дозировке 1.0 мг/л) и медленно продолжали перемешивать в течение 3 минут;

- отстаивание очищенного фильтрата с добавлением реагентов проводилось в течение 30 минут и отбор фильтрационной воды для анализа (определения оптической плотности) осуществлялся из середины объема проб.

Степень очистки фильтрата оценивали по степени осветления воды путем измерения оптической плотности на спектрофотометре при длине волны 500 нм. в кюветах рабочей длиной 3 мм. По результатам исследования построили кривую зависимости оптической плотности исследуемого фильтрата от дозы коагулянта $Al_2(SO_4)_3$ с подщелачиванием $Ca(OH)_2$. (рис. 3). По точке перелома определили оптимальную дозу коагулянта для очистки фильтрата с тела полигона ТБО г. Душанбе.

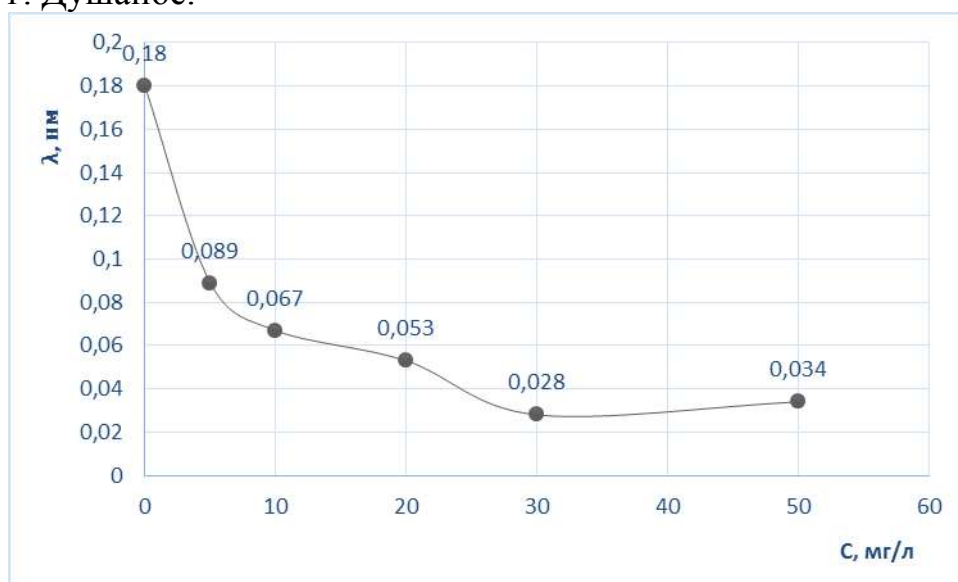


Рисунок 3 – Зависимости оптической плотности исследуемого фильтрата от дозы коагулянта $Al_2(SO_4)_3$ с подщелачиванием $Ca(OH)_2$

Анализ показывает, что эффективность очистки фильтрата с использованием коагулянта сульфат алюминия $Al_2(SO_4)_3$ требует подщелачивания. При небольшой дозе подщелачивающего реагента $Ca(OH)_2$ (1.0 мг/л) эффективность осветления фильтрата и глубина очистки увеличилась. При дозах коагулянта более 30 мг/л эффективности очистки фильтрата по определению цветности раствора, ухудшается. Это означает что, при высоких значениях щелочности воды ионы бикарбоната могут подавлять реакцию гидролиза соли коагулянта. Однако, при оптимальных их концентрациях они подавляют взаимодействие ионов сульфатов и хлоридов с катионами металла соли коагулирующего реагента, что способствует более полному протеканию реакции гидролиза. Поэтому, при соблюдении дозы коагулянта в диапазоне концентрации 20-30 мг/л, эффективность очистки по цветности высокая 80-90%.

При проведении эксперимента исследовали влияние рН с помощью лакмусовая бумага, как одного из факторов, от которых зависит эффективность коагуляционной очистки фильтрационных вод. Поэтому, при проведении эксперимента подтвердили, что с увеличением дозы коагулянта значение рН снижается (рис. 3). Снижение рН раствора происходит за счет не полного протекания процесса и увеличения содержание ионов сульфата алюминия в растворе.

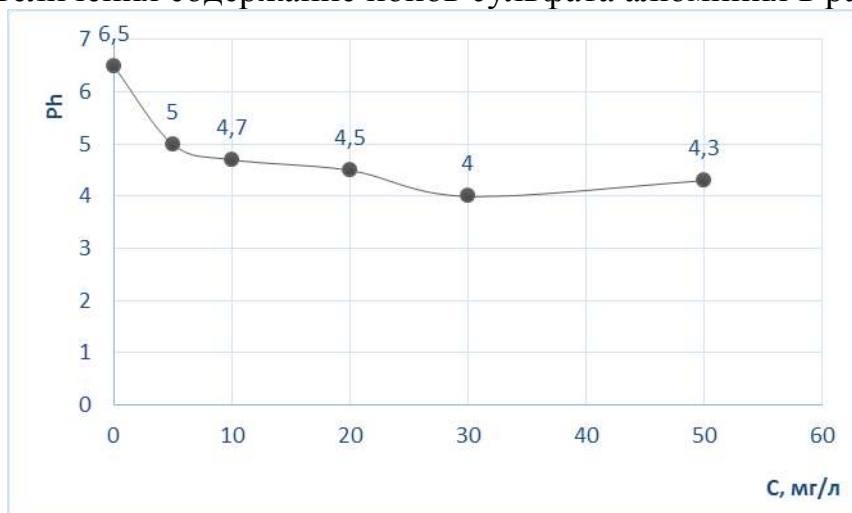


Рисунок 3 – Влияние рН от дозы коагулянта $Al_2(SO_4)_3$ в осветленной воде

Выводы: Применение $Al_2(SO_4)_3$ дало устойчивое осветление фильтрата при дозировке 15-20 мг/л. Эффективность очистки фильтрата с использованием коагулянта сульфат алюминия $Al_2(SO_4)_3$ при небольшой дозе $Ca(OH)_2$ (1.0 мг/л) способствовало полному осветлению сточной воды (рис. 4).



Рисунок 4 – Результаты осветления фильтрата при совместном использовании коагулянта сульфат алюминия $Al_2(SO_4)_3$ и небольшой дозе $Ca(OH)_2$
 1 - исходная проба; 2 и 3 – проба после совместного применения коагулянта $Al_2(SO_4)_3$ при небольшой дозе $Ca(OH)_2$

Таким образом, в результате выполнения эксперимента было установлено, что при совместного использования коагулянта $Al_2(SO_4)_3$ и $Ca(OH)_2$ (можно использовать шламовые отход производства) снижается расход коагулянта $Al_2(SO_4)_3$ на очистку фильтрата.

Литература:

1. Программа экологического управления Город Душанбе. Душанбе. 2005, 156 с.
2. Потапов П.А., Пупырев Е.И., Потапов А.Д. Методы локализации и обработка фильтрата полигонов захоронения твердых бытовых отходов. М.: изд-во АСВ, 2004, 168 с.
3. Г.И Бородай. Пособие по мониторингу полигонов твердых бытовых отходов. Донецк, Тасис, 2004, 293 с.
4. МУ 2.1.7.001-00. Методические указания. Общие требования к правилам контроля и отбору проб фильтрата места складирования и полигонов захоронения твердых бытовых отходов – Пермь, 2000, 89 с.
5. Вайсман Я.И., Глушанкова И.С. Условия образования и очистка фильтрационных вод полигонов захоронения ТБО: учеб. Пособие. Перм. гос. техн. ун-т. - Пермь, 2003, 167 с.
6. Рекомендации по сбору, очистке и отведению сточных вод полигонов захоронения твёрдых бытовых отходов. – Москва, 2003, 49 с.
7. Гришин Б. М. Реагентная обработка поверхностных природных вод алюмосодержащими коагулянтами: моногр. – Пенза: ПГУАС, 2016, 140 с.

УДК 647.6

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ СХЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ

Романова С.М., кандидат химических наук, доцент;
Ярошевский А.Б., кандидат технических наук, доцент;
Мадякина А.М., кандидат химических наук, доцент;
Сольяшинова О.А., кандидат химических наук, доцент;
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация. В настоящей работе проанализированы и отмечены технические недоработки территориальной схемы по обращению с отходами. Предложены возможные решения проблем, возникающих при ее реализации.

Ключевые слова: территориальная схема по обращению с отходами, твердые коммунальные отходы, отходы производства, отходы потребления.

SOME PROBLEMS OF THE IMPLEMENTATION OF THE TERRITORIAL WASTE MANAGEMENT SCHEME

Romanova S.M., doctor of philosophy in chemistry, associate professor;
Yaroshevsky A.B., doctor of philosophy in engineering, associate professor;
Madyakina A.M., doctor of philosophy in chemistry, associate professor;
Solyashinova O.A., doctor of philosophy in chemistry, associate professor
Kazan National Research Technological University
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: In this paper, technical shortcomings of the territorial scheme for waste management are analyzed and noted. Possible solutions to the problems arising during its implementation are proposed.

Keyword: territorial waste management scheme, municipal solid waste (MSW), production waste, consumer waste.

В связи с истощением природных ресурсов, возрастанием негативного воздействия на окружающую среду (НВОС) антропогенной хозяйственной деятельности, ужесточением экологического законодательства в последние несколько лет отмечается повышенный интерес к сфере обращения с отходами производства и потребления с целью максимального использования ресурсов и материалов.

Деятельность по обращению с отходами производства и потребления в российской Федерации регулируется Федеральным законом РФ «Об отходах производства и потребления» от 10.06.98 № 89-ФЗ, Постановлением Правительства РФ от 22 сентября 2018 г. № 1130 «О разработке, общественном обсуждении, утверждении, корректировке территориальных схем в области обращения с отходами производства и потребления, в том числе с твердыми коммунальными отходами (ТКО), а также о требованиях к составу и содержанию таких схем».

Кабинет Министров Республики Татарстан (РТ) 13 марта 2018 г принял Постановление «Об утверждении Территориальной схемы в области обращения с отходами Республики Татарстан (с изменениями на 9 июля 2022 года)» (в ред. Постановлений КМ РТ от 14.05.2019 N 391, от 21.05.2020 N 414, от 19.10.2021 N 985, от 09.07.2022 N 661, с изм., внесенными Решением Верховного суда Республики Татарстан от 14.09.2018 N 3а-560/2018).

Целью разработки Территориальной схемы в области обращения с отходами РТ является снижение НВОС отходов производства и потребления за счет организации эффективной системы управления отходами при условии достижения баланса между экологическими и экономическими приоритетами. Основная задача территориальной схемы обращения с отходами – реализация комплексной системы сбора, накопления, транспортировки, а также грамотного размещения, хранения, захоронения, обезвреживания или утилизация отходов различных инфраструктур на определенной территории.

Фактически, Территориальная схема должна сформировать своеобразный каркас, на котором, должны наращиваться различные элементы: мусоросорти-

ровочные и мусороперегрузочные станции, улучшенная логистика при перемещении промышленных отходов и ТКО, заводы по переработке промышленных отходов и т.д. В первую очередь идеи, заложенные в разработку концепции создания Территориальных схем и деятельности региональных операторов, направлены на уменьшение количества захораниваемых отходов и на увеличение степени извлечения и переработки утильных компонентов [1-3].

В Территориальной схеме большое внимание уделяется вопросам обращения с твердыми коммунальными отходами (ТКО). Но Республика Татарстан – это крупный промышленный центр. Понятно, что на предприятиях образуется громадное количество отходов, побочных продуктов, брака и т.п. То есть, большое количество того, что может быть потенциальным сырьем для использования, для получения дополнительной продукции. И, как следствие, утилизация этих вторичных материальных ресурсов позволит значительно сократить объемы захоронения на полигонах ТКО и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду.

К сожалению, в схеме вопросы, связанные с решением задач по обращению с промышленными отходами и, в первую очередь, с созданием соответствующей среды, стимулирующей утилизацию, проработаны очень слабо. В схеме образователям промышленных отходов рекомендуется вопросы обращения с опасными отходами решать самостоятельно совместно с предприятиями и организациями, специализирующимися на обезвреживании опасных отходов. В настоящее время с 1 марта 2022 года образователи отходов I и II классов опасности должны иметь договор с федеральным оператором по обращению с отходами I и II классов опасности (ФЭО), если не имеют в собственности или на ином законном основании объекты по обезвреживанию и размещению отходов I и II классов опасности.

Однако напомним, что документ называется «Территориальная схема в области обращения с отходами Республики Татарстан». Не только обращение с ТКО! Поэтому перекладывание на предприятия необходимости самостоятельно решать вопросы утилизации и обезвреживания промышленных отходов является искажением сути этого документа.

Вопросов, связанных с проблемой отходов, достаточно много. В первую очередь, это вопросы, связанные с нормативным регулированием подобной деятельности.

Например, отход, который образовался при производстве продукции на предприятии, и такой же отход, образующийся в процессе использования этой продукции, имеют разные коды в Федеральном классификационном каталоге отходов (ФККО). Напомним, что предприятие, занимающееся обращением с отходами, должно иметь лицензию, в которой прописываются коды из ФККО. И, соответственно, предприятие-переработчик не имеет права на работу с отходом, не включенным в лицензию. Мы, например, в своей работе сталкивались с тем, что предприятие не смогло добиться признания идентичности совершенно одинаковых по составу отходов: отхода производства и отхода потребления. В результате производитель вынужден был отказаться от переработки значитель-

ных объемов вторичных материальных ресурсов.

Еще один пример, показывающий, как усложнение подхода к классификации отходов препятствует их утилизации. Если предприятие имеет несколько подразделений, расположенных по разным адресам, то паспорт на один и тот же отход может быть разработан на юридическое лицо только при наличии подтверждения, что этот отход образовался при использовании продукции от одного и того же производителя. В противном случае необходимо разрабатывать паспорта для каждого подразделения отдельно.

На наш взгляд, даже совершенствование нормативной базы не позволит кардинально улучшить ситуацию в рассматриваемой нами области. Например, недавно опубликованный нормативный акт, который должен расставить точки над «i», и, наконец, дать возможность предприятиям вывести побочные продукты из категории отходов, позволит на законном основании относить то, что до недавнего времени считалось отходом к вторичным материальным ресурсам. Это облегчит возможности для переработки того, что не является основной продукцией и, тем самым, позволит сократить количество отходов, направляемое на захоронение или термическое уничтожение. К сожалению, зачастую то, о чем мы сейчас говорим, не может быть реализовано из-за слабой проработки технологий утилизации. То есть, проработки того, что является целью, декларированной при создании системы региональных операторов, и того, что должно было быть заложено в Территориальные схемы.

И еще один момент, на который стоит обратить внимание. По договору с региональным оператором коммерческий учет ТКО может осуществляться только двумя способами: расчетным путем, исходя из нормативов накопления ТКО, и исходя из количества и объема контейнеров, установленных в местах накопления. То есть территориальная схема исключает возможность учета фактических объемов ТКО. Это привело к тому, что после введения территориальной схемы платежи многих предприятий за вывоз и размещение ТКО существенно выросли.

И даже в судебном порядке не удастся решить эти вопросы: рост расходов предприятий на оплату услуг регионального оператора является следствием применения установленного нормативными правовыми актами порядка расчета платы, следовательно не может свидетельствовать о злоупотреблении оператором своим доминирующим положением в целях навязывания потребителю невыгодных для него условий договора.

На наш взгляд, снизить остроту подобного противостояния можно было бы сделав прозрачными материальные и финансовые потоки регионального оператора. Когда предприятия и население видят, что их деньги идут на совершенствование системы раздельного сбора, на создание перерабатывающей индустрии, возвращающей отходы в производство, то, с одной стороны, будет меньше недовольства, а, с другой стороны, подобная открытость активизирует работу регионального оператора на достижение программных целей.

Поэтому непонятно, почему Территориальная схема, которая обязана не только фиксировать и систематизировать существующее положение в области

обращения с отходами, но и должна прорабатывать на будущее республиканскую структуру, которая позволит повысить объемы утилизации и сократить количество захораниваемых отходов, фактически игнорирует эти вопросы.

Мы считаем, что одной из обязанностей региональных операторов должен быть анализ, на первой стадии, объемов образования общераспространенных отходов производства, определение на основе анализа приоритетных направлений по созданию в рамках Территориальной схемы инфраструктуры из предприятий, ориентированных на утилизацию отходов и сокращению затрат на логистику при обращении с отходами производства. Это могут быть какие-либо районные или межрайонные структуры, которые занимаются, например, получением щебня из строительных отходов и его реализацией. Это могут быть структуры, представленные не в каждом районе, но имеющие разветвленную структуру сбора и предварительной обработки отходов.

В любом случае это позволит обратить колоссальное количество промышленных отходов в доходы, которые целесообразно направленно использовать на финансирование природоохранных проектов, реализация которых и должна составлять основную цель для региональных операторов и которые должны быть учтены в Территориальной схеме обращения с отходами.

Статья подготовлена в рамках проекта, реализуемого победителем грантового конкурса для преподавателей магистратуры 2021/2022 Стипендиальной программы Владимира Потанина.

Литература:

1. Романова С.М., Сабирова Д.И. Управление в сфере обращения с отходами: учебное пособие. Изд-во: АН РТ. 2020. 116 с.
2. Романова С.М., Мадякина А.М., Государственное регулирование в области охраны окружающей среды: учебное пособие. Изд-во: АН РТ. 2021. 105 с.
3. Ярошевский А.Б., Горшенева Ю.Н., Романова С.М. Реформа системы обращения с ТКО / Экология производства: научно-практический журнал. 2020. Выпуск 1. С. 58-65.

УДК 502.2.08

METHOD FOR THE DETERMINATION OF VANADIUM USING MINIATURE ELECTROCHEMICAL SENSORS

Sibgatullina O.S., master's student;

Supervisor: Candidate of Chemical Sciences Gogol E.V.

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The authors proposed vanadium as a metal - marker of the impact of vehicles on the urban ecosystem. In this communication we present a new methodology for determining vanadium using miniature electrochemical sensors,

which allows a comprehensive assessment of the state of the megalopolis ecosystem in real time and timely measures to reduce the negative impact of mobile sources. During the experiment, three-dimensional microelements and planar sensors were used. The scanning electron microscopy and X-ray photoelectron spectroscopy methods were used to investigate the morphology and qualitative and quantitative composition of sensor surfaces. Results of analysis show that after the voltametric determination of vanadium in the samples, its compounds are not adsorbed on the surface of three-dimensional microelements, which allows them to be used repeatedly.

Keyword: Enzyme electrode, vanadium, transport

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВАНАДИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИНИАТЮРНЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ

Сибгатуллина О.С., магистрант,

Научный руководитель: Гоголь Э.В. кандидат химических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева – КАИ»
(Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Авторы предложили ванадий в качестве металла - маркера воздействия автотранспорта на городскую экосистему. Мы предлагаем новую методику определения ванадия с помощью миниатюрных электрохимических сенсоров, которая позволяет комплексно оценивать состояние экосистемы мегаполиса в режиме реального времени и своевременно принимать меры по снижению негативного воздействия мобильных источников. В ходе эксперимента использовались трехмерные микроэлементы и планарные сенсоры. Методами электронной микроскопии и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии исследованы морфология, качественный и количественный состав поверхностей сенсоров. Результаты анализа показывают, что после вольтамметрического определения на поверхности образцов соединения ванадия не адсорбируются, что позволяет использовать их многократно.

Ключевые слова: ферментный электрод, ванадий, транспорт.

Any conclusions about the ecological situation in the city and the adoption of immediate decisions regarding specific sources of pollution can be made in the case when one or more of the large number of indicators of the state of the environment has been selected. In modern times, the presence of heavy metals is typical for urbanized areas. According to the municipal program for the development of transport infrastructure, there is an urgent need to study the factors and indicators of the emission of harmful substances into the atmospheric air and determine the contribution of each of them to the overall picture of pollution due to an increase in the negative technogenic load on the environment due to a sharp increase in the level of motorization. This unregulated process is accompanied by the deterioration of the

city's environment. It can be assumed that in the near future the state of the urban environment will reach a critical point. It should be noted that the magnitude of pollution of the urban environment mainly depends on the topography of the area, the volume of traffic, the average speed of vehicles, meteorological conditions. The composition of vehicle exhaust gases also depends on a number of factors: the type of engine and fuel, the mode of operation and load, the technical condition of the vehicle, and the quality of the fuel [1].

In order to reduce such a load on the urban system, heavy metals can be used as marker substances for diagnosing probable changes in a set of indicators and predicting acceptable levels of impact on the urban environment. Vanadium was proposed as such a metal. This study proposes a method for determining vanadium using miniature electrochemical sensors, which in the future will make it possible to provide a comprehensive assessment of the state of the megalopolis ecosystem in real time and take timely measures to reduce the negative impact of mobile sources. In contrast to the certified determination methods, the developed method for the determination of vanadium differs in a number of characteristics: simplification of the sample preparation procedure (such simplification makes it possible to carry out express analysis of depositing media), replacement of hazardous and toxic reagents with safer ones. The choice of sampling storage medium was the first stage of the research. The storage medium represented by samples of urban soils and melting snow from the roadside areas. Sampling points were selected based on the degree of traffic congestion on the urban ecosystem. The main method of studying the spatial structure of the distribution of metals in depositing the natural components of the environment has been chosen method of geochemical mapping. This method describes samples suspected to contain a component. According to the results of analyzes are allocated area of contamination, that is, parts of the territory with the content of the component significantly exceeds the capacity variation of the background content. In this case, the desired component is vanadium.

Samples of snow cover and urban soils were taken in all areas of the Kazan city, subject to intense traffic loads. Then the calculation of the intensity of motor traffic flow was produced in selected areas of the road network. Taken into account when calculating the traffic flows in both directions. Furthermore, traffic flows have been divided into the following groups: cars, vans, minibuses with carrying capacity of less than 3.5 tonnes, lorries with load capacity from 3.5 to 12 tons, trucks, hoisting capacity of 12 tons and buses. Sampling was carried out of the snow cover at the beginning of the snow melt. During snow melting was determined in accordance with the establishment of mean temperatures in the range of -2 to -5 °C. It is in this temperature range the snow starts melting already, but still retains its integrity.

Soil samples weighing 400 - 500 g were taken from the upper horizon of thickness from 0 to 5 cm. This layer is dated the maximum concentration of pollutants coming from the exhaust of vehicles. Samples were collected on lawns along selected portions of highways in accordance with. Soil samples were selected in the spring after the snow melt. Snow cover refers to the storage medium. Sample preparation storage medium such as snow, was melting and filtration of the samples. As a result,

sample preparation obtained liquid filtrate and the precipitated solid on the filter cake. For the purposes of environmental monitoring research priorities are solid residue of snow. Chemical analysis was carried out in accordance with [2]. For identification of vanadium in the sludge used photocolimeter CPhC - 3 ($\lambda = 450 - 480$ nm). The vanadium content in the sample is determined by the amount of pre-constructed calibration curve. The calibration curve was constructed on a scale of standard samples containing vanadium.

Determination of vanadium in soil samples was carried out by analogy with the detection of vanadium content in the snow cover. Sample preparation and analysis of the soil carried out in accordance with. Aqueous extracts of the soil was analyzed using violet filter at a wavelength of 413 nm. The vanadium content in the test solution was calculated from the calibration curve. The calibration curve was constructed by measuring an aliquot of the diluted sample standard solutions containing vanadium. At the last stage of research was implemented to develop a technique for determination of vanadium by volumetric and planar sensors. However, there are a number of limitations when performing the analysis, namely the selection of a suitable supporting electrolyte, the detection potential on a voltammetric analyzer and an indicator electrode. In the course of the study, good reproducibility and repeatability of the results were established. Measurements were carried simultaneously in three cells, with the same conditions of analysis in order to minimize errors. After selecting the background electrolyte, the working capacity and the indicator electrode, a series of measurements of prepared samples of model solutions of vanadium.

According [2] have quantitative relationship between the content of metals in the ambient air and loss of their in urban areas in the form of anomalies in the soil and snowpack. Therefore, to determine the amount of accumulated substances advisable to carry out soil sampling and / or snow. Moreover, the content of heavy metals entering them by air, by 2-3 orders of magnitude higher compared to the air environment. The centers of the highest concentrations of metals are usually confined to the sources of pollution. They are fixed in the form of the most stable geochemical anomalies and dangerous areas of the zones impact of the emissions. Location of sampling points on the territory of Kazan was chosen on the basis of the calculated data on intensity of vehicular traffic, as well as on the basis of factual information about the environmental state of the city. As a point of background was chosen plot located in an open area near the village of Verhnii Uslon, located 35 km from the city limits. This site is experiencing minimal anthropogenic impact. The concentrations of the chemical elements at this point was taken as background concentrations for the territory of Kazan. Influence of mobile sources in the urban environment was evaluated by a combined indicator of degree of air pollution of the city. As noted above, as a result of their operation in the air fall metals (As, Cd, Ni, Pb, Hg, Cr, Cu, Zn, Mn, Co, V, Ba, Se, Sb), most of which are apparent toxicants. While some of them belong to the trace elements necessary for living organisms, but constant increase in concentration in the environment, exceeding the limit values of 2 or more times, these metals are considered already as heavy. In addition, ionic forms of metals have high migration capability. And in the course of such movement on the storage medium

changes the oxidation state of concentration and form of their presence. It has been found that vanadium - is one of the metals is present in all types of vehicle emissions (exhaust gases abrasion of tires and brake pads) in very large quantities as compared with other metals. According [1,3] in the exhaust gases of vehicles co-held vanadium pentoxide, which is due to the content of V_2O_5 in the catalytic converter. The formation of vanadium pentoxide in motor exhaust, probably due to the presence of vanadium in the fuel used. It quinivalent vanadium oxide has the greatest toxicity and long-term causes great harm to the environment when released into the water.

It is the content of V_2O_5 can judge the impact of transport on the ecosystem of the city, so vanadium asked to choose it as a metal marker in environmental monitoring. The proposed approach can be recommended as a way to express how to identify the degree of contamination of urban ecosystem and lesions requiring attention organizations responsible for the ecological state of the urban environment.

Instrumental methods for the vanadium detection (photometric, X-ray fluorescence, atomic absorption), operating in Russia, insufficient selectivity and sensitivity (lower detection limit of $0.001 - 0.05 \text{ mg/M}^3$) [3]. Recently in the world and in Russia in the investigation of vanadium used neutron activation and mass-spectrometric methods. They provide sufficient sensitivity and accuracy, but have limitations for mass analysis: low productivity, time-consuming sample preparation procedures, its dependence on the origin of the samples. According to [3] the approved methods for vanadium determining was absent and vanadium detection are presented typically in the form of articles. We analyzed samples deposited media colorimetric method, which has been selected as the most commonly used in the quantitative analysis of heavy metals. Based on these results it was concluded that the vanadium content in each of the test samples, and there was a clear dependence of the concentration of the pollutant on the intensity of traffic load area, where samples were taken. Development of the method for determination of vanadium by stripping voltammetry will simplify the procedure for sample preparation and so the possibility to use this developed method for express analysis of storage mediums.

However, the complexity of the voltammetric determination of vanadium is in the selection of a suitable supporting electrolyte, the capacity to determine the voltammetric analyzer and the indicator electrode. The values of the redox potentials in aqueous solutions of vanadium depend not only on the ratio and the concentration of its ionic forms, but also on the pH of the medium. It has been experimentally proved that the methods of scanning electron microscopy and X-ray photoelectron spectroscopy were used to study the morphology and the qualitative and quantitative composition of the sensor surfaces. The results show that after the voltammetric determination of vanadium in the samples under study, its compounds are not adsorbed on the surface of bulk microelectrodes, which makes it possible to use them repeatedly.

Thus, the proposed control method can be recommended as an express method for identifying both the degree of pollution of the urban ecosystem and foci that require close attention of organizations responsible for the environmental situation. In addition, it can be assumed that such biosensors can be highly competitive with tradi-

tional polymer matrices, which are currently widely used in other electrochemical biosensors.

References:

1. *Egorova O.S., Gogol E.V., Shipilova R.R., Tunakova Y.A.* Impact of mobile sources on air quality of cities, *Bulletin of Kazan Technological University*. 2013.16 (19): 71-75.

2. *Egorova O.S., Gogol E.V., Shipilova R.R., Tunakova Y.A.* Heavy metals and incineration as a source of revenue to the environment, *Bulletin of Kazan Technological University*. 16(21). 2013. P.203-209

3. *Ylanova, T.S., Stenoy, E.V., Veyhman, G.A., Shardakova, Y.V., Bakanina, M.A.* Development of methodical approaches to vanadium determination in ambient air and human biological samples using inductively coupled argon plasma mass spectrometry, *Bulletin of Tyumen State University*. 2012. P. 32-37

УДК 504.45

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ МЫШЬЯКА И КОБАЛЬТА В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ ГОРОДА КАЗАНИ

Степанова Н.Ю., доктор биологических наук, профессор;
Емельянова А.В., студент
ФГБОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: приведена динамика содержания мышьяка и кобальта в питьевой воде и воде водоисточника города Казани. Выявлено превышение ПДК содержания мышьяка и кобальта в питьевой воде в районах с водоснабжением из водозабора «Волжский» и в воде водоисточника.

Ключевые слова: питьевая вода, мышьяк, кобальт.

DYNAMICS OF ARSENIC AND COBALT CONTENT IN TAP WATER OF THE KAZAN CITY

Stepanova N.Yu., Doctor of Biological Sciences, Professor;
Emelyanova A.V., student
Kazan Federal University
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: the dynamics of arsenic and cobalt content in drinking water and water sources in the city of Kazan. An excess of the MPC of the content of arsenic and cobalt in tap water was revealed in areas with water supply from the Volzhsky water in-

take and in the drinking water source.

Keyword: tap water, arsenic, cobalt.

С каждым годом проблема обеспечения населения качественной питьевой водой приобретает всё большие масштабы, что связано с истощением ресурсов пресных вод, несбалансированной антропогенной нагрузкой на водоемы, загрязнением воды химическими, в том числе канцерогенно-опасными веществами. [1]

По данным [2] на октябрь 2021 года водоразводящие сети г. Казани находятся в неудовлетворительном состоянии, 70% из них – ветхие и аварийные, срок эксплуатации которых истек более 10 лет назад. Это обуславливает вторичное загрязнение поступающей после очистки воды, степень которого может значительно варьироваться в разных точках города в зависимости от состояния трубопровода. Поэтому является актуальным изучение ионного состава питьевой воды в конечной точке потребления для более полной характеристики её качества.

Цель: охарактеризовать качество питьевой воды, поступающей в конечные точки потребления в разных районах города Казани за период с октября 2021 по апрель 2022 г.

По виду использования природных источников водопровод города относится к смешанному типу питания: используется вода поверхностного (84%) и подземного (16%) источников. Городские водопроводные сети охватывают все территориальные районы города: Авиастроительный, Вахитовский, Кировский, Московский, Ново-Савиновский, Приволжский, Советский. [3]

В период с октября 2021 по апрель 2022 г проводился отбор и анализ проб воды централизованной системы водоснабжения из 9 точек (рис. 1) во всех районах Казани: №1 – ул. Аделя Кутуя 3а (Советский район), №2 – Проспект Ямашева 37а (Ново-Савиновский район), №3 – ул. Максимова 36 (Авиастроительный район), №4 – тер. Деревня Универсиады 13 (Приволжский район), №5 – ул. Кремлёвская 18 (Вахитовский район), №6 – ул. Журналистов 9 (Советский район), №7 – ул. Краснокошайская 154 (Кировский район), №8 – ул. Восстания 83а (Московский район), №9 – Дербышки, ул. Начальная 18 (Советский район).

Отбор проводился в соответствии с методикой ГОСТ Р 56237-2014. Пробы воды, отобранные в районе водозабора «Волжский» (1 км выше водозабора) за период с июня 2021 по апрель 2022 года, были предоставлены для анализа лабораторией ФГБУ «УГМС Республики Татарстан», и были отобраны по методике ГОСТ 31861-2012. Химический анализ проводился по 25 показателям по стандартным методикам, определение элементов проводили методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой [4]. Обработка результатов была проведена расчётными методами в программных пакетах Microsoft Excel 2016 и R-Studio.



Рисунок 1 – Карта-схема мест отбора проб воды в 2021-2022 г.

По результатам проведенного анализа, основные химические показатели, определяющие качество воды водопроводной сети г. Казани, в течение рассматриваемого времени находились в пределах ПДК. Территориально значения распределены относительно равномерно в пределах мягкой и средней жесткости (3,8-4 ммоль/дм³ экв.), за исключением точек отбора №6 и №9 (Советский район), где водоснабжение осуществляется из артезианских источников (№9) или при смешивании с водой из водозабора «Волжский» (№6). Общая жесткость в т.6 и т.9 составила $5,47 \pm 0,52$ и $14,34 \pm 1,1$ ммоль/дм³ экв соответственно, последнее превышает ПДК 2 раза, что позволяет отнести воду к категории очень жесткой. Подобная тенденция сохраняется и в отношении других главных ионов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , NH_4^+ , NO_3^-).

Хотя анализ показал, что в целом химический состав питьевой воды в районах г. Казани соответствует требованиям СанПиН, содержание As и Co превышали допустимые значения практически во всех районах.

В октябре As не был обнаружен ни в одной пробе, включая воду в районе водозабора, однако уже в ноябре он был выявлен, как в природной, так и в водопроводной воде в концентрациях 0,211-0,296 мг/дм³, в среднем превышение ПДК составило 4,6 раза. К середине апреля его содержание увеличилось во всех пробах (до 5,25 ПДК) за исключением двух точек с водоснабжением из подземных водоисточников т.9 - 0,039 мг/дм³ и т.6 - 0,025 мг/дм³. Низкое содержание As в этих точках позволяет высказать предположение, что источником поступления As в питьевую воду является вода Куйбышевского водохранилища в районе водозабора.

В связи с этим была рассмотрена динамика содержания As в речной воде в районе водозабора (рис. 2а). Отмечается отсутствие As с июня до октября и резкий увеличение содержания в ноябре и декабре до 4,4 ПДК с последующим спадом до 1,4 ПДК в первый месяц весны и резким ростом до 6 ПДК.

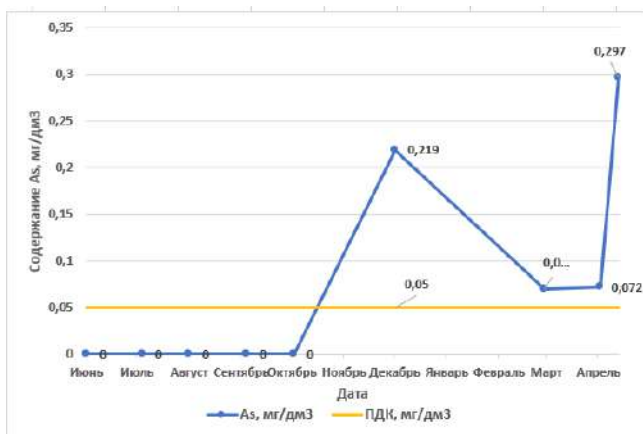


Рис. 2а – Динамики содержания As в воде в районе Волжского водозабора

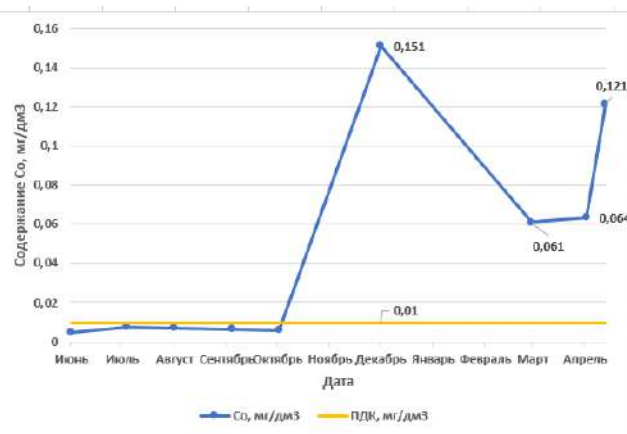


Рис. 2б – Динамики содержания Co в воде в районе Волжского водозабора

Превышение ПДК по Co было отмечено в большинстве районов только в апреле (в среднем $0,113 \pm 0,08$ мг/дм³), в том числе в т.9 ($0,185 \pm 0,01$ мг/дм³). Содержание Co в поверхностной воде несколько выше, чем в конечной точке водопотребления, но в силу строгости нормативов для водных объектов рыбохозяйственного значения с октября по апрель наблюдалось превышение ПДК_{рх} в 61-151 раз (рис.2б).

В заключении можно отметить, что химический состав питьевой воды в разных районах г. Казани в значительной мере определяется источником водоснабжения. Выявлено повышенное содержание As (до 6 ПДК) в питьевой воде в районах с водоснабжением из Волжского водозабора; отмечено также повышенное содержание As в воде в районе водозабора в интервале 1,2-6 ПДК_{рх} с ноября 2021 по апрель 2022 года.

Превышение ПДК_{рх} по Co в 61-151 раз наблюдалось в воде в районе Волжского водозабора с октября по апрель 2021-2022 гг. В питьевой воде отмечено небольшое превышение в апреле во всех районах города и устойчивое превышение ПДК в Советском районе в т.9 (2,1 ПДК).

Литература:

1. Вяльцена, Н. Е. Сравнительная характеристика источников хозяйственно-питьевого водоснабжения городов Оренбургской области / Н. Е. Вяльцена, В. Ю. Коновалов, Т. М. Макарова [и др.] // Актуальные вопросы анализа риска при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей : Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Пермь, 16-18 мая 2018 года / Под ред. А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. – Пермь : ФГБУН "Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения", 2018. – С. 28-32.
2. Официальный портал г. Казани : официальный сайт. – Казань. – Обновляется в течение суток. – URL: <https://kzn.ru/meriya/press-tsentr/novosti/> (дата обращения: 21.03.2022).
3. Постановление Исполнительного комитета г. Казани Республики Та-

тарстан от 10.12.2015 № 4345 «Об утверждении схем водоснабжения и водоотведения в административных границах муниципального образования г. Казани на период с 2016 по 2025 год» // Сборник документов и правовых актов муниципального образования города Казани. – 24.12.2015. – № 50. – 89 с.

4. ПНД Ф 14.1:2:4.135-98. Методика выполнения измерений массовой концентрации элементов в пробах питьевой, природных, сточных вод и атмосферных осадков методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (с Изменениями) (издание 2008 года) : природоохранный нормативный документ федеральный : дата введения 1998-06-25 / Государственный комитет РФ по охране окружающей среды. – Изд. официальное. – Москва : Госкомэкология России, 2008. – 24 с.

УДК: 504.064

ПОДХОДЫ К РАСЧЕТУ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ СОВОКУПНОГО АЭРОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПО ЗОНАМ ИССЛЕДОВАНИЯ

Тунакова Ю.А.¹, доктор химических наук, профессор,
заведующий кафедрой общей химии и экологии;

Григорьева И.Г.¹, старший преподаватель кафедры общей химии и экологии;
Валиев В.С.², с.н.с. лаборатории биогеохимии;

Шагидуллина Р.А.³, доктор химических наук, начальник управления
обеспечения экологической безопасности и экологического мониторинга
¹ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ»

² ГБУ Институт проблем экологии и недропользования АН РТ

³ Министерство экологии и природных ресурсов Республики Татарстан
(Казань, Российская Федерация)

Аннотация: в статье приведен подход к выбору значимых показателей и оценке совокупного аэрогенного воздействия с получением интегрального показателя, приведены результаты апробации подхода для территории г. Нижнекамска.

Ключевые слова: интегральная оценка, аэрогенное воздействие, показатели, расчет.

APPROACHES TO THE CALCULATION OF THE INTEGRAL INDICATOR OF THE TOTAL AEROGENIC IMPACT BY STUDY ZONES

Tunakova Yu.A.¹, Doctor of Chemical Sciences, prof., head Department of General
Chemistry and Ecology

Grigorieva I.G.¹, Art. Lecturer, Department of General Chemistry and Ecology

Valiev V.S.², senior researcher biogeochemistry laboratories;

Shagidullina R.A.³, Doctor of Chemistry, Head of the Department for Ensuring

Ecological Safety and Environmental Monitoring

¹ Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev–KAI

² Institute of Problems of Ecology and Subsoil Use of the Academy of Sciences
of the Republic of Tajikistan

³ Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Tatarstan
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: the article presents an approach to the selection of significant indicators and the assessment of the total aerogenic impact with the receipt of an integral indicator, the results of approbation of the approach for the territory of Nizhnekamsk are presented.

Keyword: integrated assessment, aerogenic impact, indicators, calculation.

Интегральные показатели традиционно формируются на основе модели аддитивной опасности, путем суммирования нормированных показателей [1]. Интегральная оценка аэрогенного воздействия на население, проживающее на исследуемой территории, должна включать показатели оценки отклика человека на поступление загрязняющих веществ с вдыхаемым воздухом [2,3]. Интегральная оценка аэрогенного воздействия на население проводится с целью адекватной количественной интерпретации ингаляционных опасностей, которым может подвергаться население. Для оценки потенциального воздействия техногенных факторов на здоровье человека традиционно используется процедура оценки риска. Оценка риска заключается в определении вероятности возникновения неблагоприятных событий и установление последствий, что особенно важно в динамичных аэрогенных условиях крупного индустриального центра, при сочетанном воздействии целого спектра компонентов выбросов [4-6].

Нами ставилась задача обоснования выбора показателей для интегральной оценки и формирования схемы его расчета. Для оценки степени загрязнения атмосферного воздуха города используются различные обобщенные показатели. Для характеристики загрязнения воздуха по городу набором примесей в качестве обобщенного показателя по рекомендации ГГО им. Воейкова [7] используется параметр фонового загрязнения P , который показывает долю наблюдений повышенных концентраций в приземном слое атмосферного воздуха. Основным показателем, широко используемым при оценке риска здоровью населения в результате загрязнения окружающей среды, является коэффициент опасности (HQ), выражаемый как отношение фактически воздействующей концентрации (или дозы) химического вещества к его безопасному (референтному) значению [8]. Учет механизмов вторичных химических реакций примесей необходим при оценке аэрогенного воздействия уровня загрязнения атмосферного воздуха. Целый ряд исследователей, например [9,10] интенсивность вторичных химических реакций предлагают выражать через отношение концентрации диоксида азота к концентрации суммы оксидов азота, обозначаемое как aN . Значения aN определяются на

основе отдельных измерений содержания оксида азота и диоксида азота в атмосферном воздухе на сети автоматических станций контроля загрязнения атмосферы (АСКЗА).

Наблюдения показывают, что даже при постоянных объемах и составах выбросов от стационарных источников загрязнения в результате влияния целого ряда метеорологических параметров уровни загрязнения атмосферного воздуха могут различаться в несколько раз. Загрязнение атмосферного воздуха, может под влиянием метеорологических параметров одновременно изменяться на всей территории города, однако возможны локальные изменения на отдельных участках, находящихся под влиянием конкретных источников загрязнения. И в том, и в другом случае на загрязнение воздуха оказывает сложное влияние набор метеорологических параметров. С учетом коэффициента теплообеспеченности территории был разработан усовершенствованный показатель- УМПА, что подробно описано в работе [11] для учета влияния температуры воздуха на формирование уровня загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха.

В УМПА учтены три основные факторы: температура воздуха, режим ветра и увлажненность территории, характеризующие рассеивание примесей в приземном слое атмосферы. При расчете УМПА данные факторы выражены в виде коэффициентов: коэффициента теплообеспеченности; коэффициента ветра и коэффициента осадков.

В последние годы, широко представлены исследования, рассматривающие возникновение отклонений в элементном составе сред организма человека в зависимости от биогеохимических условий и региональных особенностей мест проживания. Биологические субстраты организма человека дают отклик на присутствие приоритетных для экомониторинга химических агентов [12-13].

Все параметры, применяемые для расчета интегрального показателя, должны быть представлены в единой шкале, что достигается соответствующей нормализацией их значений с приведением к долям единицы. В нашем случае был использован подход, при котором факторы, оценивающие воздействие корректировались факторами, характеризующими потенциальную возможность снижения этого воздействия при заданных условиях. То есть, мы предлагаем ввести еще одну группу факторов, отражающих устойчивость системы к аэрогенному воздействию, в результате чего и формируется отклик, выражаемый в виде интегрального показателя. При общем требовании достаточной частоты пространственно-территориальной распределенности конкретных значений факторов, участвующих в интегральной оценке, необходим также соответствующий картографический и математический инструментарий. Следует отметить, что интерполяция распределения интегральных оценок с целью их пространственной визуализации может осуществляться разными методами: IDW (Inverse Distance Weighting), TIN (Triangulated Irregular Networks), метод кригинга, метод сплайна и т.д. [14].

Метод обратных взвешенных расстояний (IDW) однозначно предполагает, что объекты, которые находятся поблизости, более подобны друг другу, чем

объекты, удаленные друг от друга. Чтобы интерполировать значение для неизмеренного положения, IDW использует измеренные значения вокруг интерполируемого местоположения. Наиболее близкие к интерполированному местоположению измеренные значения оказывают большее влияние на прогнозируемое значение, чем удаленные от него на значительное расстояние. IDW предполагает, что каждая измеренная точка оказывает локальное влияние, которое уменьшается с увеличением расстояния. Это придает больший вес точкам, расположенным ближе всего к интерполируемому местоположению. Вес точки уменьшается как функция от расстояния.

Метод интерполяции IDW заключается в том, что происходит взвешивание точек таким образом, что влияние известного значения точки затухает с увеличением расстояния до неизвестной точки, значение которой надо определить.

Важно отметить, что метод интерполяции IDW имеет некоторые недостатки. Качество результата может снизиться, если распределение точек сбора данных носит неравномерный характер. Кроме этого, максимальные и минимальные значения интерполированной поверхности могут быть зафиксированы только в точках сбора данных.

В этом методе нет жесткой пространственной взаимосвязи между данными и в алгоритм расчета не включено построение вариограмм. Предполагается, что используемый вес пунктов или точек уменьшается с увеличением расстояния, вследствие чего интерполяция в этом методе достаточно локальна.

При пространственной интерполяции результатов исследования, нами был выбран метод IDW, поскольку он является предпочтительным в случаях, когда в качестве входных данных используется нерегулярная сетка значений.

Апробация предлагаемого подхода для расчета интегрального показателя аэрогенного воздействия и отклика на него проводилась на территории г. Нижнекамска. Город Нижнекамск является сравнительно молодым, поэтому жилые кварталы в нем отделены от промышленной зоны санитарной зоной, шириной 5-7 км с зелеными насаждениями и размещены на высоком берегу реки Камы. На территории г. Нижнекамска выделялись участки, расположенные в разных районах города, привязанные к местоположению АСКЗА. Нами использованы результаты измерений концентраций примесей и метеопараметров на 5 станций МЭПР РТ: АСКЗА-11 - г.Нижнекамск, ул. Гагарина, 32; АСКЗА-12 - г.Нижнекамск, ул. Ямле, 20; АСКЗА-13 - г.Нижнекамск, ул. Юности, 36 (в 2018 г. перенесен по адресу Ахтубинская, д.4б); АСКЗА-14 - с.Большое Афанасово, ул. Молодежная, 1; АСКЗА-15 - г.Нижнекамск, 36-й мкр, ул.Южная, В зонах плотной жилой застройки расположены АСКЗА 11 и АСКЗА 13. Зоны охвата АСКЗА 12 и АСКЗА 15 находятся на границе плотной застройки. В частном секторе расположена зона, привязанная к АСКЗА 14. Внедрение автоматических станций мониторинга атмосферного воздуха (АСКЗА), позволяет получать концентрации примесей каждые 20 минут, которые использовались для расчета локальных показателей

рассеивания в пределах городской застройки. Измерения на АСКЗА использовались для определения вероятности превышения референтных концентраций по фактически измеренным концентрациям ЗВ на постах АСКЗА, расчета коэффициента трансформации, определения частных коэффициентов УМПА, приведенных к фоновым, расчет параметра фонового загрязнения Р.

При совместном использовании все коэффициенты были приведены к единой шкале и нормализованы. В частности, значения УМПА i -того участка, соответствующего зоне контроля той или иной АСКЗА, были приведены к фоновым значениям УМПА отношением: $R_{УМПА_i} = УМПА_i / УМПА_{фон}$. Результаты расчетов приведены в работе [15].

Для интегральной оценки аэрогенного воздействия на население, с учетом обоснованной совокупности значимых факторов предложен интегральный показатель, агрегирующий информацию о вероятностях неблагоприятных событий и обобщающий все оценки частных показателей в виде единой безразмерной величины. Предлагаемый интегральный показатель совокупного аэрогенного воздействия имеет вектор изменчивости как в пространстве (территориальная динамика), так и во времени (временная динамика). При этом он очень удобен для визуализации перспективного развития: если на ось X отложить ход времени, а на Y - величину индекса, то задача перспективного развития должна заключаться в отсутствии роста кривой во времени (при движении по X), в идеале - ее постепенное снижение.

Вероятностные оценки выбранных значимых факторов образуют взаимосвязанную систему показателей, характеризующих неблагоприятное аэрогенное воздействие на состояние здоровья населения. Используя вероятностные оценки превышения референтных концентраций примесей в атмосферном воздухе, показатели накопления металлов в биосубстратах детей, а также значения параметра фонового загрязнения Р, коэффициентов трансформации и значений $R_{УМПА}$, приуроченных к точкам контроля АСКЗА, участков г. Нижнекамск, значения был апробирован предлагаемый алгоритм расчета интегрального показателя аэрогенного воздействия I_n :

$$I_n = (R_{пз} + R_{отн} + R_{био} + P) - (a_N + R_{УМПА}),$$

где $R_{пз}$ – нормированные значения $K_{пз}$;

$R_{био}$ - вероятностная оценка накопления металлов в биосубстратах;

$R_{отн}$ - вероятность превышения референтных концентраций ($HQ > 1$) по фактически измеренным концентрациям ЗВ на постах АСКЗА;

a_N – коэффициент трансформации;

$R_{УМПА}$ - частные коэффициенты УМПА, приведенные к фоновым;

P – параметр фонового загрязнения Р.

Показатели для учета совокупного аэрогенного воздействия, рассчитанные для разных участков г. Нижнекамск, а также осредненные значения учитываемых факторов, приведенные к точкам контроля АСКЗА, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Интегральный показатель совокупного аэрогенного воздействия (I_n) и значения показателей, приведенные по зонам исследования

Зона	$R_{пз}$	$R_{отн}$	$R_{био}$	P	a_N	$R_{УМПА}$	I_n
АСКЗА 11	0,75	0,16	0,21	0,58	0,12	0,432	1,148
АСКЗА 14	0,25	0,465	0,145	0,12	0,44	0,468	0,075
АСКЗА 15	0,5	0,45	0,129	0,38	0,25	0,469	0,74
АСКЗА 13	1	0	0,161	0,12	0,54	0,412	0,329
АСКЗА 12	0,5	0,155	0,098	0,150	0,31	0,543	0,050

Как следует из табл.1, самыми проблемными участками по всей совокупности определяемых показателей являются жилые районы в зоне охвата АСКЗА 11 и АСКЗА 15, прилегающие к автомагистралям. А участки улиц в районе охвата АСКЗА 12 и АСКЗА 14 не имеют значимого аэрогенного воздействия.

Научные исследования проведены при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках исполнения обязательств по Соглашению №075-03-2022-122 от 14 января 2022 г. (номер темы fzsu-2020-0021).

Литература:

- Музалевский А.А., Потапов А.И., Усанов Б.П. К вопросу подготовки информации для системы поддержки принятия решений по результатам экологического мониторинга. // Международный Экологический конгресс “Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности”. СПб., 14–16 июня 2000 г. Доклады. Т. 2, с. 151–153.
- Музалевский А.А., Карлин Л.Н. Экологические риски: теория и практика.- СПб, РГГМУ, ВВМ 2011. С 292.
- Потапов А.И., Воробьев В.Н., Карлин Л.Н., Музалевский А.А. Мониторинг, контроль и управление качеством окружающей среды. Ч. 3. Управление качеством окружающей среды. – СПб.:изд. РГГМУ. 2005. – 598 с.
- Перспективные направления развития методологии анализа риска в России / С. Л. Авалиани, Л.Е. Безпалько, Т.Е. Бобкова, А.Л. Мишина // Гигиена и санитария. – 2013. – №1. – С. 33-35.
- Новиков, С. М. Актуальные вопросы методологии и развития доказательной оценки риска здоровью населения при воздействии химических веществ / С. М. Новиков, М.В. Фокин, Т.Н. Унгурияну // Гигиена и санитария. – 2016. –№8. – С.711-716.
- Рахманин, Ю. А. Современные научные проблемы совершенствования оценки риска здоровью населения / Ю. А. Рахманин, С. М. Новиков, С. И. Иванов // Гигиена и санитария. – 2005. – №2. – С. 7-10.
- Руководство по прогнозу загрязнения воздуха. Охрана природы. Атмосфера.РД 52.04.306- 92.
- Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду: руководство Р 2.1.10.1920-04 (утверждено и введено в действие 05.03.2004). – Доступ из справ.-правовой системы Техэксперт. – Текст: электронный.

9. Seinfeld, J.H. Atmospheric Chemistry and Physics / J.H. Seinfeld, S.N Pandis // Wiley Interscience. – 1998. – P. 22-26.

10. Трансформация техногенных загрязнителей в атмосферном воздухе / А.А. Хадарцев, А.Г. Хрупачев, С.П. Ганюков // Фундаментальные исследования. – 2010. – №12. – С. 158-164.

11. Отчет о НИР 1.4.3.15, ФБГУ «СибНИГМИ», Новосибирск, 2014, 132 с.

12. Агаджанян, Н.А. Химические элементы в среде обитания и экологический портрет человека / Н.А. Агаджанян, А.В.Скальный. – М.:КМК, 2001. – 83 с.

13. Элементный статус населения России. Часть 1. Общие вопросы и современные методические подходы к оценке элементного статуса индивидуума и популяции / Е.Ю. Бонитенко [и др.] под ред. А.В. Скального, М.Ф. Киселева. – СПб: Медкнига «ЭЛБИ-СПб», 2010. – 416 с.

14. Łukaszyk S. A new concept of probability metric and its applications in approximation of scattered data sets. Computational Mechanics. 33 (4). 2004. P.299–304.

15. Шагидуллин А.Р., Шагидуллина Р.А. Характеристика ветрового режима для г. Нижнекамск для оценки способности атмосферы к самоочищению// В сборнике: Инновационные технологии защиты окружающей среды в современном мире. материалы Всероссийской научной конференции с международным участием молодых ученых и специалистов. Казань, 2021. С. 705-710.

УДК 631.45; 631.95

УСТОЙЧИВОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ К НЕФТЯНЫМ ЗАГРЯЗНЕНИЯМ

Утомбаева А.А., младший научный сотрудник;

Зайнулгабидинов Э.Р., кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник;

Петров А.М., кандидат биологических наук, заведующий лабораторией
Институт проблем экологии и недропользования АН РТ,
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: В лабораторных экспериментах проведены испытания устойчивости ряда сельскохозяйственных растений к воздействию разных доз нефти в серых лесных почвах. Были использованы семена сельскохозяйственных культур, выращиваемых в природно-климатических условиях Волго-Вятского региона и Среднего Поволжья: пшеница яровая, горчица, вика посевная, рожь посевная, фацелия, рапс яровая и люпин.

Ключевые слова: нефтепродукты, серая лесная почва, растения.

RESISTANCE OF AGRICULTURAL PLANTS TO OIL POLLUTION

Utombaeva A.A., junior researcher;
Zainulgabidinov E.R., candidate of biological sciences, senior researcher associate;
Petrov A.M., candidate of biological sciences, head of the laboratory
Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use
of Tatarstan Academy of Sciences
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: Laboratory experiments have tested the resistance of a number of agricultural plants to different doses of oil in gray forest soils. Seeds of crops grown in the natural and climatic conditions of the Volga-Vyatka region and the Middle Volga region were used: spring wheat, mustard, sowing vika, sowing rye, phacelia, rapeseed and lupine.

Keyword: petroleum products, gray forest soil, plants.

Интенсивное развитие нефтедобычи и нефтепроизводства сопровождается увеличением масштабов и ростом объемов нефтяных загрязнений, вызывающих нарастание экологической угрозы во всем мире. В Татарстане площадь нефтедобывающих территорий составляет 3492,8 тыс. га или 51,5% общей площади республики, что делает актуальными вопросы восстановления загрязненных углеводородами (УВ) земель [1].

Под воздействием аккумулялированных в почве УВ происходит трансформация почвенных экосистем. Изменения свойств почв и непосредственное воздействие УВ приводят к угнетению или полному ингибированию роста и развития подавляющего большинства растений; почвы становятся фитотоксичными [2]. Под воздействием различных концентраций нефти у растений замедляется рост, нарушаются функции фотосинтеза и дыхания, изменяется структура хлоропластов, в значительной мере страдают корневая система, листья, стебли, репродуктивные органы.

Знание степени устойчивости растений необходимо для решения вопросов, с одной стороны, возможности их возделывания на загрязненной почве, а с другой - использования для восстановления нарушенного почвенного плодородия (фиторемедиация).

По сравнению с традиционными способами восстановления загрязненных УВ почв фиторемедиация является экологически более безопасной и экономичной [3].

Исследования широкого круга, как культурных, так и дикорастущих растений в лабораторных и вегетационных экспериментах позволят дать важную информацию, касающуюся их устойчивости в отношении углеводородных поллютантов, и выяснить механизмы их влияния на свойства почв, загрязненных УВ.

Целью исследований являлось изучение влияния остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в технически рекультивированной серой лесной среднесуглинистой почве на всхожесть выращиваемых в природ-

но-климатических условиях Волго-Вятского региона и Среднего Поволжья сельскохозяйственных культур.

В качестве тест-объектов был испытан ряд растений потенциальных фитомелиорантов: пшеница яровая (*Triticum vulgare L.*), горчица белая (*Sinapis alba L.*), вика посевная (*Vicia sativa L.*), рожь посевная (*Secale cereale L.*), фацелия пижмолистая (*Phacelia tanacetifolia Benth.*), рапс яровой (*Brassica napus L.*) и люпин многолистный (*Lupinus polyphyllus L.*).

Почвы были искусственно загрязнены парафинистой, сернистой смолистого типа нефтью Ямашинского месторождения. Эксперимент включал несколько опытных вариантов с различным остаточным содержанием НП почве – В1, В2, В3 и В4. В качестве контроля использовалась чистая почва (К).

При проведении 3-месячной технической рекультивации пробы почвы инкубировались в лабораторных условиях при температуре 19–25°C, периодическом перемешивании и поддержании влажности 60% от полной влагоемкости. Определение концентрации НП в исследуемых образцах проводилось через 1 и 3 месяца.

Таблица 1 – Содержание нефтепродуктов в серой лесной почве, г/кг

Варианты	Через 1 месяц	Через 3 месяца
В1	10.9 ± 0.2	8.6 ± 0.3
В2	21.3 ± 0.4	17.7 ± 0.3
В3	35.0 ± 0.8	33.2 ± 0.3
В4	51.6 ± 0.4	51.1 ± 0.1

Остаточное содержание нефтяных загрязнений в почве определяли сопоставлением потерь при прокаливании массы образцов чистых и загрязненных нефтью почв [4].

При проведении мероприятий по фиторекультивации загрязненных почв должны использоваться доступные для механической посадки, обладающие определенной устойчивостью к действию присутствующих в почве поллютантов растения. На эффективность применения тех или иных растений влияют климатические условия, тип почвы, «возраст», доза, вид и токсичность загрязнителя.

В настоящее время в РФ при определении токсичности техногенно-загрязненных почв достаточно широко используется изложенная в ФР.1.39.2006.02264 методика. В ней тест-объекты выращивают в 100 г испытуемой почвы в закрытых чашках Петри в течение 3–7 суток. Критериями наличия токсического действия являются снижение всхожести семян и угнетение роста корней более чем на 20%. В тоже время, не исключается возможность стимулирования роста растений в присутствии загрязнителей или продуктов их распада, когда длина корней опытных образцов превышает контрольные.

Проведенный через месяц после начала технической рекультивации нефтезагрязненных почв посев семян показал, что их всхожесть существенно различается. Самая низкая всхожесть (не более 13%) была зарегистрирована у фацелии и рапса (рис. 1). Остаточное содержание НП в почве мало влияло на

всхожесть семян горчицы белой и вики посевой. У горчицы она составляла 47-57%, у вики – 50-65%. У люпина всхожесть варьировала в интервале от 50 до 100%. Наиболее высокой она была в крайних вариантах, содержавших 10.9 и 51.6 г/кг НП - 80% и 100%, соответственно.

Что касается злаковых культур, то содержание НП в почве в меньшей степени (рожь) или практически (пшеница) не влияло на всхожесть семян, которая составляла 73-93 и 93-100%, соответственно.

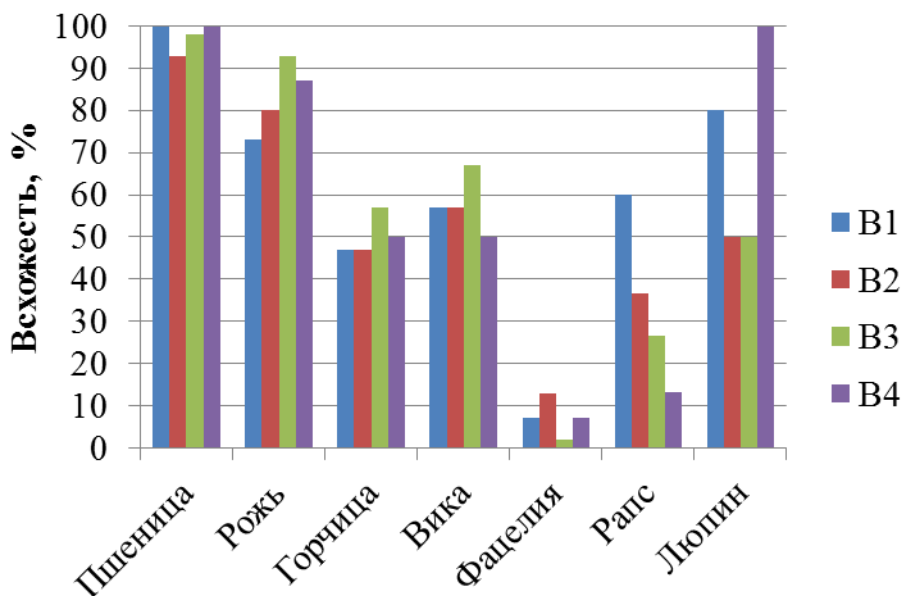


Рисунок 1 – Всхожесть семян растений через 1 месяц после начала технической рекультивации

Учитывая то, что фацелия и рапс чувствительна к нефтяному загрязнению, а использование люпина при фиторекультивации потребует его дальнейшего удаления с пахотных угодий, данные растения были исключены из дальнейших исследований.

Через 3 месяца экспозиции токсическое действие НП на растения было ниже. У вики в вариантах B2–B4 всхожесть семян увеличилась на 30, 13 и 23%, соответственно, у горчицы на 40, 33 и 16% в вариантах B1, B2 и B3, при сохранении высокого уровня всхожести у ржи и пшеницы.

Проведенные исследования показали:

1. Через 1 и 3 месяца рекультивации всхожесть пшеницы была примерно одинаковой, токсическое действие НП на растения существенно различалось. Если через месяц в опытных вариантах было зарегистрировано ингибирующее действие поллютанта, то через 3 месяца токсическое действие не проявлялось, а в варианте B1 была зарегистрирована 20% стимуляция роста корней.

2. Через 3 месяца рекультивации все опытные образцы были нетоксичны для ржи, а в вариантах B1–B3 проявлялось выраженное стимулирующее действие на рост корней, что с учетом физиологических свойств указывает на перспективность ее использования при проведении фиторекультивационных мероприятий.

3. Остаточное содержание НП в почве определяет выбор растений-фитомелиорантов. Через 3 месяца рекультивации, после снижения остаточного содержания УВ почве, возможно высаживать другие сидеральные культуры, такие как вика посевная и горчица.

Литература:

1. Гилязов М.Ю. Агроэкологическая характеристика и рекультивация нарушенных нефтедобывающими предприятиями земель в условиях Республики Татарстан. Гилязов М.Ю., Гайсин И.А. // Пробл. техноген. воздействия на агропром. комплекс и реабилитации загрязнен. территорий.-М., 2003.-С. 335-339.

2. Мифтахова А.М. Прямое и трансбиотическое влияние нефтяного загрязнения почв на высшие растения: автореф. дис. канд. биол. наук / А.М. Мифтахова; Ин-т биол. Уфим. науч. центра РАН. Уфа, 2002. - 17 с.

3. Утомбаева А.А., Петров А.М. Влияние нефтяных загрязнений на жизнедеятельность одно- и двудольных растений на рекультивированных аллювиальных луговых почвах / Химия и инженерная экология – XX // Сборник трудов Международной научной конференции (школа молодых ученых), посвященной 100-летию образования Татарской АССР (Казань, 28-30 сентября 2020 г.). – Казань: 2020. – С. 314-317.

4. Игнатъев Ю.А., Зайнулгабидинов Э.Р., Петров А.М. Применение метода прокаливания для определения содержания аллохтонных углеводов нефти в серых лесных почвах //Российский журнал прикладной экологии, 2018. № 3. С.34-37.

УДК 338.075

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МРП ЦКППН НГДУ «АЛЬМЕТЬЕВНЕФТЬ»

Фазлыева Э.Л., магистр;

Научный руководитель: Галимова А.Р., кандидат химических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация. Проведено ранжирование степени воздействия на окружающую среду по специально разработанной методике, в основу которой положен балльный подход, с учетом индексов значимости экологических аспектов, и установлены необходимые действия, предпринимаемые в отношении идентифицированного экологического аспекта, на примере объекта МРП ЦКППН НГДУ «Альметьевнефть».

Ключевые слова: ранжирование воздействия, экологический аспект, балльный подход, природоохранная деятельность.

DETERMINATION OF PRIORITY ENVIRONMENTAL ASPECTS OF ACTIVITIES OF MRP CKPPN NGDU "ALMETYEV-NEFT"

Fazlyeva E. L., master;

Scientific adviser: Galimova A. R., candidate of chemical sciences,
associate professor

Kazan National Research Technical University named A.N. Tupolev – KAI
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The ranking of the degree of impact on the environment was carried out according to a specially developed methodology, which is based on a scoring approach, taking into account the indices of significance of environmental aspects, and the necessary actions to be taken in relation to the identified environmental aspect were established, using the example of the MRP facility of the Central Committee of the Oil and Gas Production Department of the Oil and Gas Production Department Almeteyevneft.

Keyword: impact ranking, environmental aspect, score approach, environmental protection activities.

Особое место в системе экологического менеджмента занимает процесс выделения экологических аспектов. Предприятие может иметь множество экологических аспектов и связанных с ними воздействий, в связи с этим, необходимо разработать критерии и методы определения тех из них, которые можно рассматривать как значимые. Именно значимые экологические аспекты предприятию следуют улучшать в первую очередь.

Методика оценки значимости по индексу воздействия на окружающую среду [3] является одной из простых методик, наиболее понятной и применимой для различных производственных организаций.

Установление степени воздействия экологического аспекта определяется через ранжирование экологических аспектов - определения их сравнительной "важности" факторов воздействия и очередности решения выявленных проблем. Ранжирование экологических аспектов производится по специально разработанной методике, учитывающей специфику отрасли. В основу методики положены балльный подход и разработки датской консалтинговой компании COWI [4].

Было проведено ранжирование экологических аспектов объекта МРП ЦКППН НГДУ «Альметьевнефть», оказывающие наибольшее воздействие на окружающую среду. Приведена общая оценка баллов по количеству (объему) воздействия, общая оценка баллов по распространению воздействия, а также оценка баллов по степени опасности воздействия. Далее проводилась общая оценка значимости экологических аспектов проводится путем вычисления итоговой оценки (таблица 1). Итоговая оценка - индекс воздействия (ИВ), которая характеризует степень воздействия данного фактора, получается путем перемножения значений балльной оценки по всем трем параметрам.

Таблица 1 - Общая оценка баллов

Воздействие на окружающую среду	Баллы			ИВ
	К	Р	В	
Выбросы в атмосферу	3	3	2	18
Сбросы сточных вод	3	1	2	6
Отходы	2	1	2	4
Потребление воды	1	2	2	4
Потребление электрической и тепловой энергии	3	3	1	6

На следующем этапе проводится ранжирование степени воздействия на окружающую среду с учетом индексов значимости экологических аспектов (ИЗЭА), и устанавливаются необходимые действия, предпринимаемые в отношении идентифицированного экологического аспекта (таблица 2).

Таблица 2 - Ранжирование степени воздействия, значимости экологических аспектов и предпринимаемые действия

Воздействие	ИВ	ИЗЭА	Значимость	Предпринимаемые действия
Выбросы в атмосферу	18	14,4	Высокая	Необходимо выполнение мероприятий по снижению воздействия
Сбросы сточных вод	6	4,8	Умеренная	Наблюдение за динамикой значимости
Отходы	4	3,2	Умеренная	Наблюдение за динамикой значимости
Потребление воды	4	3,2	Умеренная	Наблюдение за динамикой значимости
Потребление электрической и тепловой энергии	6	4,8	Умеренная	Наблюдение за динамикой значимости

Управление экологическими аспектами включает в себя разработку мероприятий, направленных на снижение значимости экологических аспектов или контролем за поддержанием экологических аспектов на текущем уровне, мониторинг исполнения мероприятий, анализ изменения значимости экологического аспекта, а также оценку разработанных ранее мероприятий. Для управления значимыми экологическими аспектами разрабатываются мероприятия по снижению или контролю их уровня значимости (например, установка систем очистки выбросов; модернизация очистных сооружений; мониторинг экологического воздействия; своевременное техническое обслуживание; дополнительные обучение или инструктаж).

Литература:

1. ГОСТ Р ИСО 14001-2007. Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению. - Москва: Стандартинформ, 2007. - 20 с.
2. Порфирьев Ю.В. Система экологического менеджмента - залог экономического успеха // Стандарты и качество. - 2012. - N 11. - С.18-19.
3. Евстифеева Т.А., Глуховская М.Ю., Ямбулатов И.И. Оценка возможности практического применения методики выявления значимых экологических

аспектов по критерию их приоритетности // Вестник ОГУ. - 2014. - № 6(167). - С. 150-154.

4. <http://www.cowi.ru> – официальный сайт консалтинговой фирмы COWI.

УДК 351.777

СТРУКТУРА ОПРОСНОГО ЛИСТА ДЛЯ РАСЧЕТА УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА

Фасыхов А.Р., аспирант;
Гайнуллина Л.Р., кандидат технических наук
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Для расчета углеродного следа предприятий или продукции необходимо иметь перечень исходных данных, так называемый «опросный лист», который позволит качественно и количественно собрать информацию с исследуемого объекта, с целью последующего расчета выбросов парниковых газов.

Ключевые слова: углеродный след, энергоресурсы, опросный лист.

STRUCTURE OF THE QUESTIONNAIRE TO CALCULATE THE CARBON FOOTPRINT

Fasykhov A.R., postgraduate student;
Gainullina L.R., Candidate of Technical Sciences
Kazan State Power Engineering University
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: To calculate the carbon footprint of enterprises or products, it is necessary to have a list of initial data, the so-called "questionnaire", which will allow you to qualitatively and quantitatively collect information from the object under study, with the aim of subsequent calculation of greenhouse gas emissions.

Keyword: carbon footprint, energy resources, questionnaire.

Отсутствие четкой единой методики расчета углеродного следа приводит к искажению реальных показателей. Для приближения значений к реальным необходимо учитывать большое количество данных на предприятии или при производстве продукции [1].

Для оценки углеродного следа существует 3 исследуемые категории:

- 1) прямые выбросы парниковых газов (происходят при сжигании топлива самим предприятием);
- 2) косвенные выбросы парниковых газов (при покупке энергоресурсов);
- 3) косвенные выбросы парниковых газов, связанные с закупкой сырья, доставкой, продажей, использованием продукции, переработкой отходов и т.д.

От запрашиваемой информация в опросном листе и полноты ответов на каждый приведенный пункт, зависит итоговый результат. Итоговый результат подразумевает количество выбросов в атмосферу углекислого газа (CO_2), метана (CH_4), оксида азота (N_2O) при производстве продукции, а также производственных предприятий [2].

Основными исходными данными являются площади зданий и помещений, общее количество персонала, а также используемая на предприятии автомобильная техника, разделенная по критериям, таким как грузоподъемность, расхода топлива по каждому типу, километраж и т.д. Также стоит учесть автомобили и оборудование, потребляющие электроэнергию (например, платформенный электрокар, либо деревообрабатывающий станок). При формировании списка оборудования, потребляющего электроэнергию, учитывается потребляемая мощность (Вт), нормативное время работы (ч/сутки) и коэффициент полезного действия [1].

Следующий общий критерий для оценки выбросов углеродного следа, это потребляемые энергоресурсы: уголь (тонн/год), электроэнергия (кВт/ч), горячее водоснабжение ($\text{м}^3/\text{сут}$ или л/сут) или отопление (МВт или Дж/ч), газоснабжение ($\text{м}^3/\text{год}$). Данный критерий позволит оценить количество входного объема энергоресурсов и выходящего в виде переработанного топлива. При сжигании топлива самими предприятием учитывается доставка топлива и выбросы дымовых газов, что в данном случае составляет значительную долю углеродного следа. При покупке энергоресурсов необходимо рассчитать углеродный след от поставки электроэнергии, доставки газа по трубопроводам на объект, углеродный след от поставки водопроводной воды, которая прокачивается насосами. Следует учитывать количество рабочего персонала, число часов работы, график работы.

Такие данные как годовое время использования искусственного освещения (ч/год), общая мощность светильников, затрачиваемая на освещение предприятия, с указанием количества, типа и мощности одного светильника, а также характеристики электрооборудования и режимы его работы позволят планировать мероприятия по снижению углеродного следа [2].

Для продукции в опросном листе основной пункт – это объем выпускаемой продукции (ед./сутки). Но является данный раздел обобщенным, так как следует учитывать входящий углеродный след сырьевого материала, который должен указываться в паспорте поставляемого объекта, среднее расстояние перевозки готовой продукции транспортным средством (км).

Для чего необходимо прикладывать к каждому опросному листу перечень с указанием характеристик? По результатам высчитанных результатов и формирования целостной картины с результатами выбросов, возможно устанавливать следующие задачи, такие как оптимизация производственных процессов [3].

Оптимизация производственного процесса, подразумевает под собой не только установку более качественного и новейшего оборудования с низким потреблением энергоресурсов, а также использование вырабатываемого сырья повторно. Поэтому в опросном листе должно быть указано количество сырья в

эквиваленте единица в год, которое возможно повторно использовать, способ переработки с указанием объемов (количество в год), процента утилизации, процента использования в качестве топлива (энергоресурса) и количество остатков сырья после использования на основном и вторичном процессе переработки.

Таким образом, зная вышеперечисленные данные, возможно проанализировать количество перерабатываемого предприятием энергоресурса, а также выбросы при производстве единицы продукции. Провести энергоресурсный аудит предприятия с целью организации мероприятий по повышению энергоэффективности и определения возможностей снижения углеродного следа.

Литература:

1. Е.В. Насырова, Н.Ф. Тимербаев, О.В. Леухина, И.Ю. Мазаров. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2019. Том 21, №6 с.3-10

2. И. Кривошапка. Российская энергетика имеет низкий углеродный след // Энергетика и промышленность России: газета. 13.10.2021.

3. Битва за климат: карбоновое земледелие как ставка России: экспертный доклад / под ред. А. Ю. Иванова, Н. Д. Дурманова; М. П. Орлов, К. В. Пиксендеев, Ю. Е. Ровнов и др. ; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2021. – 120 с.

УДК 574.2

ОЦЕНКА ПРООКСИДАНТНЫХ СВОЙСТВ ПЕСТИЦИДОВ С ПОМОЩЬЮ ЦЕЛНОКЛЕТОЧНЫХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ LUX-БИОСЕНСОРОВ

Чернышенко Е.Р., магистрант;

Лицевич А.Р., магистрант;

Наумова Е.А., магистрант;

Сазыкина М.А., доктор биологических наук, профессор;

Ажогина Т.Н., кандидат биологических наук, младший научный сотрудник,
ассистент кафедры биохимии и микробиологии

ЮФУ «Южный федеральный университет»

(г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Аннотация: В обзоре представлены результаты оценки прооксидантных свойств пяти сельскохозяйственных препаратов, использующихся на опытных полях г. Ростов-на-Дону, с помощью цельноклеточных бактериальных lux-биосенсоров *E. coli* MG1655 (pSoxS-lux), *E. coli* MG1655 (pKatG-lux).

Ключевые слова: сельскохозяйственные препараты, токсичность, окислительный стресс, биосенсоры

ASSESSMENT OF THE PRO-OXIDANT PROPERTIES OF PESTICIDES USING WHOLE-CELL BACTERIAL LUX-BIOSENSORS

Chernyshenko E.R., Master's Degree student;
Litsevich A.R., Master's Degree student;
Naumova E.A., Master's Degree student;
Sazykina M.A., Grand PhD in Biology, professor;
Azhogina T.N., PhD in Biology, junior researcher,
assistant lecturer of biochemistry and microbiology chair
Southern Federal University
(Rostov-on-Don, Russian Federation)

Annotation: The paper presents the results of assessment prooxidant properties of five agricultural preparations used in experimental fields of Rostov-on-Don using whole-cell bacterial lux-biosensors *E. coli* MG1655 (pSoxS-lux), *E. coli* MG1655 (pKatG-lux).

Keyword: agricultural preparations, toxicity, oxidative stress, biosensors

Во всех типах организмов непрерывно протекают реакции одноэлектронного восстановления, в результате которых образуются промежуточные продукты восстановления молекул кислорода. Образующиеся таким образом активные формы кислорода (АФК) относятся к широкому кругу веществ нерадикальной и свободнорадикальной природы, общим признаком которых является высокая реакционная способность. К таким соединениям относятся, в частности, супероксидный анион – радикал ($O_2^{\cdot-}$), перекись водорода (H_2O_2), гидроксильный радикал (HO^{\cdot}), синглетный кислород, гипогалоиды ($HOCl$, $HOBr$, HOI , $HOscn$), оксид азота (NO^{\cdot}) и другие. При нарушении работы антиоксидантных систем происходит накопление АФК в организме, что приводит к повреждению функциональных белков, нуклеиновых кислот, липидов мембран, аутолизу лейкоцитов и впоследствии развитию аутоиммунных заболеваний. Это позволяет сделать вывод о том, что окислительный стресс и свободные радикалы опасны для здоровья человека. Добиться снижения окислительного стресса для живых организмов можно с помощью уменьшения воздействия опасных загрязнителей на окружающую среду. [1].

В исследовании была проведена оценка сельскохозяйственных препаратов «Фаскорд», «Бенито», «Цериакс Плюс», «Био-Дон 10», «Флексом» с помощью бактериальных люминесцентных сенсоров *E. coli* MG1655 (pSoxS-lux), *E. coli* MG1655 (pKatG-lux) на способность влиять на развитие окислительного стресса. *E. coli* MG1655 (pKatG-lux) реагирует на накопление перекиси водорода в среде. Один из генов, который стоит под контролем *OxyR* регулона – это *katG* (каталаза гидропероксидаза), которая отвечает за утилизацию образовавшейся перекиси водорода. *E. coli* MG1655 (pSoxS-lux) реагирует на появление в среде фактора транскрипции *SoxS*, который активизирует транскрипцию 16 генов, кодирующих ферменты с антиоксидантной активностью. [2] Мерой токсично-

сти служил фактор индукции, который рассчитывали по отношению биолюминесценции опытной пробы в присутствии тестируемого вещества к биолюминесценции контрольной пробы. При значении $I < 2$ токсичность вещества оценивали, как «слабую». При $2 \leq I \leq 10$ – как «среднюю». При $I > 10$ – как «сильную». [3].

Биосенсором *E. coli* MG1655 (pKatG-lux) был зарегистрирован высокий уровень прооксидантного эффекта для препарата «Фаскорд» 1% ($I=18,85 \pm 1,56$). «Бенито» 0,1% – средний ($I=2,59 \pm 0,04$). Для препарата «Цериакс Плюс» 1% также был зарегистрирован средний уровень прооксидантного эффекта ($I=2,44 \pm 0,15$). Биосенсором *E. coli* MG1655 (pSoxS-lux) не зафиксировано слабого или сильного эффекта, что говорит об отсутствии большого количества супероксид-генерирующих соединений.

Таким образом, можно сделать вывод, что наименее токсичными оказались препараты «Флексом» и «Био-Дон 10». Оба биосенсора не регистрировали для данных препаратов способности влиять на образование АФК в бактериальной клетке. Наиболее токсичным оказался препарат «Фаскорд», т.к. способен приводить к накоплению H_2O_2 в клетке.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания № 0852-2020-0029.

Литература:

1. Tseylikman V.E., Lukin A.A. On the effect of oxidative stress on the human body // International research journal. – 2022. – V. 3 (117). – P. 206-211
2. Манухов И. В. Клонирование и экспрессия lux-оперона штамм *Photobacterium luminescens* ZM1: нуклеотидная последовательность генов lux-AB и основные характеристики люциферазы / ИИ. В.Манухов, С. М. Расторгуев, Г.Е. Ерошников, А. П. Зарубина, Г.Б. Завильгельский // Генетика. – 2000. – Т. 36. – № 3. – С. 322–330
3. Sazykin I.S., Sazykina M.A., Khmelevtsova L.E., Mirina E.A, Kudeevskaya E.M., Rogulin E.A., Rakin A.V. Biosensor-based comparison of the ecotoxicological contamination of the wastewaters of Southern Russia and Southern Germany // International Journal of Environmental Science and Technology. - 2016. – V. 13. - №3. - P. 945-954. - DOI 10.1007/s13762-016-0936-0

КОНЦЕПЦИЯ ИНДЕКСНОЙ КВАЛИМЕТРИИ ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ВБЛИЗИ АВТОЗАПРАВОЧНОЙ СТАНЦИИ В Г. КАЗАНИ

Васильева М.А.;

Руководитель - доктор химических наук, профессор,
заведующий кафедрой общей химии и экологии Тунакова Ю.А.
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А. Н. Туполева - КАИ»,
(Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Использована методика, основанная на квалиметрических методах обработки первичной информации, которая позволяет оценить качество окружающей среды урбанизированной территории. Проведена оценка качества атмосферного воздуха вблизи автозаправочной станции, при этом определен уровень риска, создаваемый в зоне влияния объекта негативного воздействия.

Ключевые слова: методы оценки, индикаторы, индекс, оценка риск, квалиметрия, загрязняющие вещества, автозаправочная станция.

THE CONCEPT OF INDEX QUALIMETRY IN ASSESSING THE QUALITY OF ATMOSPHERIC AIR NEAR A GAS STATION IN KAZAN

Vasileva M.A.;

Scientific director - Doctor of Chemical Sciences, prof.,
head Department of General Chemistry and Ecology Tunakova Yu.A.
Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev – KAI
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: A methodology based on qualimetric methods of processing primary information is considered, which makes it possible to assess the quality of the urbanized territory's environment. An assessment of the quality of atmospheric air near a gas station was carried out, while the level of risk created in the zone of influence of the object of negative impact was determined.

Keyword: assessment methods, indicators, index, risk assessment, qualimetry, pollutants, gas station.

С увеличением в городах автотранспортного комплекса, появляется потребность в проектировании автозаправочных станций. В связи с этим, сопровождается увеличение вклада в уровень загрязнения атмосферного воздуха. Автозаправочная станция (АЗС) – имущественный комплекс, который предназначен для приема, хранения топлива, и для заправки транспортных средств топливом через топливораздаточные и маслораздаточные колонки [1]. Хозяй-

ственная деятельность человека приводит к появлению структурно-сложных природно-технических систем, функционирование которых, в свою очередь, запускает множество процессов, ухудшающих экологическую обстановку на локальном, региональном, национальном и даже глобальном уровнях. Объективная и полная оценка экологической обстановки в крупных городах и промышленных зонах (урбанизированная территория) – проблема, остающаяся на сегодняшний день пока не решенной. На сегодняшний день применяются методики оценки качества атмосферного воздуха, которые дают искаженную оценку состояния воздушного бассейна, в связи с утратой их актуальности. Современная оценка качества природно-техногенных объектов реализуется в том числе и с использованием методов индексной квалиметрии [2-4].

Индексную квалиметрию можно определить как область знания, содержащую теорию измерения и оценку качества как по частям, так и в целом объектов, феноменов и процессов в заданном пространстве, в интересующем нас интервале времени с помощью индексов. Индексная квалиметрия способна дать число, вариации которого указывают на увеличение или уменьшение величины, не допускающей точного измерения.

Индекс – это величина, построенная из индикаторов. При этом под индикатором понимается численное значение выбранной величины, мера свойства или мера параметра какой-либо характеристики процесса при условии, что данная величина удовлетворяет установленным правилам отбора.

Количественно индикатор подсчитывается по формуле (1):

$$\beta_i = (M_i - F_i)/C_i \quad (1)$$

где C_i – измеренная концентрация загрязняющего вещества; i – его номер; M_i – эффективное значение концентрации конкретного загрязняющего вещества, $\text{мг}/\text{м}^3$; F_i – фоновое значение (может выступать ПДК).

Индекс качества — это мера качества исследуемого объекта, выраженная через индикаторы и коррелирующая с мерой риска. Индексы качества позволяют перейти к количественной оценке уровня приемлемого экологического риска и уровня экологической безопасности. Простой индекс качества определяется следующим образом (2):

$$u_{ij} = m_{ij}/n_{ij} \quad (2)$$

где n_{ij} — число полных признаков качества; m_{ij} — число признаков, совпавших при сопоставлении с эталонными значениями.

Индекс качества безразмерен и его возможные числовые значения заключены в диапазоне ноль – единица (0–1). Индексы качества, так же как и индикаторы, могут быть простыми, агрегированными, интегральными и комплексными. В первом приближении – вероятностная мера уровня экологической опасности и магнитуды ущерба, величина пропорциональная отклонению от качества и связана с индексом качества соотношением (3):

$$R_{ij} = k(1 - u_{ij}) \quad (3)$$

где k – корректирующий коэффициент и из нее же следует, что диапазон численного изменения R_{ij} заключен в интервале (0–1), и с ростом качества риск

падает [5-6]. Следующим шагом будет определение тех понятий, которые подлежат количественной оценке.

Экологическая опасность (D) – угроза изменения состава или свойств окружающей среды, обусловленных антропогенным воздействием. Смысл данного определения – вероятностный. Это значит, что диапазон изменений этой величины также меняется от 0 до 1.

Экологическая безопасность – $S = 1/D$ – величина, обратная экологической опасности. Диапазон изменений будет соответственно $(1 - \infty)$. Для практических целей вполне достаточно оперировать диапазоном $(1 - 10)$.

Приемлемый уровень риска $R_{пр.}$ – уровень приемлемого риска соответствует численному значению равному 0,3–0,4. Все риски выше этих значений следует рассматривать как неприемлемые.

Уровень экологической безопасности, отвечающий уровню приемлемого риска, равен $S = 2,5 - 3,3$.

В этом подходе легко построить обобщенные, интегральные и комплексные индексы качества. По своему численному значению экологический индикатор может быть и меньше, и больше единицы. Для построения агрегированного экологического индикатора в простом случае не взаимодействующих загрязняющих веществ можно воспользоваться соотношением (модель аддитивной опасности) (4):

$$\frac{1}{\beta_{agr}} = \frac{1}{\beta_1} + \frac{1}{\beta_2} + \dots + \frac{1}{\beta_n} \quad (4)$$

где n — число загрязняющих веществ, подлежащих контролю.

Для выбора формы представления экологической информации в систему принятия решений можно воспользоваться специальной таблицей 1, иллюстрирующей соотношения между качественными и количественными оценками обобщенных индикаторов, экологического риска и уровня экологической безопасности.

Таблица 1 – Соотношения между качественными и количественными оценками обобщенных индикаторов, экологического риска и уровня экологической безопасности

Численные значения обобщенного индикатора $1/\beta_{agr}$	Качественная характеристика уровня экологического риска	Примерное численное значение уровня экологического риска R	Уровень экологической безопасности S
0,01-0,1	Катастрофический	близок к единице	1
0,1-0,15	Запредельный	0,9	1,1–1,2
0,15-0,2	Критический	0,8	1,2–1,3
0,2-0,4	Опасный	0,7	1,3–1,4
0,4-0,8	Зона экологического риска	0,7-0,5	1,5–2,0
0,8-0,1	Допустимый	0,5	2,0–2,2
1-2	Приемлемый	0,4	2,2–2,5
2-4	Удовлетворительный	0,3	2,5–3,3
4-7	Вполне удовлетворительный	$\leq 0,2$	3,3–5,0
>8	Фоновый	0	> 5

Так, на примере выбросов от АЗС произведем оценку обобщенных индикаторов, экологического риска и уровня экологической безопасности. В таблице 2 представлены результаты расчетов с применением методологии индексной квалиметрии.

Таблица 2 – Расчеты по методологии индексной квалиметрии

Загрязняющее вещество	Измеренная концентрация C , мг/м ³	ПДК _{м.р.} , мг/м ³ (М)	ПДК _{референтные.} , мг/м ³ (F)	β_i	$\frac{1}{\beta_i}$
Азота диоксид	0,007	0,2	0,04	22,85714	0,04375
Углерод (сажа)	0,004	0,15	0,05	25	0,04
Дигидросульфид	0,0007	0,008	0,002	8,571429	0,116667
Смесь предельных углеводородов C ₁ H ₄ -C ₅ H ₁₂	0,008	200	0,071	24991,13	0,00004
Смесь предельных углеводородов C ₆ H ₁₄ -C ₁₀ H ₂₂	0,006	50	0,071	8321,5	0,00012
Бензол	0,35	0,3	0,03	0,771429	1,296296
Бензин	0,01	5	0,071	492,9	0,002029
Алканы C ₁₂₋₁₉	0,007	1	0,071	132,7143	0,007535
Итог, сумма	-	-	-	33995,44	1,506

Тогда, исходя из таблицы 1 и таблицы 2, получим, что оценка состояния качества атмосферного воздуха в зоне влияния АЗС показывает приемлемый экологический риск ($R = 0,4$), с уровнем экологической безопасностью $S = 2,2-2,5$.

Так, оценка по методике индикаторов обладает большей точностью и большей наглядностью, что очень важно в принятии природоохранных решений. Следует также отметить, что индикаторно-рискологический подход, являющийся по существу синергетическим, в рамках которого объединяются различные области знания – это наиболее перспективный путь решения задач оценки и управления качеством компонентов окружающей среды больших городов и промышленных зон [2-4].

Литература:

1. Лей В. А. Условия обеспечения безопасности на автозаправочных комплексах // Modern Science. – 2021. – №. 2-2. – С. 372-375.
2. Тунакова Ю.А., Новикова С.В., Шагидуллин А.Р., Валиев В.С., Морайш А. Методология оценки уровня территориального экологического риска для планового управления экологической безопасностью городской среды // Экология и промышленность России. 2019. Т. 23. № 10. С. 44-49.
3. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Новикова С.В., Шмакова Ю.А. определение времени формирования высокого уровня загрязнения атмосферного воздуха в зонах действия полимерных производств (на примере .Нижнекамска). Сообщение 2 //Вестник Казанского технологического универ-

ситета. 2012. Т. 15. № 16. С. 115-118.

4. Тунакова Ю.А., Новикова С.В., Шагидуллина Р.А. Разработка управляющих воздействий для систем принятия решений на основании уровня экологического вероятностного риска // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2012. № 4-1. С. 271-277.

5. Музалевский, А. А. Оценка и управление качеством трансграничных водных объектов // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2015. – № 41. – С. 199-211.

6. Карлин, Л. Н. О двух концепциях оценки качества компонентов природной среды в крупных городах и промышленных зонах: анализ и сопоставление // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2009. – № 10. – С. 67-80.

УДК 504.455

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ Р. КАЗАНКИ

Сагадиева А.Р., бакалавр;

Научный руководитель: Галимова А.Р., доцент, канд. хим. наук.
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева - КАИ»,
(Казань, Российская Федерация)

Аннотация. Действующая система нормирования качества водных объектов не учитывает природно-антропогенные особенности состава поверхностных вод. Приведены подходы для научно-обоснованной оценки качества водных объектов с учетом природных особенностей. Проведена оценка уровня загрязнения поверхностных вод р. Казанки по содержанию общего железа, хлоридов, фосфатов и сульфатов с использованием нормативов и предлагаемых для использования в нормировании региональных фоновых концентраций.

Ключевые слова: нормативы качества, комплексные показатели, индекс загрязненности вод, фоновые концентрации, поверхностные воды, загрязненность природных вод

WATER QUALITY ASSESSMENT OF THE KAZANKA RIVER

Sagadieva A.R., bachelor;

Supervisor: Galimova A.R., Associate Professor, Ph.D. chem. Sciences.
Kazan National Research Technical University named A.N. Tupolev-KAI
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The current system of regulation of the quality of water bodies does not take into account the natural and anthropogenic features of the composition of surface waters. Approaches for a scientifically based assessment of the quality of water bod-

ies are given, taking into account natural features. An assessment was made of the level of pollution of surface waters of the river Kazanka on the content of total iron, chlorides, phosphates and sulfates using standards and proposed for use in the regulation of regional background concentrations.

Keyword: quality standards, complex indicators, water pollution index, background concentrations, surface waters, pollution of natural waters

Загрязнение водного объекта чаще всего оценивается на основе установления кратности превышения фактических концентраций отдельных элементов и веществ к их ПДК. Однако они не учитывают региональных особенностей формирования фоновых содержаний загрязняющих веществ [1,2]. Согласно п. 7 «Методических указаний по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения» (приказ Росрыболовства от 04.08.2009 №695), при нормировании для водных объектов данного типа водопользования необходимо учитывать природные особенности водных объектов [3]. Но для природных поверхностных вод культурно-бытового и рыбохозяйственного назначения, страдающих от воздействия деятельности человека, не разработаны подходы для учета природно-антропогенных особенностей, особенно для компонентов двойного генезиса ($\text{Fe}_{\text{общ}}$, NH_4^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , PO_4^{3-}), имеющих и природные и антропогенные источники поступления [1,2]. С целью адекватной оценки состава воды водных объектов, необходим учет природно-антропогенных особенностей, преимущественно для компонентов, встречающихся в природных водах исследуемых территорий в повышенных или пониженных концентрациях. Комплексные показатели качества воды должны обеспечить возможность единой оценки и сравнения чистоты вод в разных пунктах и в различные моменты времени, а также возможность выявления веществ, вносящих основной вклад в общее загрязнение воды [4,5]. Вклад единичных загрязняющих веществ в общую загрязненность воды в действительных условиях может устанавливаться либо высокими концентрациями, наблюдаемыми в течение короткого интервала времени, либо низкими концентрациями в течение длительного периода, либо иными возможными комбинациями рассматриваемых факторов оценки, учет которых должен вестись не параллельно по двум самостоятельным характеристикам, а одновременно через общий показатель.

Большой вклад антропогенного вмешательства в изменения компонентного состава основных ионов в неглубоких водах более четко выражается на примере изменчивости наибольших концентраций хлоридов, фосфатов и сульфатов. Хлориды являются преобладающим анионом в высокоминерализованных водах. Хлорид-ионы обладают высокой миграционной способностью, определяемой физико-химическими константами данного иона и условиями среды, в которой происходит миграция: они не образуют труднорастворимых минералов, не адсорбируются коллоидными системами, не накапливаются биогенным путем. Концентрации хлоридов и их колебания служат одним из критериев загрязненности поверхностных вод. Сульфаты присутствуют практически во всех поверхностных водах и являются одними из важнейших анионов. При

увеличении минерализации сульфатные ионы склонны к образованию устойчивых соединений CaSO_4 , MgSO_4 . Фосфаты в водоём поступают из ряда источников, среди которых есть и отходы некоторых производств, но большая часть его соединений попадает в водоёмы в результате сельскохозяйственной и бытовой деятельностью человека. Этот элемент применяется в составе минеральных удобрений. Анализ содержания указанных ионов в водных объектах РТ показал, что наблюдается тенденция колебания содержания хлоридов, фосфатов и сульфатов при увеличении степени загрязнённости [6]. Повышение содержания железа в природных водах, значительно ухудшает органолептические свойства воды.

Целью работы являлось определение состава природных вод водного объекта реки Казанки. Река Казанка является 62-м притоком р. Волги, впадает в Волгу на 1825 м км от устья у г. Казани. Казанка является памятником природы. Длина реки составляет 142 километра. Площадь водосбора - 2600 квадратных километров, большая часть его территории занята культурными посадками. Вдоль Казанки установлена водоохранная зона шириной 300 метров. Дно русла известковое, вследствие чего вода жёсткая, насыщена сернокислой известью и непригодна для домашнего употребления. Что касается антропогенного влияния река истощается и загрязняется в результате сельскохозяйственной деятельности (верховье), животноводства, несоблюдения природоохранных зон особенно для притоков. Поэтому в притоки поступают биогенные, органические и взвешенные вещества, аккумулирующиеся в нижнем течении.

Отбор проб природных вод проводился в соответствии с ГОСТ Р 51592-2000 [7]. Определение железа общего проводилось в соответствии с ПНД Ф14.1:2:4.50-96 фотометрически, сульфатов в соответствии с ГОСТ 31940-2012, хлоридов в соответствии с ГОСТ 51232-98, фосфат-ионов по ГОСТ 18309-2014.

В таблице 1 приведены результаты измерений, которые сравнивались с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) химических веществ водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования [8], а также с региональными фоновыми концентрациями, полученные в работе [10], которые обоснованы для использования в качестве пороговых.

Таблица 1 - Результаты измерений и пороговые концентрации исследуемых компонентов

Типы концентраций	Fe^{2+} , мг/л	SO_4^{2-} , мг/л	Cl^- , мг/л	PO_4^{3-} , мг/л
Концентрация ср	0,33	300	75	0,18
Фон	0,079	301	18,0	0,284
ПДКр/х	0,3	500	350	3,5

Методика оценки качества водных объектов основана на расчёте индекса загрязнения воды (ИЗВ). ИЗВ относится к категории показателей, наиболее часто используемых для оценки качества водных объектов. Данный индекс является стандартным аддитивным коэффициентом и выражает среднюю долю превышения ПДК по ограниченному числу компонентов:

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}$$

где: C_i – концентрация компонента (в ряде случаев – значение физико-химического параметра); n – число показателей, используемых для расчета индекса, ПДК_{*i*} – установленная величина норматива для соответствующего типа водного объекта.

Получены результаты: ИЗВ_{ПДК} = 0,49; ИЗВ_{фон} = 2,49

Согласно полученным результатам, интегральный показатель, рассчитанный по фоновым концентрациям указывает на большее загрязнение, чем результаты, полученные по значениям ПДК. Это объясняется тем, что при оценке по фоновым значениям фиксируются природно-антропогенные отклонения, не характерные для того или иного типа вод, для которых эти фоновые значения установлены.

Литература:

1. Мусихина Т.А., Черезова Л.М. Недостатки нормативов для оценки качества водных объектов по химическим показателям// Использование и охрана водных ресурсов, 2009. - № 3. – С. 17-19.

2. Банникова О.А., Бычкова Е.Н. К вопросу об установлении региональных нормативах качества воды // Водное хозяйство России, 2011. – № 6. – С. 54-68.

3. Методические указания по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного назначения (утверждены Приказом Росрыболовства от 04.08.2009 №695).

4. Тунакова Ю.А., Новикова С.В., Шагидуллина Р.А. Разработка управляющих воздействий для систем принятия решений на основании уровня экологического вероятностного риска// Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2012. № 4-1. С. 271-277.

5. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Новикова С.В., Валиев В.С. Методология определения нормативов качества для приоритетных загрязняющих веществ в различных средах// Безопасность жизнедеятельности. 2014. № 7 (163). С. 26-29.

6. Захаров С.Д., Жданова Г.Н., Исмаилова Р.Н., Кондратьева Т.А. К вопросу о региональных особенностях качества водных объектов на территории Республики Татарстан// Вестник Казанского технологического университета. – 2012., №11. - С. 45-49.

7. ГОСТ Р 51592-2000 Вода. Общие требования к отбору проб. – М. Госстандарт России, 2000– 48 с.

8. ПНД Ф14.1:2:4.50-96. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации общего железа в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом М.: 1996.

9. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. – М. Минздрав России, 2003. – 152с.

10. Тунакова Ю.А., Новикова С.В., Байбакова Е.В., Валиев В.С. Методология определения региональных пороговых концентраций для расчёта нормативов допустимого сброса жидких производственных отходов в поверхностные воды//Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 4. С. 28-33.

11. «Современное Экологическое состояние города Казань» [Электронный ресурс] - <https://www.referat911.ru/Ekologiya/sovremennoe-jekologicheskoe-sostoyanie-goroda-kazan/306671-2676787-place2.html> (Дата обращения: 11.07.2022 г.)

12. «Река Казанка – главная природная достопримечательность Казани» [Электронный ресурс] - <https://eco-turizm.net/2254-reka-kazanka-glavnaya-prirodnaya-dostoprimechatelnost-kazani.html> Дата обращения: 13.07.2022 г.)

УДК 504.455

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ОЗ. НИЖНИЙ КАБАН В Г. КАЗАНЬ

Селедкина В.А., бакалавр

Научный руководитель: Галимова А.Р., доцент, канд. хим. наук.
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева - КАИ»,
(Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Способы учета региональных особенностей составов поверхностных вод являются ключевым аспектом обеспечения экологической безопасности территорий. В представленном исследовании проанализирован уровень загрязнения поверхностных вод озера Нижний Кабан в городе Казань по содержанию значимых компонентов с использованием региональных фоновых концентраций и нормативов предельно допустимых концентраций (ПДК).

Ключевые слова: нормативы качества, предельно допустимая концентрация, экологическая безопасность, антропогенное воздействие, загрязняющие вещества, качество вод.

WATER QUALITY ASSESSMENT LAKE NIZHNY KABAN IN KAZAN

Seledkina V.A., bachelor;

Supervisor: Galimova A.R., Associate Professor, Ph.D. chem. Sciences
Kazan National Research Technical University named A.N. Tupolev-KAI
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: Methods for taking into account regional features of surface water compositions are a key aspect of ensuring the ecological safety of territories. In the presented study, the level of surface water pollution of the Nizhny Kaban lake in the city of Kazan was analyzed in terms of the content of significant components using regional background concentrations and standards for maximum allowable concentrations (MPC).

Keyword: quality standards, maximum allowable concentration, environmental safety, anthropogenic impact, pollutants, water quality.

На сегодняшний день основными нормативом качества, характеризующим допустимое содержание загрязняющих веществ в водоемах и водотоках [1], являются предельно допустимые концентраций. Эти санитарно-гигиенические нормативы устанавливаются на основе тестирования биологических объектов в некоторых стандартизованных модельных условиях. Однако, для целого ряда компонентов фоновое содержание в природных водах превышает значения ПДК, например содержание железа и марганца во многих речных бассейнах Российской Федерации, значительно превышает рыбохозяйственные и санитарно-гигиенические ПДК.

Согласно п. 7 «Методических указаний по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения» [2] при нормировании для водных объектов данного типа водопользования необходимо учитывать природные особенности водных объектов. Существуют альтернативные методы регулирования, в частности, региональные стандарты качества воды, призванные в какой-то степени устранить эти недостатки. В таком случае в первую очередь необходимо разработать региональные стандарты для водоемов, где концентрации компонентов существенно отличаются от установленных на федеральном уровне значений ПДК. Содержание компонентов подвергается природным и антропогенным колебаниям в течение года. Концентрации хлоридов и их колебания служат одним из критериев загрязненности поверхностных вод. Сульфаты встречаются практически во всех поверхностных водах и являются одними из важнейших анионов. При увеличении минерализации сульфатные ионы склонны к образованию устойчивых соединений CaSO_4 , MgSO_4 . Концентрация фосфатов в природных водах обычно очень мала — сотые, редко десятые доли миллиграммов фосфора в литре. В водные объекты соединения фосфора могут поступать в виде орто-, мета-, пиро- и полифосфат-ионов (удобрения, синтетические моющие средства, добавки, предупреждающие образование накипи в котлах и т.п.), а также в виде разнообразных фосфорсодержащих органических соединений (включая пестициды). Анализ содержания этих ионов в водоемах республики Татарстан показал, что при повышенной степени загрязнения наблюдается тенденция к колебаниям содержания хлоридов, фосфатов и сульфатов. Повышение содержания железа в природных водах, значительно ухудшает органолептические свойства воды [3-7].

Целью работы было определение состава природных вод водного объекта озера Нижний Кабан. Кабан — система озёр, расположенная в черте города Ка-

заны. Система является самой крупной в республике Татарстан. Состоит из трёх озёр, протяжённых с севера на юг (от центра к югу города) и соединённых протоками: Ближний (Нижний) Кабан, Средний Кабан и Верхний (Дальний) Кабан. В результате осложнений карстовыми провалами озера образовались на месте старого большого изгиба реки Волги. Нижний (Ближний) Кабан отделяется от естественного канала Булака перемычкой, через которую вода периодически откачивается из озера для регулирования уровня.

Для оценки содержания маркерных компонентов хлоридов, сульфатов и общего железа забор проб воды из озера Нижний Кабан проводился в соответствии [8]. Определение железа общего проводилось в соответствии с ПНД Ф14.1:2:4.50-96 фотометрически, сульфатов в соответствии с ГОСТ 31940-2012, хлоридов в соответствии с ГОСТ 51232-98, фосфат-ионов по ГОСТ 18309-2014.

Результаты анализов (таблица 1) сравнивались с ПДК химических компонентов в водоемах, которые относятся к культурно-бытовому водопользованию [9], и региональными фоновыми концентрациями, которые были определены в работе [10].

Таблица 1 - Результаты анализа пробы воды и фоновые показатели.

Типы концентраций	Fe ²⁺ мг/л	SO ₄ ²⁻ мг/л	СГ мг/л	PO ₄ ³⁻ , мг/л
Концентрация ср.	1	150	350	0,11
Фон	0,082	391	21,3	0,247
ПДКр/х	0,3	500	350	3,5

Для оценки качества водных объектов используется индекс загрязнения воды (ИЗВ). ИЗВ относится к категории показателей, наиболее часто используемых для оценки качества водных объектов. Этот индекс является типичным аддитивным коэффициентом и представляет собой среднюю долю превышения ПДК по ограниченному числу компонентов:

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}$$

где: C_i – концентрация компонента (в ряде случаев – значение физико-химического параметра); n – число показателей, используемых для расчета индекса, ПДК_i – установленная величина норматива для соответствующего типа водного объекта.

Получены результаты: $\text{ИЗВ}_{\text{ПДК}} = 1,17$; $\text{ИЗВ}_{\text{ФОН}} = 7,36$.

Исходя из полученных результатов, интегральный показатель, рассчитанный по фоновым значениям, показывает значительно большее загрязнение, чем ИЗВ, рассчитанный по значениям ПДК. Это объяснимо тем, что при оценке по фоновым значениям фиксируются отклонения, не характерные для того или иного типа вод, для которых эти фоновые значения установлены.

Литература:

1. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. – М. Минздрав России, 2003. – 152с.

2. Методические указания по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного назначения (утверждены Приказом Росрыболовства от 04.08.2009 №695).

3. Мусихина Т.А., Черезова Л.М. Недостатки нормативов для оценки качества водных объектов по химическим показателям// Использование и охрана водных ресурсов, 2009. - № 3. – С. 17-19.

4. Банникова О.А., Бычкова Е.Н. К вопросу об установлении региональных нормативах качества воды // Водное хозяйство России, 2011. – № 6. – С. 54-68.

5. Тунакова Ю.А., Новикова С.В., Шагидуллина Р.А. Разработка управляющих воздействий для систем принятия решений на основании уровня экологического вероятностного риска// Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2012. № 4-1. С. 271-277.

6. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Новикова С.В., Валиев В.С. методология определения нормативов качества для приоритетных загрязняющих веществ в различных средах// Безопасность жизнедеятельности. 2014. № 7 (163). С. 26-29.

7. Захаров С.Д., Жданова Г.Н., Исмаилова Р.Н., Кондратьева Т.А. К вопросу о региональных особенностях качества водных объектов на территории Республики Татарстан// Вестник Казанского технологического университета. – 2012., №11. - С. 45-49.

8. ГОСТ Р 51592-2000 Вода. Общие требования к отбору проб. – М. Госстандарт России, 2000– 48 с.

9. ПНД Ф14.1:2:4.50-96. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации общего железа в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом М.: 1996.

10. Тунакова Ю.А., Новикова С.В., Байбакова Е.В., Валиев В.С. Методология определения региональных пороговых концентраций для расчёта нормативов допустимого сброса жидких производственных отходов в поверхностные воды//Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 4. С. 28-33.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ОЗ. КОМСОМОЛЬСКОЕ

Водянчук К.В., бакалавр

Научный руководитель: Галимова А.Р., доцент, канд. хим. наук.
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А. Н. Туполева - КАИ»,
(Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Проведена оценка качества природных вод оз. Комсомольское культурно-бытового назначения по содержанию общего железа, хлоридов, фосфатов и сульфатов с использованием нормативов и региональных фоновых концентраций. Разработка региональных нормативов качества необходима для регулирования антропогенного воздействия на водные объекты с учетом природно-антропогенных особенности состава поверхностных вод.

Ключевые слова: нормативы качества, предельно допустимые концентрации, региональные особенности, качество вод.

WATER QUALITY ASSESSMENT KOMSOMOLSKOYE LAKE

Vodyanchuk K.V., bachelor;

Supervisor: Galimova A.R., Associate Professor, Ph.D. chem. Sciences.
Kazan National Research Technical University named A.N. Tupolev-KAI
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: An assessment of the quality of natural waters of the lake. Komsomolskoye for cultural and community purposes in terms of the content of total iron, chlorides, phosphates and sulfates using standards and regional background concentrations. The development of regional quality standards is necessary to regulate the anthropogenic impact on water bodies, taking into account the natural and anthropogenic features of the composition of surface waters.

Keyword: quality standards, maximum allowable concentrations, regional features, water quality.

В настоящее время основным показателем, определяющим качество поверхностных вод, является предельно допустимые концентрации (ПДК), которые установлены на федеральном уровне. Согласно п. 7 «Методических указаний по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения» (приказ Росрыболовства от 04.08.2009 №695), при нормировании для водных объектов данного типа водопользования необходимо учитывать природные особенности водных объектов. Однако подходы для их учета для природных поверхностных вод, которые находятся под непосредственным антропогенным влиянием, не утверждены. Для того, чтобы оценка состава воды

водных объектов была максимально точной и адекватной, необходимо учитывать фоновые концентрации, особенно для компонентов, встречающихся в природных водах исследуемых территорий в повышенных или пониженных относительно ПДК концентрациях. Концентрации хлоридов, фосфатов и сульфатов сигнализируют о воздействии антропогенного фактора в трансформации компонентного состава поверхностных природных вод [1-5]. Фосфат-ионы в воде появляются из рассыпанных по полям удобрений (суперфосфаты), из моющих средств (полифосфаты). Они образуются при естественном разложении, при биохимической переработке останков живых организмов: растений, насекомых, животных. Больше всего фосфатов поступает в природу от сельскохозяйственной деятельности, из промышленных стоков, от эрозии грунтов и регенерации донных минеральных отложений. Сульфаты присутствуют во многих поверхностных водах. Они попадают в воду вместе с промышленными, техническими, канализационными стоками, в которых содержание сульфатов намного выше ПДК. Анализ содержания указанных ионов в водных объектах РТ показал, что наблюдается тенденция колебания содержания хлоридов и сульфатов при увеличении степени загрязненности. Для озер характерен привнос железа за счет частично выходящих на поверхность грунтовыми водами с высоким содержанием железа.

Целью работы являлось определение состава природных вод водного объекта оз. Комсомольское по указанным компонентам. Оно находится на южной окраине микрорайона Дербышки Советского района города Казань. Площадь водного зеркала около 2 га. Длина 350 м, максимальная ширина 60 м. Максимальная глубина 3 м. Форма вытянутая, близкая к овальной. Котловина озера представляет собой карстовую воронку, днище которой в 1970-е годы было углублено и выровнено.

Отбор проб природных вод проводился в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51592-2000 [6]. Определение железа общего проводилось в соответствии с ПНД Ф14.1:2:4.50-96 фотометрически [7]. Определение сульфатов в соответствии с ГОСТ 31940-2012 [8], определение хлоридов в соответствии с ГОСТ 51232-98 [9], фосфат-ионов по ГОСТ 18309-2014 [10].

Получены результаты, которые сравнивались с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) химических веществ в воде водных объектов культурно-бытового назначения [11], а также с региональными фоновыми концентрациями, полученные в работе [12], которые обоснованы для использования в качестве пороговых.

Типы концентраций	Fe ²⁺ мг/л	SO ₄ ²⁻ мг/л	Cl ⁻ мг/л	PO ₄ ³⁻ , мг/л
Концентрация ср.	0,64	400	10	0,03
Фон	0,139	66,4	26,1	0,259
ПДК к/б	0,3	500	350	3,5

Для оценки качества водных объектов используется индекс загрязнения воды (ИЗВ). ИЗВ относится к категории показателей, наиболее часто использу-

емых для оценки качества водных объектов. Этот индекс является типичным аддитивным коэффициентом и представляет собой среднюю долю превышения ПДК по ограниченному числу компонентов:

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}$$

где: C_i – концентрация компонента (в ряде случаев – значение физико-химического параметра); n – число показателей, используемых для расчета индекса, ПДК_i – установленная величина норматива для соответствующего типа водного объекта.

Получены результаты: $\text{ИЗВ}_{\text{ПДК}} = 0,74$, $\text{ИЗВ}_{\text{фон}} = 2,78$

Как видно из представленных результатов, оценки, рассчитанные по фоновым концентрациям, указывают на большее загрязнение, чем оценки, полученные по ПДК. Это объясняется тем, что при оценке по фоновым значениям фиксируются отклонения, не характерные для того или иного типа вод, для которых эти фоновые значения установлены.

Литература:

1. Мусихина Т.А., Черезова Л.М. Недостатки нормативов для оценки качества водных объектов по химическим показателям// Использование и охрана водных ресурсов, 2009. - № 3. – С. 17-19.

2. Банникова О.А., Бычкова Е.Н. К вопросу об установлении региональных нормативах качества воды // Водное хозяйство России, 2011. – № 6. – С. 54-68.

3. Методические указания по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного назначения (утверждены Приказом Росрыболовства от 04.08.2009 №695).

4. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Новикова С.В., Валиев В.С. Методология определения нормативов качества для приоритетных загрязняющих веществ в различных средах// Безопасность жизнедеятельности. 2014. № 7 (163). С. 26-29.

5. Захаров С.Д., Жданова Г.Н., Исмаилова Р.Н., Кондратьева Т.А. К вопросу о региональных особенностях качества водных объектов на территории Республики Татарстан// Вестник Казанского технологического университета. – 2012., №11. - С. 45-49.

6. ГОСТ Р 51592-2000 Вода. Общие требования к отбору проб. – М. Госстандарт России, 2000– 48 с.

7. ПНД Ф14.1:2:4.50-96. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации общего железа в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом М.: 1996.

8. Межгосударственный стандарт ГОСТ 31940-2012 "Вода питьевая. Методы определения содержания сульфатов". 2012.

9. ГОСТ Р 51232-98 Группа Н08. Государственный стандарт Российской Федерации вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества Drinking water. 1999

10. ГОСТ 18309-2014 Вода. Методы определения фосфорсодержащих веществ. – М.: Стандартиформ, 2019 – 22 с.

11. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. – М. Минздрав России, 2003. – 152с.

12. Тунакова Ю.А., Новикова С.В., Байбакова Е.В., Валиев В.С. Методология определения региональных пороговых концентраций для расчёта нормативов допустимого сброса жидких производственных отходов в поверхностные воды//Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 4. С. 28-33.

НАПРАВЛЕНИЕ 4

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

ВЫЯВЛЕНИЕ ДОМИНИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ АЭРОГЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ВЫСОКОУРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ

Галимова А.Р.¹, кандидат химических наук, доцент;
Тунакова Ю.А.¹, доктор химических наук, профессор,
зав. кафедрой Общей химии и экологии;
Шагидуллин А.Р.², кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник

¹Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н.Туполева – КАИ,

²Институт проблем экологии и недропользования Академии наук РТ,
г. Казань, Россия

Аннотация: Проведена оценка риска здоровью населения на примере г. Нижнекамска при воздействии компонентов выбросов, присутствующих в выбросах передвижных источников и стационарных источников загрязнения. Определены вклады источников обоих типов в формируемый уровень риска здоровью населения. Установлено, что по отдельным точкам исследования вклад выбросов от передвижных источников загрязнения превышает вклад стационарных источников выбросов. Таким образом, передвижные источники выбросов являются доминирующим фактором формирования рисков здоровью населения на локальных участках даже в условиях преобладания стационарных источников выбросов.

Ключевые слова: оценка риска; выбросы автотранспорта; стационарные источники; здоровье населения.

IDENTIFYING THE DOMINANT RISK FACTORS FOR POPULATION HEALTH UNDER AEROGENIC IMPACT IN A HIGHLY URBANIZED TERRITORY

Galimova A.R.1, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor;
Tunakova Yu.A 1, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head. Department of
General Chemistry and Ecology;

Shagidullin A.R.2, Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Senior Researcher

¹Kazan National Research Technical University, A.N. Tupolev - KAI,

²Institute of Problems of Ecology and Subsoil Use of the Academy of Sciences of the
Republic of Tatarstan, Kazan, Russia

Annotation: An assessment of the risk to public health was carried out on the example of the city of Nizhnekamsk under the influence of emission components present

in emissions from mobile sources and stationary sources of pollution. The contributions of sources of both types to the formed level of risk to public health are determined. It has been established that at some points of the study, the contribution of emissions from mobile sources of pollution exceeds the contribution of stationary sources of emissions. Thus, mobile emission sources are the dominant factor in the formation of public health risks in local areas, even under the predominance of stationary emission sources.

Keyword: risk assessment; vehicle emissions; stationary sources; population health.

Развитие дорожной инфраструктуры и увеличение числа автотранспортных средств приводит к росту вклада передвижных источников выбросов в общий уровень загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха, даже на территориях с высокой концентрацией стационарных источников выбросов. Выбросы от передвижных источников имеют крайне неблагоприятные для рассеивания параметры, такие как малая высота выброса и скорость поступления газовой смеси. При этом выбросы передвижных источников поступают в зону дыхания человека и не подлежат оперативному регулированию объемов при неблагоприятных метеорологических условиях. С выбросами автотранспорта в атмосферу поступают оксиды углерода, серы, азота, формальдегид, метан, бенз(а)пирен, взвешенные вещества - до 300 различных соединений, в том числе и металлы [1,2].

В местах постоянного проживания населения вблизи крупных автомагистралей могут формироваться приземные концентрации загрязняющих веществ более высокие, чем регистрируются на постах наблюдений, и создающие риск для здоровья населения на уровне, который квалифицируется как неприемлемый [3].

В качестве экспериментальной площадки нашего исследования выбрана территория города Нижнекамска. Город Нижнекамск неоднократно попадал в список городов на территории РФ с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха, вследствие высокой антропогенной нагрузки стационарных источников выбросов предприятий химической и нефтехимической промышленности. Выбросы передвижных источников загрязнения намного меньше по тоннажу выбросов, но формируют локальные максимумы концентраций в зонах влияния автомагистралей [4].

Для проведения расчетов величин выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух автотранспортом на дорогах города Нижнекамск были проведены натурные обследования структуры и интенсивности движения транспортных средств на 17 участках дорог (расчетные точки) по всей территории города.

В соответствии с методикой [5] были выбросы загрязняющих веществ от автотранспорта. Далее были рассчитаны концентрации исследуемых загрязняющих веществ по значениям максимально разовых выбросов и риски для здоровья населения (доли референтных концентраций) в программе УПРЗА «Эколог-Город». Программа реализует методы расчетов [6]. Также на основе свод-

ной базы данных параметров выбросов г. Нижнекамск (ИПЭН АН РТ, 2020) был проведен расчет концентраций вредных веществ, формируемых выбросами стационарных источников, действующих на территории города. Расчет рисков выполняется в соответствии с положениями руководства [7].

Полученные значения риска для здоровья населения от выбросов автотранспорта, стационарных источников и суммарные значения рисков при одновременном поступлении загрязняющих веществ выбросами обоих видов источников представлены на рисунке 1.

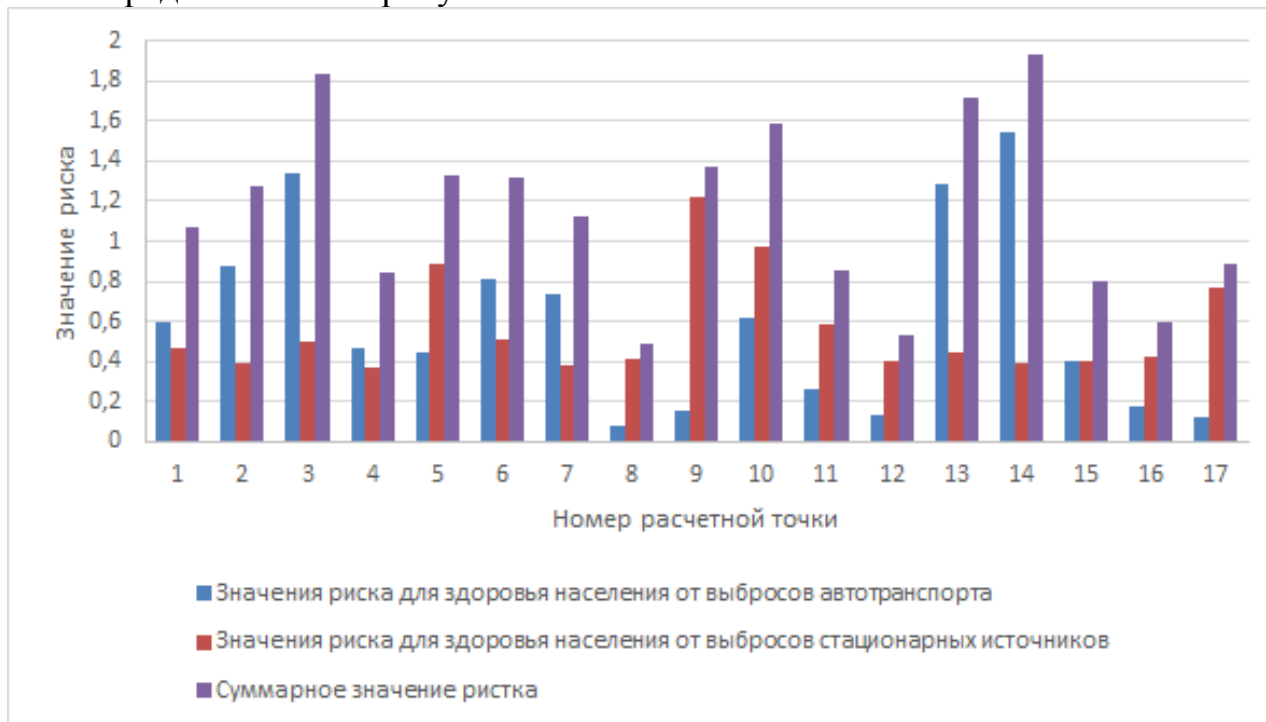


Рисунок 1 - Значения риска для здоровья населения по расчетным точкам г. Нижнекамска

Суммарное значение рисков для здоровья населения при одновременном воздействии выбросов автотранспорта и стационарных источников не превышает допустимое значение в расчетных точках 4, 8, 11, 12, 15, 16 и 17. На этих участках воздействие загрязняющих веществ атмосферы на здоровье населения характеризуется как допустимое; вероятность развития у населения вредных эффектов при ежедневном поступлении загрязняющих веществ незначительна.

В расчетных точках 1, 2, 5, 6, 7, 9 суммарное значение рисков для здоровья населения при одновременном воздействии выбросов автотранспорта и стационарных источников превышает допустимое значение на 7-37%, а точках 3, 10, 13 и 14 превышение более существенное и составляет 59-93%. При этом в расчетных точках 1, 2, 3, 6, 7, 13 и 14 основной вклад в выбросы и риск здоровью вносит автотранспорт, а в зонах 2, 3, 13 и 14 превышение риска для здоровья от выбросов автотранспорта значения риска от выбросов стационарных источников составляет более чем в 2 раза.

Таким образом, нами установлено, что даже для территории, на которой преобладают выбросы стационарных источников загрязнения, по отдельным участкам вклад выбросов от передвижных источников загрязнения больший,

чем от стационарных источников выбросов. Следовательно, при оценке и управлении факторами, формирующими уровень загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха на территории концентрации стационарных источников выбросов необходим учет влияния транспортной составляющей в зонах действия автомагистралей.

Благодарности

Научные исследования проведены при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках исполнения обязательств по Соглашению №075-03-2022-122 от 14 января 2022 г. (номер темы fzs-2020-0021).

Литература:

1. Holguin F., Tellez-Rojo M.M., Hernandez M., Cortez M., Chow J.C., Watson J.G., ... Romieu I. Air pollution and heart rate variability among the elderly in Mexico City // *Epidemiology*. 2003. V/ 14(5). P. 521-527.

2. WHO. Health aspects of air quality in Europe. Results from the WHO project «Systematic review of health aspects of air pollution in Europe». Copenhagen. 2004. Retrieved from https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0003/74730/E83080.pdf.

3. Dominici F., McDermott A., Zeger S.L., & Samet J.M. On the use of generalized additive models in time-series studies of air pollution and health // *American Journal of Epidemiology*. 2002. V. 156(3). P. 193-203.

4. Тунакова Ю.А., Новикова С.В., Иванов Д.В., Шагидуллин А.Р., Валиев В.С., Мораис А.Дж. Подходы к установлению пороговых концентраций приоритетных загрязнителей в компонентах городской экосистемы // *Теоретическая и прикладная экология*. 2020. №3. С. 23-28. DOI: 10.25750 / 1995-4301-2020-3-023-028.

5. Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха (утверждена приказом Минприроды РФ от 27.11.2019 №804).

6. Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе (утверждены приказом Минприроды РФ от 06.06.2017 № 273).

7. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Р 2.1.10.1920-04.

**ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ИССЛЕДОВАНИЯ
АДСОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ РЕНТГЕНОФАЗОВЫМ АНАЛИЗОМ
В УЧЕБНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ КАФЕДРЫ ТЕПЛОТЕХНИКА
И ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА**

Зарипов Дж.А.

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими.
(г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Анотация: В лаборатории кафедры «Теплотехника и теплоэнергетика» проводятся работы, которые дают возможность ознакомиться с методами измерения термодинамических параметров рабочих тел а также при выполнении лабораторных работ по теплотехнике производятся измерения температуры, давления, а также силы тока, напряжения и мощности.

Ключевые слова: температура, давления, электрические величина, напряжение, мощность, энтальпия, степень сухости пара, влага известь.

**SAFETY RULES FOR PERFORMING THE STUDY OF ADSORPTION
PROPERTIES OF X-RAY PHASE ANALYSIS IN EDUCATIONAL
LABORATORIES BY THE DEPARTMENT OF HEAT ENGINEERING
AND THERMAL ENERGY**

Zaripov J.A.

Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi.
(Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Annotation: In the laboratory of the department, work is carried out that makes it possible to get acquainted with the methods of measuring the thermodynamic parameters of working bodies, and also when performing laboratory work on heat engineering, temperature, pressure, as well as current, voltage, power are measured.

Keyword: temperature, pressure, electrical quantities, voltage, power, enthalpy, steam dryness, lime moisture.

Введение

При выполнении лабораторных работ и соответствующих измерений необходимо соблюдать правила внутреннего распорядка и инструкции по технике безопасности [1].

Правила выполнения работ в учебных лабораториях проводятся следующим образом

1. Не разрешается класть портфели, сумки и прочие вещи на лабораторное стенда, где смонтированы приборы и установки. При входе в лабораторию все личные вещи должны быть сложены на отдельный стол.

2. Выполнение лабораторных работ без предварительной сдачи специального зачета по лабораторным работам и ознакомления с правилами техники безопасности не разрешается. Приступать к выполнению работы можно только с разрешения лаборанта или преподавателя [4].

Включение и выключение установок производится только с разрешения лаборанта или преподавателя. Принимая во внимание вышеизложенная требования, мы провели исследования адсорбционных свойств вещества рентгенофазовым анализом в учебной лаборатории кафедры «Теплотехника, и теплоэнергетика».

Данное исследование предполагает изучение адсорбционных свойств веществ и материалов при различных температурах, позволяющего установить их компонентный состав, что не мало важно в обеспечении экологической безопасности окружающей среды. В качестве примера нами были проведена исследования адсорбционных свойств порошковой, гранулированной извести и её продуктов с месторождения села Чаманзор Яванского района Республики Таджикистан, первоначально выполнили анализ известняка. В данной статье произведено экспериментальное исследование и анализ молотой негашёной извести и основные свойства переувлажненных связанных грунтов при укреплении их цементом [3].

Метод исследования: Для уточнения структуры негашёного известняка провели рентгенофазовый анализ результата исследования рентгенофазовым анализом представлена в таблице 1. Определено свойство порошковой, гранулированной негашёной извести и её продуктов при температуре от 296,084К до 338,728К., и уточнён характер изменения теплоотдачи исследуемых объектов [4].

Таблице 1 - Результаты исследования рентгенофазовым анализом [4].

<i>2-Theta – тета, (θ) Градус</i>	<i>D-Spacin – интервал, d, A^0</i>	<i>Intensity – интен- сивность, $M \cdot A \cdot C$</i>	<i>Width- ширина, A^0</i>	<i>Confidence- уверенность, %</i>	<i>Matches- соответствии</i>
23.084	3.8497	166	0.148	100%	A
26.544	3.3552	21	0.161	99.7%	
29.452	3.0303	1451	0.140	100%	A
31.487	2.8389	36	0.163	100%	A
36.030	2.4907	239	0.145	100%	A
39.481	2.2805	310	0.146	100%	A
43.237	2.0907	274	0.153	100%	A
46.585	1.9480	12	0.133	92.3%	
47.165	1.9254	90	0.152	100%	A
47.603	1.9087	259	0.151	100%	A
48.597	1.8719	294	0.156	100%	A
56.661	1.6232	63	0.156	100%	A
57.502	1.6014	143	0.170	100%	A
58.159	1.5849	17	0.139	99.4%	A
60.757	1.5232	83	0.154	100%	A
61.477	1.5070	27	0.146	99.9%	A
63.141	1.4713	31	0.147	100%	A

64.782	1.4379	83	0.182	100%	A
65.728	1.4195	34	0.173	100%	A

В таблице 1 наибольшее совпадение наблюдается элементом группа (A), которое на графике изображено в виде пика (рисунок 2). Каждый пик на рисунке 1 показывает 100% элемент в составе рассматриваемого вещества. Например, в таблице 1 (*Matches - соответствии* -17/19) показано 17 соответствий их 19 которое указывают на известный элемент тем самым подтверждают отношение вещества к известному.

Результат рентгенофазового анализа таблицы 1 представляется в виде графика на рисунке 1.

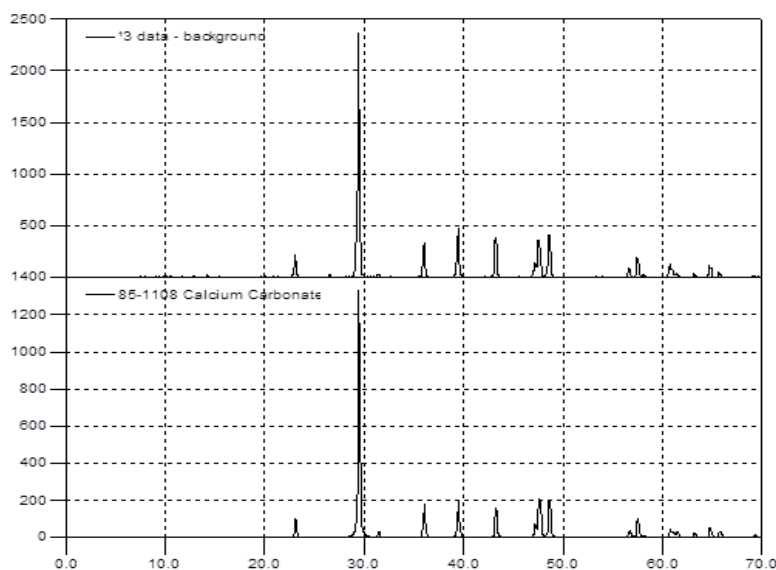


Рисунок 1 - Результат рентгенофазового анализа исследуемого образца [4].

Данная исследование предполагает изучение адсорбционных свойств в веществ и материалов при различных температурах, позволяющего установить их компонентный состава, что не мало важно в обеспечении экологической безопасности, окружающей среда

Выводы

1. Получены экспериментальные данные по результатам рентгенофазового анализа в зависимости от массы при различных температурах (296,084- 338,728) К.

2. Установлено, что адсорбенты обладают чрезвычайно развитой поверхностью и с ростом температура максимальная адсорбция достигается за счет оброрования большого количества пара в твердом теле.

3. В прцесе проведения эксперимента наблюдалось выделение газа, по этому важно обеспечить защиту экспериментара от его таксического воздействия. С данной целью выпольняющему эксперимент необходимо использовать маску и строго придерживатся правил выпольнения работа [2].

Литература:

1. Емелина З.Г., Емелин Д.Г. Безопасность жизнедеятельности : Учебное пособие. Красноярск : ИПЦ КГТУ. С.183- 200.
2. Волокитин Г.Г., Гузеев В.В. и др. Физико-химические основы строительного материаловедения: учеб. пособие / Г.Г.Волокитин. – М.: Изд-во АСВ, 2004. С.192.
3. Лукин А.Ю., Лукина В.А., В.В. Михин., / Пискунов М.В. Возможность использования месторождений известняка в дорожных конструкциях. Электронный научный журнал.2016. №2(5). С.4-15.
4. Буркитбаев М.М., Массалимов Б.И., Массалимов И.А., Уракаев Ф.Х., Уралбеков Б.М., Чуйкин А.Е. / Улучшение эксплуатационных материалов из известняка-ракушечника пропитанной полисульфидными растворами. Нанотехнологии в строительстве. 2017.Т.9.№3. С.66-80.

УДК 504.062.4

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Игонин Е.И., с.н.с.

Институт проблем экологии и недропользования Академии наук
Республики Татарстан
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Рассматриваются некоторые аспекты внедрения блокчейн-технологии в целях ускорения процессов цифровизации и цифровой трансформации в сфере природопользования и охраны окружающей среды в Республике Татарстан для достижения конкурентоспособных позиций в формирующемся цифровом пространстве новой мировой экономики. Предложен алгоритм по подготовке и реализации мер по внедрению блокчейн-технологии в Республике Татарстан.

Ключевые слова: блокчейн-технологии, цифровизация, природопользование, охрана окружающей среды.

ASSESSMENT OF THE POSSIBILITIES OF USING BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN THE FIELD OF NATURE MANAGEMENT AND ENVIRONMENTAL PROTECTION IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Igonin E.I., senior researcher

Institute of Ecology and Subsoil Use Problems of the Academy of Sciences
of the Republic of Tatarstan
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: Some aspects of the introduction of blockchain technology are considered in order to accelerate the processes of digitalization and digital transformation in the field of environmental management and environmental protection in the Republic of Tatarstan in order to achieve competitive positions in the emerging digital space of the new world economy. An algorithm for the preparation and implementation of measures for the introduction of blockchain technology in the Republic of Tatarstan is proposed.

Keyword: blockchain technologies, digitalization, environmental management, environmental protection.

Комплексная автоматизация деятельности исполнительных органов власти осуществляется уже на протяжении 30 лет, а в последние 2 – 3 года темп развития технологий постоянно наращивается. При этом, характерной особенностью природоохранной сферы является принятие управленческих решений, не способствующих продуктивному внедрению современных цифровых технологий и получению точных сведений о состоянии природных ресурсов и окружающей среды (далее – ОС).

В связи усилением антропогенного воздействия на ОС и интенсивной эксплуатацией природных ресурсов возникает необходимость поиска новых методов государственного управления и повышении их эффективности в сфере природопользования и охраны ОС. Система управления антропогенным воздействием на ОС требует комплексного подхода. И в этом существенную роль могут сыграть проекты на основе использования блокчейн-технологии.

Необходимо отметить, что рост числа задач управления в сложных системах приводит к увеличению объема перерабатываемой информации, в результате чего возникают несоответствия между сложностью управляемого объекта и способностью любого управляющего органа получать и перерабатывать информацию. В данной ситуации осуществлять эффективное управление системой централизованно невозможно. Кроме того, в сложных системах выделяют отдельные группы задач, каждая из которых характеризуется соответствующими требованиями по времени реакции на события, происходящие в управляемом объекте [2].

Дальнейшее развитие информатизации на основе блокчейн-технологии в управленческой деятельности органов государственной власти в сфере природопользования и охраны ОС Республики Татарстан (далее – РТ) следует рассматривать как одно из стратегических направлений.

Под информатизацией управленческой деятельности в данной сфере на основе блокчейн-технологии понимается процесс создания оптимальных условий для максимально полного удовлетворения информационных потребностей на основе эффективной организации и использования территориальных информационных ресурсов, применения прогрессивных информационных технологий.

Информатизация процессов управления территорией на основе блокчейн-технологии должна быть направлена на создание постоянно действующей территориальной системы комплексного анализа в данном случае эколого-

экономической ситуации в РТ, основанной на учете, сборе, анализе и распространении информации, на данных информационно-аналитических исследований и оценок состояния, тенденций развития общерегиональных ситуаций и конкретных региональных проблем.

Эффективность управления, правильность выбора стратегических направлений и перспектив территориального развития зависят от степени изученности современного состояния территории, представление о котором должно формироваться в виде территориального свода структурированных данных по различным проблемам и направлениям территориального развития и хозяйствования. Среди них земельно-хозяйственное устройство, функциональное и градостроительное зонирование, объекты недвижимости и их состояние, природные ресурсы, население и социальные проблемы, экологическое состояние среды обитания, учет состояния земель и других видов ресурсов территории РТ.

Из этого следует, что в основу построения природно-территориальной системы управления РТ должен быть заложен принцип объединения разобщенных и независимых информационных ресурсов большинства существующих ведомственных, как федерального уровня, так и уровня субъекта, а также иных систем территориального мониторинга, обеспечивающих наблюдение, описание состояния и анализ ресурсного потенциала и социально - экономического положения территории.

В настоящее время значительная часть данных, характеризующих ресурсный потенциал территории, формируется кадастровыми и иными ведомственными информационными системами. Важно отметить, что любая ведомственная система изначально не ориентирована на решение таких задач комплексного территориального управления, как управление, планирование и прогнозирование процессов использования и развития естественных и социальных ресурсов, развитие элементов территориальной инфраструктуры, комплексное управление природопользованием, организация рационального взаимодействия ресурсных факторов территории, обеспечение устойчивого социально-экономического развития территории и др.

Кроме того, многие отраслевые кадастры, сами нуждаясь в обеспечении межкадастрового информационного взаимодействия, испытывают проблемы с его реализацией из-за несогласованности или несовместимости конструктивных, организационных, информационно-технологических и иных особенностей своего построения и функционирования, начиная с этапа инвентаризации объектов кадастрового учета и заканчивая этапом формирования кадастровой информации в базах данных.

Так, в связи необходимостью решения проблемы сдерживания неблагоприятных климатических изменений, достоверность статистических данных о площади лесов и экономическая оценка запасов древесины выступают ключевыми вопросами, на основе которых формируются планы перспективного развития лесной отрасли хозяйствования и промышленности с позиции перманентного развития полноценного рынка леса, функционирования лесных бирж, интеграции информационно-цифровых баз данных.

Повышение эффективности управления лесами, государством, как собственником природного ресурса, выступает одним из ключевых направлений развития нашей страны. Так, в 2015 году в Париже состоялась конференция по климату, в ходе выступления на которой президент Российской Федерации В.Путин подчеркнул роль российских лесов в процессе поглощения углекислого газа, назвав их «легкими планеты», а также отметил усилия России в торможении процесса глобального потепления за счет модернизации экономики, внедрения экологически чистых и энергосберегающих технологий [1].

Создание и внедрение информационно-справочных баз данных, содержащих наиболее полную информацию о площади лесных массивов, разрешенных видах лесопользования, проводимых мероприятиях в лесу, площади, охваченной лесными пожарами и восстановленной после лесозаготовок и стихийных бедствий, объемах незаконных лесозаготовок позволит осуществлять максимально качественный анализ и оценку экономических показателей производств, измерять запасы «зеленого золота» и углеводорода, прироста древесины, а также прогнозировать и регулировать направления развития лесной отрасли в целом.

В сфере информатизации управленческой деятельности органов государственной власти РТ и органов местного самоуправления применение ведомственного подхода в отличие от территориального в целом малоэффективно, т.к. ведомственные информационные ресурсы неполно, т.е. лишь в определенной степени характеризуют территорию, порождая функциональную и информационную неполноту, методическую и организационную разобщенность, противоречивость и разрозненность ее описания. Очевидно, что качественное информационное обеспечение деятельности региональных органов государственной власти Республики Татарстан должно строиться на основе других методов и подходов.

В целях упорядочения информационного взаимодействия и объединения, разобщенных и независимых информационных ресурсов большинства существующих ведомственных и иных систем территориального мониторинга необходимо широко внедрять инновационные технологии, в частности блокчейн-технологии, которые помогают найти новые эффективные пути сохранения ОС и тем самым поддерживать стабильную экологическую ситуацию.

Данная технология известна с 90-х г. и определяется как система распределенных вычислений и децентрализованного хранения информации. В мире порядка 192 стран пробуют внедрять блокчейн-технологии в государственные структуры [12]. Ожидается, что уже к 2023 г. блокчейн будет активно использоваться в сфере государственных услуг ведущими мировыми державами. Более того, порядка 10% мирового ВВП (по прогнозам ОЭСР) будет создаваться при непосредственном использовании технологии блокчейн, а к середине 2020-х годов, с использованием данной технологии, будет создаваться порядка \$ 62 трлн. валовой добавленной стоимости.

Главной особенностью блокчейн-технологии является исключение возможности удаления или изменения информации в распределенной базе данных,

а значит, если факт существования экологического нарушения (например, несанкционированной свалки) попадает в эту систему, скрыть его уже будет невозможно.

Одной из причин, по которой в настоящее время отмечается кризис в сфере управления охраной окружающей средой в широком понимании этого момента, в значительной степени является структура нашей экономической системы. Система создана, чтобы увеличивать ВВП посредством производства и потребления все большего количества продуктов с ограниченным интересом к тому, какой эффект это оказывает на окружающую среду. Как следствие, природный капитал не учитывался в системе, вырабатывающей огромный стимул у людей к злоупотреблению природными ресурсами, превращая то, что не было учтено, в рост ВВП и прибыли.

Одной из возможностей блокчейн-технологии решения проблем в управлении природопользованием и состоянием ОС является повышение эффективности процессов, которые приводят к уменьшению затрат, изменению методов, стимулов и поведения людей, влияющих на окружающую среду. Например, предлагается использовать смарт-контракты для вознаграждения блокчейн-токены, за правильную утилизацию отходов и экономное использование воды.

В докладе, созданном Всемирным экономическим форумом совместно с PricewaterhouseCoopers (PwC), приведены более 65 решений с использованием блокчейна, которые помогут в восстановлении окружающей среды и решат экологические проблемы планеты. Также, было отмечено восемь «ключевых направлений», которые помогут в решении экологических проблем, которые приведены ниже в качестве информации (источник: <https://cryptos.tv/reshenie-problem-ekologii-s-pomoshhyu-texnologii-blokchejn>).

В рамках нацпрограммы «Цифровая экономика» в РТ необходимо разработать дорожную карту по внедрению блокчейн-технологии в сфере природопользования и охраны окружающей среды. В дорожной карте обозначить большую часть перспективных направлений применения блокчейн-технологий для государственных ведомств с указанием конкретики по планируемым проектам внедрения блокчейн-технологий.

В ходе разработки дорожной карты по внедрению блокчейн-технологии в сфере природопользования и охраны ОС необходимо обеспечить широкое участие представителей частного бизнеса, гражданского общества, а также местных органов государственной власти, в котором определить, что и когда должно быть сделано, чтобы добиться секторальных изменений, необходимых для достижения устойчивого развития.

Основные направления карты по внедрению блокчейн-технологии в сфере природопользования и охраны ОС в Республике Татарстан должны заключаться в:

- долгосрочном видении развития блокчейн-технологии до 2024 года;
- технологическом развитии основополагающих компонентов блокчейн-технологии в соответствии с потребностями отечественного рынка и лучшими мировыми практиками;

- определении приоритетов для распределения поддержки институтов развития, а также предложении критериев отбора потенциальных проектов;
- внедрении технологии систем распределенного реестра, которая представляет собой новый подход к созданию баз данных, ключевой особенностью которых является отсутствие единого центра управления, а каждый узел составляет и записывает обновления реестра независимо от других узлов. создании благоприятных условий и ресурсной базы для совершенствования технологии и создания конкурентоспособных решений;
- достижении целевых показателей, предусмотренных в рамках Дорожной карты, в рамках которых необходимо решить следующие задачи:
 - развитие технологий организации и синхронизации данных и определить уровень организации взаимосвязей между частями и элементами распределенных баз данных, а также обеспечивает их согласованность;
 - развитие технологий обеспечения консенсуса, чтобы определить целостность и непротиворечивость данных, а также устойчивость к атакам и надежность систем распределенного реестра;
 - развитие создание и исполнение децентрализованных приложений и смарт-контрактов;
 - разработку инструментов, расширяющих функционал систем распределенного реестра;
 - внедрение решений в отрасли.

Литература:

1. Баяндина Е.Д. Государственное управление лесами на уровне региона: возможности и ограничения [Электронный ресурс] / Баяндина Е.Д., Каменев А.Л. // Вопросы государственного и муниципального управления. 2011. № 2. С. 193-204. - Режим доступа: <http://vgmu.hse.ru/2011--2.html>.
2. Игонин Е.И., Игонин М.Е. Концептуальные основы построения системы государственного управления в сфере природопользования и охраны окружающей среды в Российской Федерации: монография. Казань: Изд-во АН РТ, 2018. – 502 с.
3. Коротков В.Н. Особенности учета выбросов и стоков парниковых газов при облесении, обезлесении и лесопользовании в рамках отчетности по Киотскому протоколу / В.Н. Коротков, А.А. Романовская // Тр. СПбНИИЛ. 2013. № 2. С. 12-15.
4. Моисеев Б.Н. Проблема репрезентативности стратифицированной выборки на примере отчета по ГИЛ Калужской области. / Б.Н. Моисеев, А.Н. Филиппчук // Лесхоз. информ. 2014. № 4. С. 34-39.
5. Опальский А.П., Потрубач Н.Н. Организационно-экономические и правовые механизмы реализации национальных интересов в лесной сфере: монография. М.: Институт микроэкономики, 2013. 308 с.
6. <https://ru.wikipedia.org/wiki/>.
7. <https://cryptos.tv/reshenie-problem-ekologii-s-pomoshhyu-texnologii-blokchejn>.

8. <https://rtvi.comstories/blokcheyn-protiv-musora/>.
9. <https://www.comnews.ru/digital-economy/content/120470/2019-06-27/blokcheyn-izmenit-ekologiyu-v-regionah>.
10. <https://www.block-chain24.com/news/novosti-blokcheyna/predstavlyaem-moss-blokcheyn-platformu-kotoraya-napravlena-na-sodeystvie>.
11. <https://steemit.com>.
12. <https://habr.com/ru/company/bitfury/blog/353350/>.

УДК 544.723.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕГРЕССИОННЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДЛЯ ЧИСЛЕННЫХ МОДЕЛЕЙ ИЗОТЕРМ АДсорбЦИИ

Калистратова А.А., студент;
Навасардян Е.С., доктор технических наук, профессор;
Симакова Е.Н., кандидат педагогических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени
Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»
(г. Москва, Российская Федерация)

Аннотация: Приведены основные модели адсорбционных процессов. Предложен способ нахождения регрессионных коэффициентов изотерм адсорбции. Проведен математический эксперимент в программной среде Aspen Adsorption. Оценена погрешность расчёта с найденными коэффициентами.

Ключевые слова: изотермы адсорбции, регрессионные коэффициенты, математический эксперимент, MathCad, Aspen Adsorption.

DETERMINATION OF REGRESSION COEFFICIENTS FOR NUMERICAL MODELS OF ADSORPTION ISOTHERMS

Kalistratova A.A., student;
Navasardyan E.S., Doctor of Technical Sciences, Professor;
Simakova E.N., Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor
Bauman Moscow State Technical University
(Moscow, Russian Federation)

Annotation: The main models of adsorption processes are given. A method for finding the regression coefficients of adsorption isotherms is proposed. A mathematical experiment was carried out in the Aspen Adsorption software environment. The calculation error with the found coefficients is estimated.

Keyword: adsorption isotherms, regression coefficients, mathematical experiment, MathCad, Aspen Adsorption.

Известно, что основной характеристикой процесса адсорбции является адсорбционная способность A ($\text{м}^3/\text{кг}$ или $\text{моль}/\text{г}$). Адсорбционная способность зависит от следующих показателей: типа и количества поглощаемого вещества (адсорбата), типа и структуры поглотителя (адсорбента), давления и температуры окружающей среды [1]. Так как природа адсорбата и адсорбента в процессе работы не изменяется, наиболее интересными для изучения являются зависимость адсорбционной способности от давления, температуры и количества адсорбата в несущей среде.

Чаще всего для описания адсорбционной способности используются *изотермы адсорбции*. Их форма обуславливается механизмом адсорбции и характером взаимодействия молекул поглощающего и поглощаемого веществ. Изотермы адсорбции определяются экспериментально для каждой пары адсорбат-адсорбент при различных значениях давления. Формы этих изотерм могут быть описаны с помощью ряда зависимостей, описывающих тот или иной случай адсорбционного взаимодействия.

Каждой паре веществ «адсорбат-адсорбент» соответствует своя модель протекания адсорбционных процессов и, соответственно, своя изотерма адсорбции. Однако для моделирования адсорбционных процессов при проектировании и разработке различных аппаратов и устройств недостаточно графического представления результатов эксперимента. Полученную экспериментально изотерму адсорбции логично и удобно представить в виде математической зависимости, которая позволит многократно проводить численные эксперименты и расчетные исследования процессов адсорбции и десорбции.

Одной из профессиональных программных сред, позволяющих моделировать адсорбционные процессы, является программа Aspen Adsorption, в которой заданы следующие адсорбционные модели:

- Langmuir;
- Extended Langmuir;
- Freundlich;
- Langmuir – Freundlich;
- Extended Langmuir – Freundlich;
- Dual-site Langmuir;
- Stoichiometric Equilibrium.

Каждой адсорбционной модели соответствует изотерма адсорбции, отражающая зависимость концентрации i -го адсорбата в адсорбирующем материале w_i , $\text{кмоль}/\text{кг}$, от его концентрации в несущей среде c_i , $\text{г}/\text{м}^3$. Так, изотерма адсорбции для модели Langmuir – Freundlich выглядит следующим образом [2]:

$$w_i = \frac{IP_{1i} \cdot IP_{2i} \cdot c_i^{IP_{3i}} \cdot \exp\left(\frac{IP_{4i}}{T}\right)}{1 + IP_{2i} \cdot c_i^{IP_{3i}} \cdot \exp\left(\frac{IP_{4i}}{T}\right)} \quad (1)$$

Изотерма адсорбции представляет численный ряд с определёнными коэффициентами $IP_{j,i}$. Конфигурация графика, построенного на основании данного ряда, зависит от значения этих коэффициентов. Коэффициенты являются регрессионными, то есть их значения определяются численным подбором в ходе срав-

нения результатов расчета с полученными экспериментальными значениями.

Значения регрессионных коэффициентов предлагается определять с помощью программы MathCad 15 на основании полученной экспериментальными методами изотермы адсорбции. Подбор коэффициентов основывается на сравнении среднего квадратичного отклонения расчетного значения адсорбционной способности относительно экспериментального значения для каждой пары значений w_i, c_i .

Для оценки точности вышеуказанного способа нахождения регрессионных коэффициентов предлагается сравнить результаты математического эксперимента в программе Aspen Adsorption с результатами расчета по методике Серпионовой Е.Н. [3].

В работе рассмотрена пара «этиловый спирт – активированный уголь». В качестве адсорбционной модели была выбрана модель Langmuir – Freundlich (1). График экспериментальной изотермы адсорбции и график, полученный в результате подбора коэффициентов, приведены на рисунке 1.

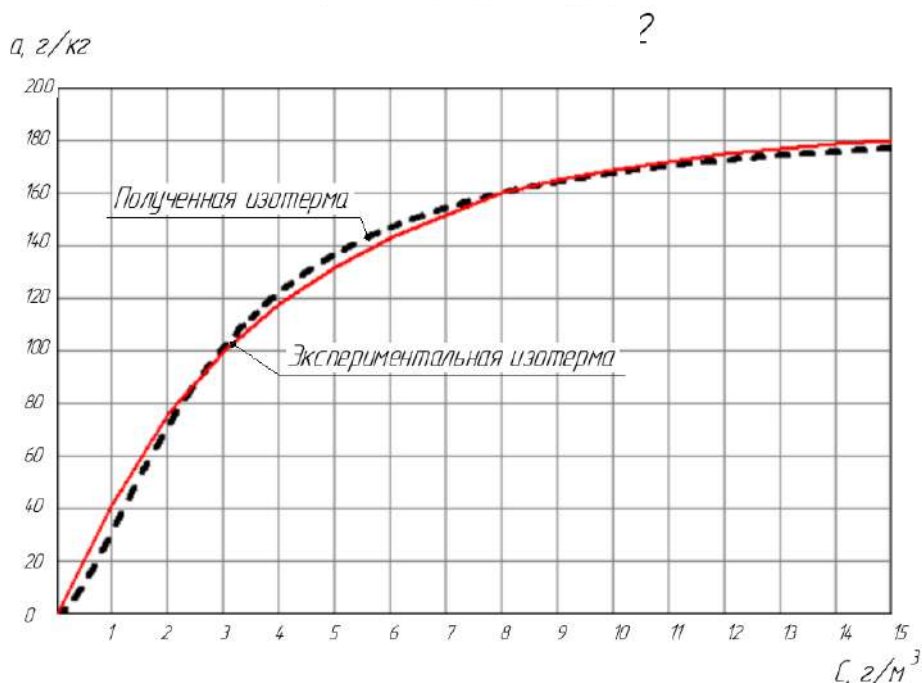


Рисунок 1 - Полученная (расчетная) изотерма адсорбции Langmuir – Freundlich в сравнении с экспериментальной зависимостью

Для проведения математического эксперимента в программе Aspen Adsorption задаются следующими начальными условиями: расход газа $W = 0,00012 \text{ м}^3/\text{с}$, входная концентрация этилового спирта $C_0 = 10 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$, температура воздуха $T = 293 \text{ К}$, высота слоя адсорбента $L_{\text{сл}} = 0,43 \text{ м}$, диаметр адсорбционной колонки $D = 0,025 \text{ м}$. При заданных условиях время проведения эксперимента составило 2 часа 45 минут. Время, рассчитанное по методике Серпионовой Е.Н. [3] при сходных условиях, составило 4 часа. Таким образом, относительная погрешность эксперимента составила 45%. Последующие эксперименты при других значениях расхода и габ-

ритных размерах колонки подтвердили полученный результат.

Литература

1. Поверхностные явления в дисперсных системах: учеб. пособие / сост. Громаков. Н.С. – Казань: Каз. гос. арх.-строит.ун-т, 2008.- 99 с.
2. Kottititum, B., Srinophakun, T., Phongsai, N., Phung, Q.T. Optimization of a Six-Step Pressure Swing Adsorption Process for Biogas Separation on a Commercial Scale / B. Kottititum // *Applied Sciences*. – 2020. – №4. – P. 50-68.
3. Серпионова Е. Н. Промышленная адсорбция газов и паров / Е. Н. Серпионова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: «Высшая школа», 1969. – 416 с.

УДК 624.012

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ СИСТЕМЫ ПОМБАЛИНО

А.Ж. Морайш¹, С.Ю. Морайш (Иванова)², Ю.А. Тунакова³, С.В. Новикова³

¹Университет Лиссабона, Институт технологий в архитектуре,
дизайне и урбанизма
(Лиссабон, Португалия)

²УрГАХУ - Уральский государственный архитектурно-художественный
университет
(г. Екатеринбург, Россия)

³ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация. Показаны преимущества нейросетевых технологий для выявления определяющих факторов, характеризующих особенности архитектурно-конструктивной системы Помбалино. Описаны особенности системы

Ключевые слова: архитектурно–конструктивные системы, Помбалино, нейросетевые технологии

THE USE OF NEURAL NETWORK TECHNOLOGIES TO IDENTIFY THE ARCHITECTURAL AND STRUCTURAL FEATURES OF THE POMBALINO SYSTEM

A.J.Morais¹, S.Y. Morais (Ivanova)², Y.A. Tunakova³, S.V. Novikova³

¹University of Lisbon, Department of Technologies of Architecture, Design and Urbanism of the Faculty of Architecture of the University of Lisbon
(Lisbon, Portugal)

²UrGAHU - Ural State University of Architecture and Art
(Yekaterinburg, Russia)

³ Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The advantages of neural network technologies for identifying the determinants that characterize the features of the Pombalino architectural and structural system are shown. The features of the system are described.

Keyword: architectural and structural systems, Pombalino, neural network technology

Мировая тенденция укрупнения городов происходит постоянно и повсеместно и возникающие вместе с этим проблемы тоже имеют общие характеристики как в России, так и по всему миру. Вместе с экологическими, транспортными, логистическими, экономическими, выделяются исторические и культурные проблемы, особенно остро встает вопрос сохранения архитектурного наследия. Глобализация стандартизировала жизненное пространство как мегаполисов так и городов среднего масштаба. Городские пространства становятся все более обезличенными и сохранение исторических центров городов, которые несут в себе национальную и культурную индивидуальность - важная задача современного градостроительства.

Конструкция, изобретенная португальскими военными архитекторами для наиболее пострадавшего центрального района Лиссабона в результате сильнейшего землетрясения 1755 года - архитектурно-конструктивная система Помбалино (АКСП), была величайшим вкладом португальцев в историю мирового гражданского строительства и получила международное признание, как первая антисейсмическая система, которая, на удивление, до сих пор соответствует требованиям действующих европейских сейсмических правил [1]. Анализ португальской архитектурно-конструктивной системы Помбалино (АКСП), разработанной вскоре после Лиссабонского землетрясения 1755 года, позволяет выделить особенности зданий. Данная система является особым феноменом, показавшим высокую эффективность на практике в части обеспечения устойчивости зданий и сооружений. Регулярная градостроительная сетка архитектурно-конструктивной системы Помбалино образована из типовых кварталов, представляющих из себя «коробку» связанных между собой зданий. В АКСП также применен прием деревянной арматуры стен, трехмерной "клетки", как конструктивного модуля. При этом многократное повторение такой «клетки» в типовых зданиях привело к формированию планировочной структуры из нескольких зданий, связанных между собой. Данная организация создавала регулярный рисунок правильных прямоугольных кварталов. В последствии данный конструктивно-градостроительный прием повторялся в других зонах Лиссабона и некоторых других португальских городах. Здания стиля Помбалино, построенные после землетрясения 1755 года, в целом характеризуются двумя основными признаками:

- наличием внешних стен фасада из традиционной каменной кладки

большой толщины, изменяющейся по фасадам: от 1,20 метра на первом этаже до 0,80 метра на верхнем третьем или четвертом этаже;

- внутренних стен – диафрагм с крестообразной решетчатой арматурой внутри;

- связанными между собой горизонтальными и вертикальными элементами.

Прочная, но не жесткая связь между фасадными и боковыми стенами в горизонтальных плоскостях достигается посредством деревянных перекрытий, закрепленных с помощью железных болтов и деревянных клиньев к деревянным горизонтальным балкам, находящимся внутри основных каменных стен. А в вертикальных плоскостях связь обеспечивалась через деревянные мембраны, или фермы, составленные из одинаковых вертикальных крестообразных типовых деревянных рамок. Эти мембраны, связывающие между собой в вертикальных плоскостях противоположные внешние (фасадные и боковые) несущие каменные стены, расположены в двух перпендикулярных направлениях в горизонтальном плане здания и проходят по всем этажам здания [2-3].

АКСП стала первой системой, для которой был проведен научный анализ особенностей строительных конструкций, хотя и без применения инженерных расчетов, так как таковых.

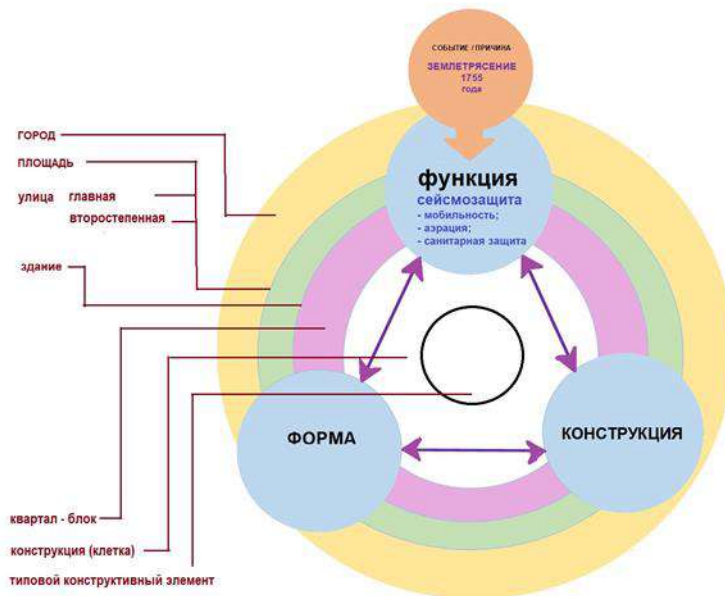
В 2006 году группа исследователей Факультета архитектуры Лиссабонского Университета и при участии Государственной Лаборатории Строительных Технологий под руководством профессора Антонио Морайш [4] провела практические исследования типового здания Помбалино. В 2021 году ими были произведены расчеты целого блока (типового квартала) Помбалино, которые доказали, что устойчивость связанных между собой зданий в единый блок, в разы превышает эффективность отдельного здания.

Если рассматривать АКСП именно как систему взаимосвязанных и сложноподчиненных функциональных элементов для организации безопасного пространства как внутри зданий, так и всей городской среды, то, взяв за основу принципы АКСП, возможно изменить подход к проектированию городов.

Модель многоуровневого функционального формообразования АСКП показана на рис. 1.

При проектировании зданий и сооружений для массового строительства с использованием детерминированных подходов невозможно получить достоверную оценку особенностей конструкций. Использование метода искусственного интеллекта для анализа конструкций зданий позволит обработать разнородную информацию о системе Помбалино, выявить скрытые закономерности и сделать выводы не только на уровне логических рассуждений, но и на основе математических расчетов.

Модель многоуровневого функционального формообразования
Архитектурно - Конструктивной Системы Помбалино



Нейросетевые технологии хорошо зарекомендовали себя при описании объектов, где действует множество факторов, взаимосвязь которых сложно описать в виде математической формальной модели, однако такая связь явно отражается в данных натуральных наблюдений. Классический подход к построению моделей в таком случае состоит в создании регрессионных, в первую очередь нелинейных, многомерных моделей. Однако они являются недостаточно гибкими, так как предполагают изначальное знание (априорное или теоретическое) относительно вида регрессионной функции. Нейронные сети же являются универсальными аппроксиматорами, и способны моделировать собой процесс любой сложности и практически произвольной размерности (ограничения налагаются только на вычислительные мощности, используемых для моделирования ЭВМ). Нейросетевые модели позволяют формализовать изначально неочевидные и неявные зависимости параметров при помощи неявного извлечения сведений из наборов экспериментальных данных. Недостатком нейросетевого подхода является сложная интерпретация модели [5-8]. Для выявления архитектурно-конструктивных особенностей зданий, необходимо учитывать наборы параметров различной размерности и уровня значимости, а также осуществлять интегральные оценки для последующей классификации.

Для повышения адекватности интегральных оценок на основе математических моделей и методов, необходимо использовать как количественные, так и качественные представления данных. Нами поставлена задача выявления особенностей конструкции с вербальным и невербальным представлением с использованием методов искусственного интеллекта. Интегральная качественная оценка объекта, основанная на известных численных состояниях его отдельных элементов, является актуальной нетривиальной задачей. Известны способы количественной интегральной оценки, представляющий собой некий «код» качественной оценки. Непосредственно оценку в вербальной форме по-

лучают, как правило, ранжированием возможных количественных значений полученного интегрального кода, и обозначением для каждого заданного интервала значений некоторого качественного определения. Так, количественная оценка архитектурно-конструкционных особенностей зданий и сооружений заключается, как правило, в определении отдельных параметров, характеризующих объект и дальнейшей интерпретации множества отдельных значений в виде некоего интегрального количественного показателя.

Таким образом, использование нейросетевых подходов в данной предметной области позволит:

- строить множественные нелинейные регрессионные зависимости между факторами, определяющими особенности конструкции зданий;
- учитывать качественные и количественные данные о архитектурно-конструкционных особенностях зданий и сооружений;
- проводить классификацию выработать общие для выделенных классов рекомендации для проектирования строительных конструкций.

Для решения задачи типизации предлагается применить авторскую методику многоуровневой нейросетевой классификации данных с созданием каскада кластеризующих самообучающихся нейронных сетей [9-10] разной степени детализации. Модель нечеткого логического вывода с качественным выходом способна строиться автоматически, на основании наборов количественных данных о системе и имеющейся априорной информации и ее качественных характеристиках. При этом такая модель способна имитировать процессы человеческого способа восприятия и обработки информации в вербальной форме. Для практического использования разработанной модели предлагается численный метод ее построения и настройки. Для решения схожих задач нечеткая сеть была смоделирована по вышеописанным правилам в пакете Matlab Fuzzy Logic Toolbox, в качестве метода ее обучения был выбран гибридный алгоритм, объединяющий алгоритмы обратного распространения ошибки для корректировки характеристик функций принадлежности и метода наименьших квадратов для корректировки коэффициентов линейных многочленов правых частей правил. Ошибка системы нечеткого вывода после обучения нейронечеткой сети на множестве обучающих данных составила менее 0,1%, что более чем в 30 тыс. раз точнее, чем для системы нечеткого вывода до корректировки параметров. Ошибка скорректированной системы нечеткого вывода на тестовом множестве составила в среднем 0,14%.

Литература:

1. A. J.; Lemos, J.S. V. - Modelling the seismic behaviour of a historical masonry building with internal wooden structure, artigo presente na Twelfth International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing, Athens, 2008;
2. Сайт Городского Совета Лиссабона. Отдел градостроительства. Генеральный план. URL <https://www.lisboa.pt/cidade/urbanismo/planeamento-urbano> (дата обращения 17.02.2022)

3. Santos, M.E. Baixa Pombalina, o passado e o futuro. Lisboa, 2000. 15-25 p.
4. Морайш, А.Ж. Португальская конструктивная система Помбалино или чему научили руины /А.Ж. Морайш, С.Ю. Морайш/И.В.Тарасова //Екатеринбург. -Архитектон: известия вузов. №3 (63) Сентябрь. – 2018 (на рус.).
5. Rodnishev N.E., Novikova S.V., Denisov K.G. Developing Methods and Computer Technologies for Learning, Identification and Optimization of Nonlinear Stochastic Systems//IFAC Proceedings Volumes. 2012. Vol. 45. Iss. 11. P. 51-56.
6. Gan, Guojun, Chaoqun Ma, Jianhong Wu. DataClustering: Theory, Algorithms, and Applications. ASA-SIAM Series on Statistics and Applied Probability. SIAM, Philadelphia, ASA, Alexandria, VA, 2007.
7. B. Liu Web Data Mining: Exploring Hyperlinks, Contents, and Usage Data (Data-Centric Systems and Applications) Springer, 2nd ed. 2011 P. 643.
8. Thomas, Michael & Zhu, Wenbo & Romagnoli, Jose Data mining and clustering in chemical process databases for monitoring and knowledge discovery//Journal of Process Control. V. 67. 2018. P. 160-175.
9. Новикова С.В., Тунакова Ю.А., Кремлева Э.Ш. Использование различных алгоритмов нейро-нечеткого управления экологическим риском в зоне действия полимерных производств Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 17. С. 262-264.
10. Новикова С.В., Тунакова Ю.А., Шагидуллин А.Р., Кремлева Э.Ш., Валиев В.С., Габдрахманова Г.Н., Кузнецова О.Н. Использование нейросетевых технологий для зонирования территории на примере г. Казани // Вестник Технологического университета – 2019. – Т. 22. – № 5. – С. 128-131.

УДК 004.94

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПРИРОДНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИННОВАЦИОННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Новикова С.В.¹, доктор технических наук, профессор;

Тунакова Ю.А.¹, доктор химических наук, профессор;

Габдрахманова Г.Н.¹, кандидат химических наук, ассистент;

Валиев В.С.², старший научный сотрудник;

¹ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»

(г. Казань, Российская Федерация)

²ГБУ «Институт проблем экологии и недропользования Академии наук РТ»

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: данное исследование направлено на выявление закономерностей в распределениях гидрохимических показателей, характерных для каждого типа поверхностных вод с использованием метода многомерного нейросетевого кла-

стерного анализа. На основе ранее проведенного кластерного анализа выделены типы вод. Рассматриваемые поверхностные воды практически принадлежат к одному гидрокарбонатному классу, по классификации Алекина, и кальциево-магниевой группе. Авторами проведен статистический анализ наблюдений, отмечены закономерности, имеющие непосредственное значение для нормирования содержания загрязняющих веществ, в пределах выделенных кластеров. Методом пересечения квартильных размахов рассчитаны пороги концентраций выбранных показателей в пределах кластера.

Ключевые слова: нейросетевые технологии, кластерный анализ, концентрации, поверхностные воды.

ASSESSMENT OF NATURAL WATER POLLUTION INDICATORS USING INNOVATIVE INFORMATION TECHNOLOGIES

Novikova S.V.¹, Doctor of Technical Sciences, Professor;
Tunakova Yu.A.¹, Doctor of Chemical Sciences, Professor;
Gabdrakhmanova G.N.¹, Candidate of Chemical Sciences, assistant;
Valiev V.S.², senior researcher

¹Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev–KAI
(Kazan, Russian Federation)

²Institute of Ecology and Mineral Sciences of the Republic of Tatarstan
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: this study is aimed at identifying regularities in the distributions of hydrochemical parameters characteristic of each type of surface water using the method of multidimensional neural network cluster analysis. Based on the previous cluster analysis, water types were identified. The considered surface waters practically belong to the same hydrocarbonate class, according to Alekin's classification, and to the calcium-magnesium group. The authors carried out a statistical analysis of observations, noted regularities that are of direct importance for the regulation of the content of pollutants within the selected clusters. Using the method of crossing quartile ranges, the thresholds for the concentrations of selected indicators within the cluster were calculated.

Keyword: neural network technologies, cluster analysis, concentrations, surface water.

В нашем исследовании информационные технологии применялись для определения пороговых значений показателей, по результатам проведенной типизации, что позволяет учесть региональную специфику в процедуре нормирования качества поверхностных вод. Проведенная типизация, которая описана [1,2] позволяет произвести оценку качества водных объектов с учетом гидрологических и химических характеристик. Данное исследование направлено на выявление закономерностей в распределениях гидрохимических показателей, характерных для каждого типа поверхностных вод с использованием метода многомерного нейросетевого кластерного анализа.

В результате ранее проведенного кластерного анализа были выделены кластеры[3,4]:

Кластер 0 - «Гидрокарбонатная кальциево-магниевая высокой жесткости, высокой минерализации, с низким содержанием кислорода, высоким содержанием натрия».

Кластер 1 - «Гидрокарбонатная кальциево-магниевая средней жесткости, умеренной минерализации, с высоким содержанием кислорода, низким содержанием натрия».

Кластер 2 - «Гидрокарбонатная кальциево-магниевая средней жесткости, умеренной минерализации, с высоким содержанием кислорода, средним содержанием натрия».

Кластер 3 - «Гидрокарбонатная кальциево-магниевая средней жесткости, умеренной минерализации, со средним содержанием кислорода, средним содержанием натрия и высоким содержанием нефтепродуктов».

При статистическом анализе рядов наблюдений отмечены закономерности, имеющие непосредственное значение для нормирования содержания загрязняющих веществ, в пределах выделенных кластеров.

Значения показателя БПК₅, как и многих других показателей, имеют значительный градиент межкластерных вариаций, что указывает на необходимость его особой оценки и нормирования в пределах разных кластеров.

Если представить распределение средних значений БПК в виде размаха их ошибок, то критическим значением показателя является значение порядка 2,5, выше которого с высокой степенью вероятности воды относятся к кластеру 3 (рис. 1).

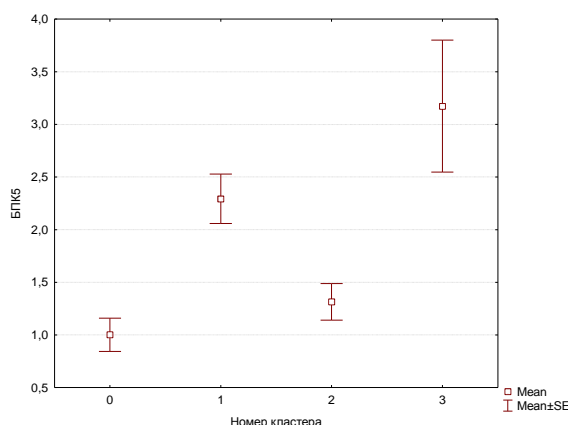


Рисунок 1 - Размах средних значений БПК₅ разных кластеров

Вместе с этим, анализ выборки указывает на асимметричность распределения показателей БПК₅ (значение критерия Шапиро-Уилка=0,63), что указывает на его неслучайный, детерминированный характер. Подобное распределение характерно в целом для всех загрязняющих веществ, при этом асимметрия может быть как право, так и левосторонней. Распределение, приближенное к нормальному демонстрируют только ряды устойчивых, четко локализованных показателей, типа жесткости (значение критерия Шапиро-Уилкса=0,97), ионов кальция или магния (Шапиро-Уилкс=0,95). В связи с этим, в качестве ключе-

вых параметров оценки распределений, вместо средних значений нами были использованы более робастные медианные (квартильные) показатели. Используя метод отсечения пересекающихся квартильных значений, получим пороговое значение кластера 3, равное верхнему квартилю (75%) первого кластера 3,61. Таким образом, в общей совокупности всех измеряемых показателей, значение $БПК_5 > 3,61$ с высокой вероятностью относит конкретный образец воды к кластеру 3.

Очень схожая картина формируется при анализе распределения содержания взвешенных веществ. Оценка квартильных размахов позволяет рассчитать порог, равный 37,3 мг/л взвесей, который является признаком принадлежности воды к кластеру 3 (рис. 2).

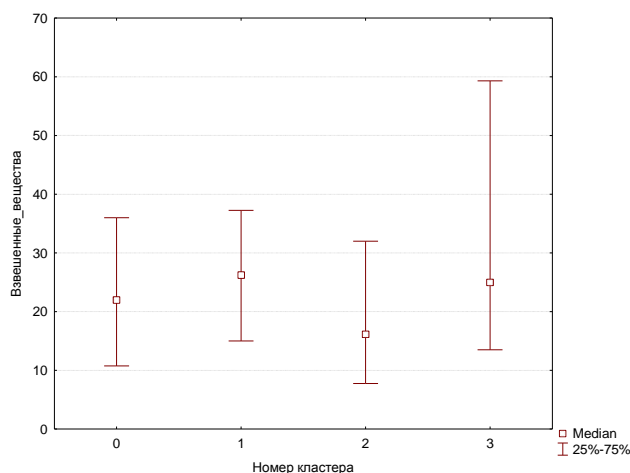


Рисунок 2 - Квартильный размах концентраций взвешенных веществ вод разных кластеров

Распределение гидрокарбонатов имеет важное значение при классификации воды, так как четко выделяет 0 кластер, с порогом концентрации гидрокарбонатов 336 мг/л. Это значение является нижним квартилем (25%) 0 кластера, который не пересекается ни с одним иным. При нормировании концентрации гидрокарбонатов можно выделить главный порог 336 мг/л кластера 0. И интервалы, ниже порогового значения от 336 до 240 мг/л 1 и 2 кластеры, менее 240 мг/л – третий кластер.

Естественно, что распределение жесткости воды (напрямую связанной с уровнем гидрокарбонатов), демонстрирует аналогичную картину. При этом по пересечению квартильных размахов выделяется главный порог, соответствующий верхнему квартилю кластера 2 и равный 10,9 мг-экв/л. Внутренние интервалы, рассчитанные по средним значениям, соответственно равны 6,8-10,9 для кластеров 1 и 2, менее 6,8 для кластера 3. Результаты данного исследования можно использовать для оценки уровня загрязнения водных объектов с применением фоновых концентраций и вероятностных подходов. Установленные пороговые концентрации позволяют выделить маркерные загрязнители, которые отражают природно-антропогенные особенности водных объектах каждого выделенного типа.

Литература:

1. Новикова С.В., Тунакова Ю.А., Шагидуллин А.Р., Кремлева Э.Ш., Валиев В.С., Габдрахманова Г.Н., Кузнецова О.Н. Использование инновационных информационных технологий для типизации поверхностных вод р. Волга и питающих ее малых рек / Вестник Технологического университета, 2019, 22, 2, 150-154.

2. Новикова С.В., Тунакова Ю.А., Шагидуллин А.Р., Валиев В.С., Габдрахманова Г.Н. Синергетическая нейро-экспертная модель на основе som-карт для интегрального анализа экологических объектов / В сб.: Химия и Инженерная Экология - XVIII сборник трудов международной научной конференции. Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ. КНИТУ-КАИ, Казань, 2018, 318-321.

3. Новикова С.В., Тунакова Ю.А., Файзуллин Р.И., Габдрахманова Г.Н. Определение пороговых концентраций катионов металлов в поверхностных водах, используемых для приготовления вод питьевого качества на примере г.Казани / В сб. «Экологический мониторинг промышленно-транспортных комплексов» научный симпозиум шестого международного экологического конгресса (восьмой Международной научно-технической конференции), Самара, 2017, 4, 119-125

4. Габдрахманова Г.Н., Шагидуллин Р.Р., Валиев В.С. Анализ причин ухудшения качества природных вод на локальном уровне / В сб. Новые технологии, материалы и оборудование российской авиакосмической отрасли: Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием, Казань, 2018, 4, 53-58.

УДК: 504.064

АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОГРАММЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Новикова С.В.¹, доктор технических наук,
профессор кафедры прикладной математики и информатики;

Тунакова Ю.А.¹, доктор химических наук, професор,
заведующий кафедрой общей химии и экологии;

Шагидуллин А.Р.², кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник;

Валиев В.С.², старший научный сотрудник

¹ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»

²Институт проблем экологии и недропользования АН РТ
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Предложен алгоритм для определения перечней загрязняющих веществ, подлежащих систематическим наблюдениям в рамках производствен-

ного экологического контроля. При апробации алгоритма расчета на территории Нижнекамского промышленного узла по значениям относительных коэффициентов опасности сформированный перечень приоритетных примесей включает соединения марганца, алюминия, диоксида азота, серы, сероводород и бензол.

Ключевые слова: производственный экологический контроль, программа, загрязняющие вещества, приземные концентрации, вероятность превышения

ALGORITHM FOR FORMING THE PROGRAM OF INDUSTRIAL ENVIRONMENTAL CONTROL

Novikova S.V.¹, Doctor of Technical Sciences,

Professor of the Department of Applied Mathematics and Computer Science,

Tunakova Yu.A.¹, Doctor of Chemical Sciences, prof., head Department of General Chemistry and Ecology

Shagidullin A.R.², Candidate of Physical and Mathematical Sciences, senior researcher;

Valiev V.S.², senior researcher

¹Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev - KAI,

²Institute of Ecology and Subsoil Use Problems of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: An algorithm is proposed for determining the lists of pollutants subject to systematic monitoring as part of industrial environmental control. When testing the calculation algorithm on the territory of the Nizhnekamsk industrial hub based on the values of relative hazard coefficients, the formed list of priority impurities includes compounds of manganese, aluminum, nitrogen dioxide, sulfur, hydrogen sulfide and benzene.

Keyword: industrial environmental control, program, pollutants, surface concentrations, probability of exceeding

Увеличение объемов мониторинговых данных возможно путем развития системы производственного экологического контроля и мониторинга атмосферного воздуха, которые должны реализовывать предприятия, осуществляющие выбросы в атмосферный воздух. Важнейшим направлением воздухоохранной деятельности является локальная система наблюдений за источниками загрязнения атмосферного воздуха в целях получения объективной информации о выбросах вредных веществ в атмосферу промышленными предприятиями и оценки соответствия фактических значений выбросов установленным нормативам - производственный экологический контроль (ПЭК). Целью ПЭК является выявление изменения состояния воздушной среды при эксплуатации объекта для разработки воздухоохранных мероприятий по предотвращению негативного воздействия источников выбросов [1-3]. Мониторинг атмосферно-

го воздуха в зоне влияния источников выбросов предприятия является одной из основных мероприятий ПЭК, но также методически не прописан. Отбор проб и анализ на содержание компонентов выбросов выполняется на границе СЗЗ и в жилой зоне, в специально выбранных контрольных точках. При этом допускается использование расчетных методов контроля. Перечень загрязняющих веществ, подлежащих контролю, в атмосферном воздухе должен составляться на основании расчета валовых и максимально разовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в период эксплуатации в рамках тома ПДВ для производственных объектов на рассматриваемой территории. Исходя из результатов расчета рассеивания, предлагается осуществлять контроль состояния атмосферного воздуха по содержанию загрязняющих веществ с наибольшими значениями концентраций в долях пороговых концентраций [2-4]. Организации и предприятия, эксплуатирующие объекты негативного воздействия на окружающую среду с I по III категорию должны разрабатывать программу ПЭК и сдавать по ней ежегодный отчет (в соответствии п. 2 ст. 67 Федерального закона от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» **Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. Учитывая существующие стандарты, рекомендации и современные подходы к решению проблем получения и обработки мониторинговых данных нами разработан алгоритм для формирования приоритетных перечней загрязняющих веществ, подлежащих систематическому контролю в рамках ПЭК. В соответствии с [5-7], в качестве исходной информации используются материалы инвентаризации выбросов, формируемые промышленными предприятиями для расчетов рассеивания и определения величин предельно допустимых выбросов (ПДВ), которые используются для создания компьютерных баз данных (БД) в специализированных программах для расчетов рассеивания. Структура баз данных соответствует структуре и форматам БД УПРЗА "Эколог". В формируемой базе данных каждая точка расчетной сетки характеризуется совокупностью концентраций N ингредиентов. База данных представляет собой матрицу, построенную на базе выходных файлов результатов расчета.

Таким образом, расчет концентраций компонентов выбросов программой УПРЗА «Эколог» реализуется с учетом мощности выбросов, токсичности примесей, местоположения источников выбросов, факторов распространения эмиссий (параметры источников выбросов и метеорологические параметры рассеивания).

На следующем этапе проводится нейросетевая адаптация рассчитанных концентраций с целью повышения адекватности результатов расчетов.

Пороговые концентрации в приземном слое атмосферного воздуха должны определяться с учетом приоритетов ингаляционных опасностей, которым может подвергаться население. Особый интерес, в рамках исследований последствий загрязнения окружающей среды на здоровье населения, представляют так называемые референтные величины **Ошибка! Источник ссылки не найден.**], базирующиеся на концепции минимально допустимой концентрации (дозы), безопасной для здоровья населения в целом на популяционном уровне в

течение продолжительного времени **Ошибка! Источник ссылки не найден.**] Поэтому в данном исследовании в качестве пороговых, при оценке хронического ингаляционного воздействия, принимаются референтные концентрации.

Основными, наиболее теоретически обоснованными подходами оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха, широко используемыми при оценке риска здоровью населения в результате загрязнения окружающей среды, являются расчеты отношений измеренных значений тех или иных факторов риска (например, концентраций загрязняющих веществ) к их пороговым значениям, то есть таким величинам, при которых неблагоприятное воздействие фактора отсутствует, либо пренебрежимо мало.

Расчет отношения фактических концентраций к их референтным значениям позволяют определить коэффициент опасности (HQ):

$$HQ = C/RfC \quad (1)$$

где:

C - фактическая концентрация, мг/м³;

RfC - референтная (безопасная) концентрация при хроническом ингаляционном воздействии, мг/м³.

В связи с этим обстоятельством, целесообразно совмещать расчет HQ в конкретных точках отбора проб воздуха с вероятностью обнаружения высоких концентраций примесей в той или иной точке. Такой показатель мы называем вероятностным коэффициентом опасности (pHQ) и он является произведением доли "опасной" концентрации на вероятность ее обнаружения в заданной точке:

$$pHQ_i = HQ_i \times P_k, \quad (2)$$

где HQ_i - коэффициент опасности i-го вещества, P - вероятность того, что в кластере k, к которому относится данная точка, HQ_i этого вещества, будет больше 1.

При расчете вероятностного критерия опасности оценивается соотношение апостериорной и априорной вероятностей, учитывающих вероятность рискованного события (вероятность превышения порога) в конкретной области пространства, относительно информации о том, насколько часто это событие происходило во всех областях пространства.

Алгоритм определения такой вероятности выглядит следующим образом:

D - событие, состоящее в том, что мы рассматриваем полную совокупность кортежей экспериментально измеренных показателей по всей территории. По условию задачи $P(D) = 1$.

D_i - событие, состоящее в том, что мы рассматриваем совокупность кортежей экспериментально измеренных показателей внутри заданной зоны i (i = 1 ... n).

S- событие, состоящее в том, что при рассмотрении обнаружено превышение допустимого порогового значения хотя бы по одному показателю хотя бы в одном кортеже данных.

Вероятность события S можно рассчитать как полную вероятность по формуле:

$$P(S) = \sum_{i=1}^n p(D_i)p(S|D_i) \quad (3)$$

Будем считать, что мы исследуем полную совокупность данных, то есть $P(D) = 1$. Тогда события D_i образуют полную группу:

$$\sum_{i=1}^n p(D_i) = P(D) = 1 \quad (4)$$

В силу (4), для расчета апостериорной вероятности обнаружения превышения порога при рассмотрении конкретной зоны i можно применить формулу Байеса:

$$P(D_i|S) = \frac{p(D_i)p(S|D_i)}{p(S)} \quad (5)$$

Заметим, что в силу (4) и (5):

$$P(D_i|S) = \frac{p(D_i)p(S|D_i)}{\sum_{i=1}^n p(D_i)p(S|D_i)} = \frac{p(D_i)p(S|D_i)}{\sum_{i=1}^n p(S|D_i)} \quad (6)$$

Здесь $p(S|D_i)$ – априорная вероятность того, что если превышение произошло, то это случилось в зоне D_i .

Рассчитаем вероятность $p(D_i)$ при помощи классической формулы (3.6) определения вероятности как отношение условных мощностей множеств D_i и всего рассматриваемого набора D :

$$p(D_i) = \frac{n_i}{N}, \quad (7)$$

Здесь в качестве n_i может выступать количество кортежей данных в зоне D_i , а N – общее количество кортежей измеренных данных. Либо в качестве n_i можно принимать площадь территории области D_i , тогда N – вся площадь исследуемого района, и т.п.

В результате, мы можем рассчитать вероятности превышения концентраций примесей их пороговых концентраций в пределах разных кластеров, а в качестве обобщающего показателя мы предлагаем использовать вероятность превышения порога хотя бы по одному из оцениваемых параметров. Для обобщения вероятностей, в зависимости от конкретной задачи, можно использовать как теорему умножения вероятностей для независимых событий, так и теорему сложения вероятностей для совместных событий.

Таким образом, вероятностный критерий опасности учитывает вероятности превышения примесями их пороговых концентраций в пределах разных кластеров. Показатель хорошо вписывается в программу ПЭК, так как можно задавать желательные, приемлемые и неприемлемые его градации. Важным достоинством этого показателя является его устойчивость к различию числа наблюдений случаев превышения референтных величин ($HQ > 1$), что делает его более гибким и объективным при сравнительных оценках коэффициента опасности, рассчитанного для разных участков исследования, что является важнейшей задачей при управлении риском. Значения rHQ агрегируют информацию о доле «опасной» концентрации и частоте превышения референтных значений, являясь показателем наиболее полно отражающим риск неблагоприятного воздействия загрязняющих веществ на здоровье населения. По значениям rHQ ранжируются примеси и выстраиваются по приоритетности контроля в рамках программы ПЭК.

Апробация предлагаемого алгоритма осуществлялась на примере Нижне-

камского промышленного узла (НПУ). В соответствии с описанным выше подходом, расчетные точки были выбраны на границе единой СЗЗ НПУ (20 расчетных точек с шагом около 2 км), а также на границах жилых зон окружающих НПУ населенных пунктов (15 расчетных точек).

По результатам проведенных расчетов сформирован массив максимальных разовых концентраций в 35 расчетных точках, характеризующих воздействие выбросов НПУ на окружающие селитебные территории. Полученные данные (35 наборов) подверглись кластеризации по принципу нейросетевой каскадной кластеризации в условиях пространственной и временной неопределенности.

В рамках настоящего исследования в список веществ для приоритетной оценки был отобран из общего перечня 314 примесей, загрязняющих воздух в г. Нижнекамск. В результате такой подготовительной работы был составлен перечень загрязняющих веществ, концентрации которых актуальны для оценки риска здоровью населения. Сложением коэффициентов опасности всех примесей, для каждой расчетной точки были получены индексы опасности (ИО). Следует отметить, что коэффициенты и индексы опасности отражают лишь наличие токсического эффекта, но не являются показателем вероятности его проявления в заданных условиях, поэтому для полноценного использования показателя ИО необходима оценка не только фактической концентрации, но и ее математического ожидания. Расчет коэффициентов и индексов опасности сам по себе не способен указать на случайность или закономерность наблюдаемых величин концентраций примесей, по которым рассчитан в заданной точке. Рассчитаны значения индексов опасности, вероятностей того, что в данной контрольной точке будет отмечено превышение референтных значений хотя бы по одному веществу, а также рассчитаны для каждой контрольной точки значения вероятностного коэффициента опасности. По результатам нашего исследования наиболее приоритетными загрязняющими веществами для рассмотренной матрицы контрольных точек г. Нижнекамска являются: соединения марганца ($HQ_c=535,4$), оксид алюминия ($HQ_c=158,0$), диоксиды азота ($HQ_c=110,6$) и серы ($HQ_c=68,2$), а также сероводород ($HQ_c=33,0$).

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках программы "Приоритет 2030".

Литература:

1. Федеральный закон "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 N 7-ФЗ.
2. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 28 февраля 2018 г. № 74 "Об утверждении требований к содержанию программы производственного экологического контроля, порядка и сроков представления отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля".
3. РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы».

4. ГОСТ Р ИСО 14001-2016 «Системы экологического менеджмента».

5. Порядок проведения инвентаризации стационарных источников и выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, корректировки ее данных, документирования и хранения данных, полученных в результате проведения таких инвентаризации и корректировки» (утвержден Приказом Минприроды России от 19.11.2021 № 871).

6. Постановление Правительства Российской Федерации от 09.12.2020 № 2055 «О предельно допустимых выбросах, временно разрешенных выбросах, предельно допустимых нормативах вредных физических воздействий на атмосферный воздух и разрешениях на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух».

7. Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» (утверждены приказом Минприроды России от 6 июня 2017 года № 273).

8. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду: руководство Р 2.1.10.1920-04 (утверждено и введено в действие 05.03.2004). – Доступ из справ.-правовой системы Техэксперт. – Текст: электронный.

9. U.S. EPA. Integrated Risk Information System (IRIS) - an Electronic database Containing Health Risk and U.S.EPA Regulatory Information on Specific Chemicals.- Cincinnati, OH, 2000. pp. 456-488.

УДК: 504.064

СПОСОБ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПРОГНОЗА ВРЕМЕНИ ПРЕВЫШЕНИЯ ПРИЗЕМНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ПРИМЕСЕЙ ПРИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ДЛЯ РАССЕИВАНИЯ МЕТЕОУСЛОВИЯХ

Новикова С.В.¹, доктор технических наук,
профессор кафедры прикладной математики и информатики;

Тунакова Ю.А.¹, доктор химических наук, професор,
заведующий кафедрой общей химии и экологии;

Шагидуллин А.Р.², кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник;

Валиев В.С.², старший научный сотрудник

¹ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»

²Институт проблем экологии и недропользования АН РТ
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Разработан алгоритм для определения времени формирования высоких приземных концентраций примесей с использованием вероятностных подходов на основе использования нейросетевых технологий. Алгоритм пред-

назначен для оперативного прогноза высокого уровня загрязнения атмосферного воздуха в городах в период неблагоприятных метеорологических условий.

Ключевые слова: неблагоприятные метеорологические условия, загрязняющие вещества, приземные концентрации, вероятность превышения

A METHOD FOR NEURAL NETWORK PREDICTION OF THE TIME OF EXCESS OF SURFACE CONCENTRATIONS OF IMPURITIES IN ADVERSE WEATHER CONDITIONS FOR DISPERSION

Novikova S.V.¹, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Applied Mathematics and Computer Science,

Tunakova Yu.A.¹, Doctor of Chemical Sciences, prof., head Department of General Chemistry and Ecology

Shagidullin A.R.², Candidate of Physical and Mathematical Sciences, senior researcher;

Valiev V.S.², senior researcher

¹Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev - KAI,

²Institute of Ecology and Subsoil Use Problems of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: An algorithm has been developed to determine the formation time of high surface concentrations of impurities using probabilistic approaches based on the use of neural network technologies. The algorithm is designed for operational forecasting of high levels of atmospheric air pollution in cities during unfavorable meteorological conditions.

Keyword: adverse meteorological conditions, pollutants, surface concentrations, probability of exceeding

При возникновении неблагоприятных метеорологических условий (НМУ) для рассеивания примесей в приземном слое атмосферного воздуха на промышленных предприятиях, производящих выбросы в атмосферный воздух, должны реализовываться специальные программы сокращения выбросов [1-2]. Однако, метеоусловия, определяющие приземные концентрации примесей, не достаточно эффективно прогнозируются [3]. В настоящее время прогноз негативного воздействия факторов внешней среды на состояние здоровья населения осуществляется с использованием коэффициента опасности (НQ), выражаемого как отношение фактически воздействующей концентрации загрязняющего вещества (ЗВ) к его безопасной (референтной) концентрации [4].

Следует отметить, что коэффициенты опасности отражают лишь возможность негативного воздействия определенного значения концентрации конкретного ЗВ, но не являются показателем вероятности его обнаружения. Поэтому наряду с оценкой НQ необходима оценка вероятности обнаружения высоких концентраций ЗВ в той или иной точке [5-6]. Поэтому нами предлагается

использование нового показателя pHQ), который является произведением доли «опасной» концентрации ЗВ на коэффициент опасности i -го вещества: $pHQ_i = HQ_i \times P$, где HQ_i – коэффициент опасности i -го вещества, P – доля «опасной» концентрации (рассчитанная выше доля наблюдений, превышающих референтные значения ЗВ). Данный показатель использован для оценки временного диапазона между временем возникновения НМУ и формированием высоких концентраций ЗВ.

Для определения времени задержки между наступлением НМУ и первичным повышением приземных концентраций ЗВ, были разработаны и испытаны специфические нейросетевые соревновательные модели, представляющие собой интеллектуальный аппарат голосования.

Использование данного аппарата позволяет выявить наиболее правдоподобную гипотезу из нескольких, опираясь на данные натуральных наблюдений. Применительно к задаче определения времени задержки между наступлением НМУ и превышением допустимого уровня pHQ был разработан *алгоритм нейросетевого голосования*:

1. Для каждой выдвигаемой гипотезы относительно времени задержки между формированием НМУ и моментом превышения pHQ спроектировать модель для последующего голосования в виде нейронных сетей единой структуры:

- 1.1 Парадигма нейросети – сеть для классификации
- 1.2 Количество прогнозируемых классов – 2 (превышен допустимый уровень pHQ или нет)
- 1.3 Количество входов сети равно количеству измеряемых метеопараметров, формирующих НМУ.
- 1.4 Количество выходов сети – 1 (факт превышения допустимого значения pHQ) для гипотезы, за которую «голосует» нейросеть.
- 1.5 Количество скрытых слоев – подбирается эмпирически
- 1.6 Количество нейронов в скрытом слое – подбирается эмпирически
- 1.7 Функция активации – классифицирующая функция

2. Для каждой сети подготовить набор обучающих данных в виде:

- 2.1 Входы - метеоданные в день наблюдений (количественные значения)
- 2.2 Выход – факт превышения pHQ в конце периода, соответствующего гипотезе нейросети (булево значение).

3. Обучить нейронные сети на подготовленных наборах данных. Каждая нейросеть обучается по одному и тому же алгоритму одинаковое количество эпох.

4. Сравнить ошибки обучения нейронных сетей. Определить степень доверия к прогнозу каждой сети как величину, обратно пропорциональную ошибке.

5. Ранжировать построенные модели (нейронные сети) по степени доверия.

Примеры формирования обучающих наборов представлены на рис. 1 – 3.

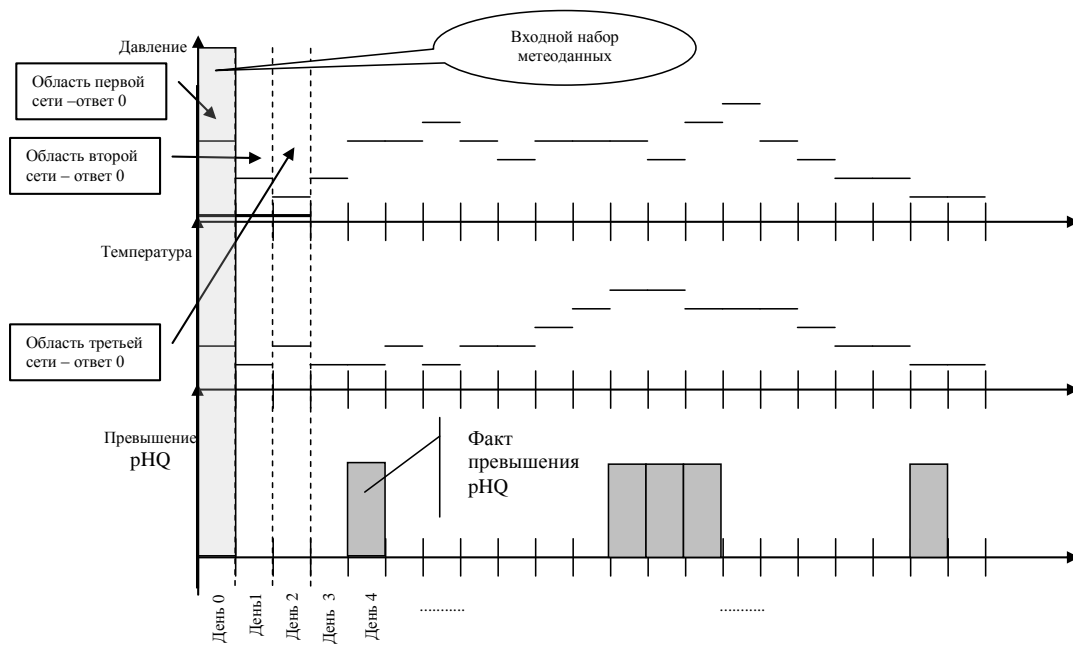


Рисунок 1 - Условия для формирования первого обучающего набора данных

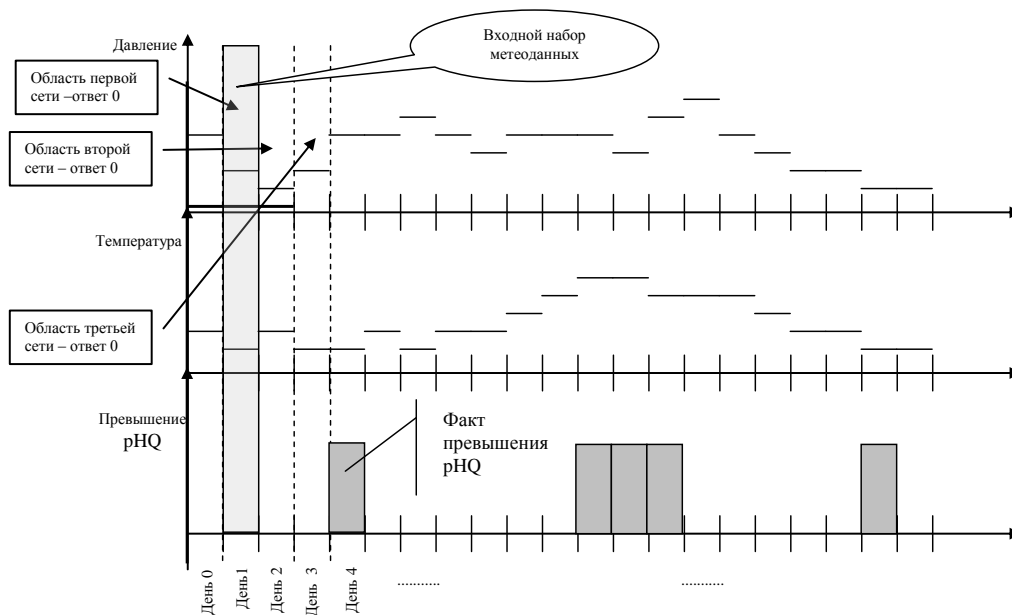


Рисунок 2 - Условия для формирования второго обучающего набора данных

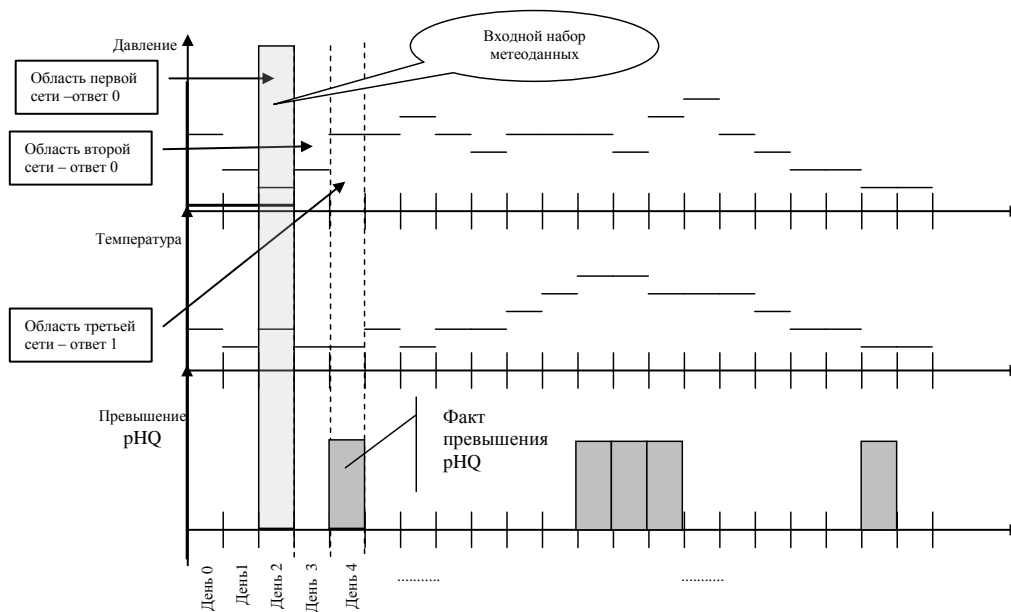


Рисунок 3 - Условия для формирования третьего обучающего набора данных

Для практического применения разработанного метода и построенной на его основе модели были получены значения вероятностного коэффициента опасности pHQ в контрольных точках г. Нижнекамск в местах пробоотбора с кластеризацией территории на основе обоснованного ранее использования самоорганизующихся нейросетевых карт Кохонена. Используются результаты наблюдений на АСКЗА в течение 448 дней. Используются значения метеорологических параметров: температура; атмосферное давление; влажность; скорость ветра; направление ветра; сезон – дополнительный категориальный параметр. Используются значения одновременно измеряемых концентраций примесей на стационарных постах: ксилол; оксид азота; диоксид азота; аммиак; оксид углерода; бензол; фенол; диоксид серы; сероводород; толуол.

В результате было получено 448 кортежей данных типа «Набор метеопараметров – Значение обобщенного pHQ ». На основании полученных кортежей были построены нейросетевые модели для выявления времени наступления прогнозного высокого значения pHQ .

На основании анализа состава кластеров в качестве порога было использовано медианное значение обобщенного вероятностного коэффициента опасности pHQ , равное 0,018.

Согласно разработанному методу, была построена конкретная реализация нейросетевой составной модели голосования. Предикторами моделей являлся набор метеоусловий, предиктантом – факт превышения обобщенным pHQ медианного уровня равного 0,018.

Алгоритм нейросетевого голосования позволяет сформировать *нейросетевую составную модель голосования* следующего вида (рис. 4):

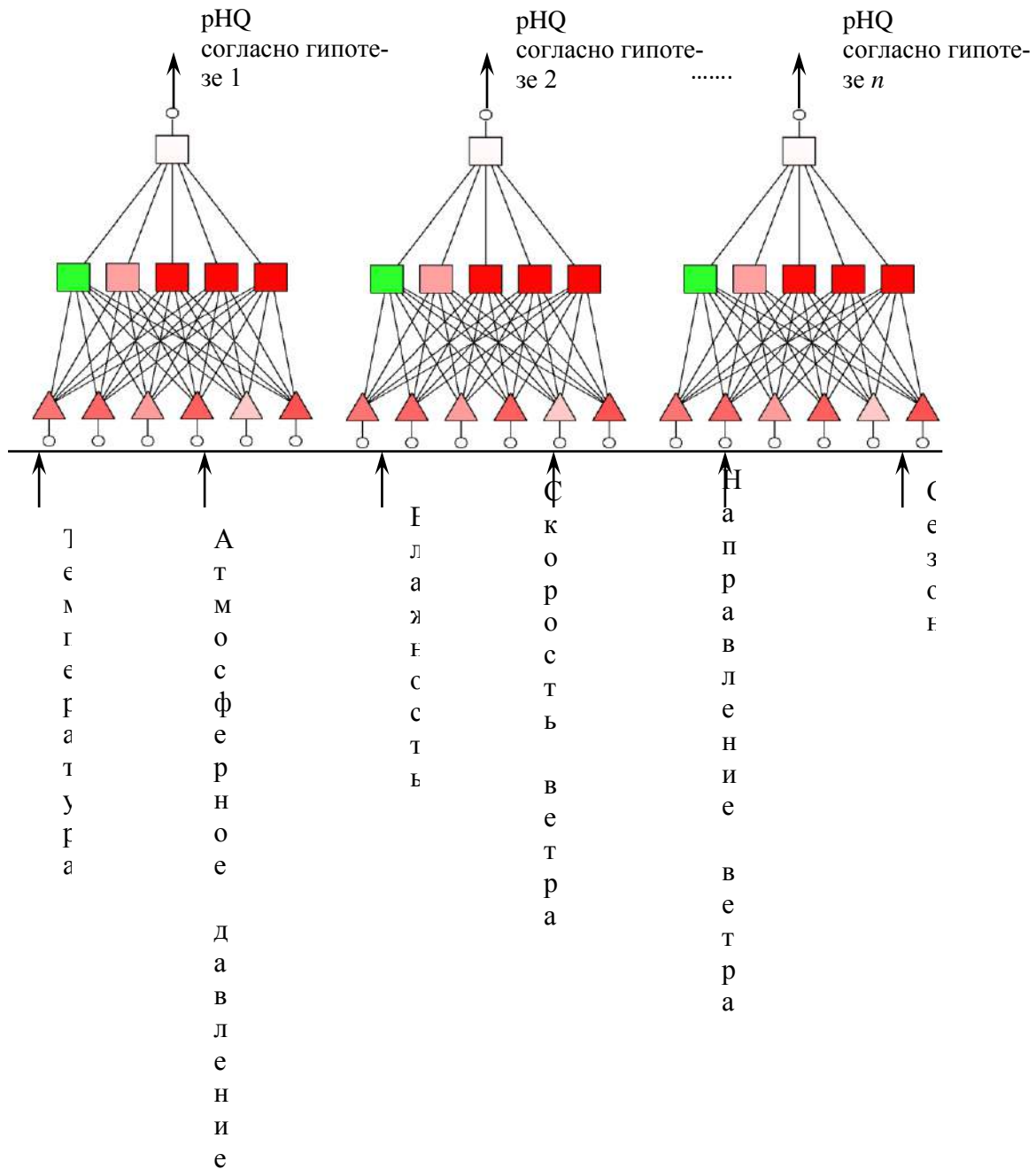


Рисунок 4 - Структура модели нейросетевого голосования

Относительно времени формирования критического значения pHQ были выдвинуты три взаимоисключающие гипотезы:

1. Критическое значение pHQ будет достигнуто в тот же день, в который сформировался набор НМУ (задержка составляет менее суток) – гипотеза №1.

2. Критическое значение pHQ будет достигнуто на следующий день после формирования набора НМУ (задержка составляет от одного до двух суток) – гипотеза №2.

3. Критическое значение pHQ будет достигнуто через два дня после формирования набора НМУ (критический временной интервал составляет более 48

часов) – гипотеза №3.

Для выявления истинного значения критического временного интервала возникновения превышений приземных концентраций примесей с вероятностным коэффициентом опасности $pHQ=0,018$ была проведена серия экспериментов, где в качестве конкурирующих нейронных сетей были выбраны сети для классификации. Компьютерное моделирование реализовано в пакете «Statistica neural networks».

Единая топология нейросетевых классификаторов коллектива:

1. Количество входов персептрона – 6. Входами являются метеоданные за текущие сутки наблюдений.

2. Количество выходов персептрона – 1. Выходом является булево значение - факт (значение 0 или 1) превышения вероятностным коэффициентом опасности порогового значение 0,018.

3. Количество скрытых слоев – 1.

4. Количество нейронов в скрытом слое – 5.

5. Функция классификации – кросс-энтропия.

6. Тип функции активации скрытого слоя – логистическая с параметром крутизны 0,9.

7. Тип функции активации выходного слоя – линейная.

8. Алгоритм обучения – двухэтапное обучение:

1. этап - обратное распространение ошибки – 1000 эпох

2 этап – метод сопряженных градиентов – 5000 эпох.

Каждая из трех голосующих нейросетей отвечает за одну из предложенных относительно периода задержки гипотез:

– Class(1) – обучалась на данных, соответствующих гипотезе №1 - задержка составляет менее 24 часов

– Class(2) - обучалась на данных, соответствующих гипотезе №2 - задержка составляет от 24 до 48 часов

– Class(3) – обучалась на данных, соответствующих гипотезе №3 - задержка составляет более 48 часов.

В результате обучения получены результаты, приведенные в табл. 1.

Таблица 1 - Характеристики точности соревнующихся нейросетевых классификаторов

Нейросеть	Ошибка обучения сети	Кол-во несовпадений
Class(1)	0,134613	74
Class(2)	0,059925	40
Class(3)	0,151570	52

Исходя из полученных результатов наиболее правдоподобной следует считать гипотезу №2 – задержка между временем формирования НМУ и моментом превышения допустимого уровня рНQ составляет от 24 до 48 часов.

Универсальность предлагаемого подхода заключается в том, что он объединяет инновационные расчетные подходы и современные вероятностные оценки, используя при этом общепринятые пределы «безопасных» и «опасных»

концентраций, что выгодно отличает его от стандартных статистических подходов.

Научные исследования проведены при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках исполнения обязательств по Соглашению №075-03-2022-122 от 14 января 2022 г. (номер темы fzsu-2020-0021).

Литература:

1. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. Ленинград: Гидрометеиздат, 1985. 272 с.

2. Берлянд М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. Ленинград: Гидрометеиздат, 1975. 448 с.

3. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Валиев В.С., Григорьева И.Г., Кузнецова О.Н. Разработка моделей прогноза концентраций примесей в приземном слое атмосферного воздуха на основании значимых метеорологических параметров // Вестник Технологического университета. 2016. Т. 19. № 22. С. 179-181.

4. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду: руководство Р 2.1.10.1920-04 (утверждено и введено в действие 05.03.2004). – Доступ из справ.-правовой системы Техэксперт. – Текст: электронный.

5. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Новикова С.В., Шмаков Ю.А. Определение времени формирования высокого уровня загрязнения атмосферного воздуха в зонах действия полимерных производств (на примере г.Нижнекамска) сообщение 2// Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 16. С. 115-118.

6. Тунакова Ю.А., Шагидуллин А.Р., Валиев В.С., Габдрахманова Г.Н., Кузнецова О.Н. Расчет эффективности сокращения выбросов стационарных источников предприятия нефтехимии при НМУ // Вестник Технологического университета. 2020. Т. 23. № 6. С. 107-112.

УДК 504.3.054

ЗОНИРОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РИСКА НА ПРИМЕРЕ Г.НИЖНЕКАМСКА

Тунакова Ю.А.,¹ доктор химических наук, профессор,
заведующий кафедрой общей химии и экологии;

Шагидуллин А.Р.², кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник;

Шипилова Р.Р.¹, старший преподаватель, обучающийся;

¹ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А. Н. Туполева – КАИ»,

² Институт проблем экологии и недропользования АН РТ
(Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Приводятся подходы для оценки потенциального экологического территориального риска на основе байесовых вероятностей превышения наблюдаемыми концентрациями на автоматизированных постах наблюдений Министерства экологии Республики Татарстан пороговых концентраций примесей. Рассчитана изменчивость экологического риска на локальных участках территории г. Нижнекамска, охваченных систематическими наблюдениями.

Ключевые слова: атмосферный воздух, концентрации примесей, потенциальный экологический риск, территориальная изменчивость

ZONING OF POTENTIAL ENVIRONMENTAL TERRITORIAL RISK BY THE EXAMPLE OF NIZHNEKAMSK

Tunakova Yu.A. ¹, doctor of chemical sciences, prof.,
head of the department of General chemistry and ecology;
Shagidullin ²A.R., candidate of physical and mathematical sciences,
senior researcher applied ecology laboratories;
Shipilova R.R. ¹, senior lecturer, student

¹Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev - KAI

² Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use
of Tatarstan Academy of Sciences
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The paper presents approaches to the assessment of potential environmental territorial risk based on Bayesian probabilities of exceeding the threshold concentrations of impurities by the observed concentrations at the automated observation posts of the Ministry of Ecology of the Republic of Tatarstan. The variability of environmental risk in local areas of Nizhnekamsk covered by systematic observations is calculated.

Keyword: atmospheric air, impurity concentrations, potential environmental risk, territorial variability

Вероятность неблагоприятных последствий любых антропогенных изменений природных объектов [1-3] оценивается с позиций теории риска. В Федеральном законе об охране окружающей среды [4] дается четкое понятие экологического риска как вероятности наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера.

Для оценки потенциального территориального риска нами оценивалась вероятность повышения значений среднесуточных концентраций примесей выше порогового уровня. В качестве порогового значения нами предлагается

использование медианы ранжированного ряда концентраций примесей, измеряемых на постах наблюдений. По нашему мнению, под пороговой концентрацией для зонирования территории следует понимать концентрацию, характерную для данной местности, обусловленную поступлением загрязняющих веществ (ЗВ) из источников, находящихся за ее пределами, и используемую в качестве точки отсчета для оценки вклада источников загрязнения, вносимого на локальном уровне. Медиана дает более реалистичную оценку центрального значения по сравнению со средним арифметическим, поскольку набор данных измерений на постах наблюдений имеет выраженную статистическую неоднородность, обусловленную наличием экстремумов (как высоких, так и низких) и эксцессов. Для зонирования территории, изменчивость загрязнения которой в большей степени обусловлена локальными процессами, в качестве пороговых концентраций лучше всего подходит медиана.

В том случае, если необходимо оценивать экологический риск в зависимости от воздействия аэрогенных факторов на здоровье населения, в качестве пороговых концентраций возможно использование референтных значений оцениваемых веществ.

Территория г. Нижнекамска представляет собой антропогенно-модифицированную, урбанизированную систему, для которой апробировался подход по зонированию территории с позиций теории риска. Были рассчитаны среднесуточные концентрации в воздухе всех примесей наблюдаемых на автоматизированных постах контроля за загрязнением атмосферы (АСКЗА) Министерства экологии РТ, расположенных в разных районах города, ежедневно. По этим примесям составлялись ряды единичных индексов загрязнения атмосферного воздуха i -той примесью, согласно РД 54.0. 186-89, рассчитываемые как отношение $I_i = C_{сут_i} / ПК_{с.с.i}$, где $C_{сут_i}$ - среднесуточная концентрация i -той примеси, $ПК_{с.с.i}$ - Пороговая среднесуточная концентрация i -той примеси. Далее рассчитывалось математическое ожидание всех частных I полученных в течение конкретного года исследования. Вероятности оценивались с помощью теоремы Байеса. Был получен ряд значений, характеризующий распределение вероятности повышения значений среднесуточной концентрации выше порогового уровня у примесей, наблюдавшихся на АСКЗА Министерства экологии РТ. Если вычислить L_i - расстояние от произвольной прогностической точки, расположенной в зоне, очерченной (охваченной) точками контроля, до i -той точки контроля и использовать полученные нами P_i - байесовы вероятности превышения пороговых концентраций в i -той точке контроля [5], то, используя линейную модель распределения концентраций от расстояния, получаем коэффициент дистанции D_i , являющийся инвертированным отношением расстояния от любой, произвольно взятой прогностической точки до контрольной точки i к сумме всех подобных расстояний между контрольными и прогностической точкой ($L_{сум}$), то есть коэффициент приведен к долям 1: $D_i = 1 - L_i / L_{сум}$

Этот коэффициент взвешивает оцениваемый фактор в двухмерном пространстве (на плоскости), корректируя частные P_i .

Таким образом, условную вероятность в произвольно заданной точке в

итоге представляем в виде взвешенного среднего значения: $U_j = \sum(D_i P_i)/n(i)$, где $n(i)$ - число всех точек контроля, участвовавших в расчете (адаптированный вариант метода обратного расстоянию взвешивания, широко используемого в системе MapInfo (Inverse Distance Weighting)).

Подставляем полученное значение U_i в формулу (1) вместо P_i :

$$R_i = \frac{\left(\frac{P_i}{P_{0,1}}\right) U_{\%}}{1000}$$

Таким образом, можно рассчитать изменчивость экологического риска на любом локальном участке территории, охваченной систематическими наблюдениями.

Построенная, таким образом, карта территориального распределения экологического риска позволяет зонировать его величину, и выделить локальные участки с наиболее неблагоприятными условиями. Карта города Нижнекамск, с четким зональным градиентом значений экологического риска, рассчитанного по фактически измеренным концентрациям основных примесей, представлена на рис. 1.

Согласно представленной схеме, значительная часть территории города Нижнекамска находится в зоне повышенного риска, с вероятностью превышения пороговых концентраций основных примесей порядка 30%.



Рисунок 1 - Зональный градиент значений экологического риска, рассчитанного по фактически измеренным концентрациям основных примесей

Научные исследования проведены при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках исполнения обязательств по Соглашению №075-03-2022-122 от 14 января 2022 г. (номер темы fzsu-2020-0021).

Литература:

1. Буянов В.П. Рискология (Управление рисками) /В.П. Буянов. М.: Экзамен, 2002. 620 с.;
2. Реймерс Н.Ф. Охрана природы и окружающей человека среды. Словарь-справочник. — М.: Просвещение, 1992.
3. Федеральный закон "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 N 7-ФЗ (с изменениями на 26 марта 2022 года), редакция, действующая с 1 сентября 2022 года.
4. Егорова Е.Е. Еще раз о сущности риска в системном подходе ... / Е.Е. Егорова // Управление риском. 2002. № 2. С.9-12.
5. Тунакова Ю.А., Новикова С.В., Шагидуллин А.Р. и др. Методология оценки уровня территориального экологического риска для планового управления экологической безопасностью городской среды / // Экология и промышленность России. – 2019. - № 10. - С. 44-49.

УДК 504.054

**ОЦЕНКА НЕОБХОДИМОСТИ СОКРАЩЕНИЯ ВЫБРОСОВ
ОТ СТАЦИОНАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ В ПЕРИОД
НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ**

Тунакова Ю.А.,¹ доктор химических наук, профессор,
заведующий кафедрой общей химии и экологии;
Шагидуллин А.Р.², кандидат физико-математических наук,
с.н.с. лаборатории прикладной экологии;
Якунин С.А.¹, обучающийся

¹ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ»,

² Институт проблем экологии и недропользования АН РТ
(Казань, Российская Федерация)

Аннотация: При получении прогнозов неблагоприятных метеорологических условий природопользователи для источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух обязаны проводить мероприятия по уменьшению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Указанные требования должны выполняться на всех объектах негативного воздействия на окружающую среду, имеющих выбросы в атмосферный воздух, за исключением объектов IV категории. В статье приведены результаты расчетов при самых неблагоприятных условиях для Филиала АО «Татэнерго» - Нижнекамская ГЭС, кото-

рыми установлено не превышение максимальными приземными концентрации загрязняющих веществ значений. На основании проведенных расчетов сделан вывод о нецелесообразности мероприятий по сокращению выбросов. Вносятся предложения по порядку конкретизации перечня предприятий для организации работ по снижению выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях, с использованием системы сводных расчетов.

Ключевые слова: неблагоприятные метеорологические условия, загрязнение воздуха, снижение выбросов, мероприятия

ASSESSMENT OF THE NEED TO REDUCE EMISSIONS FROM STATIONARY SOURCES DURING ADVERSE METEOROLOGICAL CONDITIONS

Tunakova Yu.A. ¹, doctor of chemical sciences, prof.,

head of the department of General chemistry and ecology

Shagidullin A.R. ², candidate of physical and mathematical sciences,
senior researcher applied ecology laboratories

Yakunin S.A. ¹, student of the department. General chemistry and ecology,

¹Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev - KAI

² Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use
of Tatarstan Academy of Sciences

(Kazan, Russian Federation)

Annotation: When receiving forecasts of adverse meteorological conditions, users of natural resources for sources of emissions of pollutants into the atmospheric air must carry out measures to reduce emissions of pollutants into the air. These requirements must be fulfilled at all objects of negative impact on the environment, which have emissions into the atmospheric air, except for objects of category IV. The article presents the results of calculations under the most unfavorable conditions for the Branch of JSC Tatenergo - Nizhnekamskaya HPP, which established that the maximum surface concentrations of pollutants do not exceed the values. Based on the calculations, the conclusion is made that it is inexpedient to take measures to reduce emissions. Proposals are made on the procedure of specifying the list of enterprises for the organization of emission reduction works under unfavorable meteorological conditions, using the system of consolidated calculations.

Keyword: adverse meteorological conditions, air pollution, emissions reduction, activities

В периоды неблагоприятных метеорологических условий (НМУ) увеличивается вероятность критического роста приземных концентраций примесей. Строго говоря НМУ могут быть определены индивидуально для каждого источника в зависимости от его параметров, и соответственно отличаться друг от друга. Но существуют также метеоусловия, которые затрудняют процессы рассеивания примесей, поступающих от всех типов источников. К таковым относятся

штиль, инверсия температуры, туманы, смоги, а также сочетания этих факторов. При возникновении подобных явлений НМУ степень загрязнения атмосферного воздуха может возрастать даже при постоянном объеме выбросов [1-4].

Для снижения роста концентраций примесей в периоды НМУ осуществляется регулирование выбросов вредных веществ в атмосферу, которое заключается в их кратковременном сокращении. Регулирование выбросов осуществляется с учетом прогноза НМУ на основе предупреждений о возможном опасном росте концентраций примесей в воздухе с целью его предотвращения. В зависимости от ожидаемого уровня загрязнения атмосферы составляются предупреждения 3-х степеней. Предупреждения об НМУ 1-й степени опасности формируются, когда ожидается рост приземных концентраций загрязняющих веществ до 20%, 2-й степени – до 40%, 3-й степени – до 60%.

При разработке мероприятий по кратковременному сокращению выбросов в периоды неблагоприятных метеоусловий необходимо учитывать следующее:

- мероприятия должны быть достаточно эффективными и практически выполнимыми;
- мероприятия должны учитывать специфику конкретных производств;
- осуществление разработанных мероприятий, по возможности, не должно сопровождаться сокращением производства [5].

Разработка мероприятий по снижению выбросов при НМУ или обоснование отсутствия необходимости таких мероприятий должна проводиться на всех предприятиях, эксплуатирующих источники выбросов загрязняющих веществ, за исключением объектов IV категории, определяемые в соответствии с [6]. Однако, осуществляемые в настоящее время мероприятия не приводят к необходимому снижению уровня загрязнения атмосферы в периоды формирования НМУ [7]. Для обеспечения надлежащего качества атмосферного воздуха необходимо усиление и концентрация мер, направленных на снижение выбросов при НМУ для ограниченного круга наиболее значимых предприятий. В нашей работе расчеты эффективности сокращения выбросов при НМУ проводились для стационарных источников выбросов Нижнекамской ГЭС -филиала АО «Татэнерго». Расчеты рассеивания вредных веществ в атмосфере с использованием программы «УПРЗА Эколог», версия 4.60, разработанной фирмой «Интеграл» (г. Санкт Петербург) и рекомендованной ГГО им. Воейкова для обоснования нормативов ПДВ. Программа позволяет определять концентрации вредных веществ в любом узле расчетных прямоугольников (с любым шагом, определяемым пользователем) по каждому ингредиенту при условиях, которые ЭВМ выбирает путем перебора направлений и скоростей ветра и выбора наиболее опасных с шагом 0,1 м/с. Шаг перебора направления ветра - 1°.

Расчеты проводились для всех выбрасываемых веществ и групп суммаций при температуре окружающего атмосферного воздуха, равной средней максимальной температуре наружного воздуха наиболее жаркого месяца года (летний период), как периода наименее благоприятных условий рассеивания.

Результаты расчетов (локальные максимумы концентраций) приведены на примере загрязняющего вещества ксилол (0616) в виде карты-схемы рассеивания в приземном слое атмосферы в долях ПДК_{м.р.} (рис.1).

Расчеты концентраций и рассеивания выбросов вредных веществ в приземном слое атмосферы без учета фонового загрязнения от стационарных источников выбросов промплощадки Филиала АО «Татэнерго» - Нижнекамская ГЭС показали, что условие $q_{м.р.}j > 0,1$ выполняется за границами земельных участков объекта для серной кислоты, диметилбензола, метилбензола, бутилацетата, эпоксиэтана, масла минерального нефтяного, пыли абразивной, пыли древесной.

Расчеты рассеивания без учета фонового загрязнения также показали, что при самых неблагоприятных условиях (одновременность работы всех источников выделения загрязняющих веществ, опасных скоростях и направлениях ветра) максимальные приземные концентрации загрязняющих веществ не превышают 1 ПДК на границе СЗЗ, территории многоквартирной жилой застройки и 0,8 ПДК на границе садовых товариществ для всех веществ и их суммаций.

В связи с тем, что по загрязняющим веществам, в отношении которых разрабатываются предельно допустимые выбросы, устанавливаются нормативы ПДВ на существующее положение, то мероприятия по сокращению выбросов не предусматриваются.

В то же время, определение уровня химического загрязнения воздуха, создаваемого одним рассматриваемым объектом без учета фонового загрязнения, может приводить к занижению результатов оценки значимости объекта.

С учетом действующего законодательства, для определения необходимости снижения выбросов при НМУ руководствуются положениями [5], согласно которым разработка и согласование планов снижения выбросов проводится для любых объектов I-III категорий [6]. Отнесение к той или иной категории производится по осуществляемой на объекте деятельности, и отражает воздействие на окружающую среду в целом. Анализ государственного реестра объектов негативного воздействия показывает, что множество объектов, относимых к III категории опасности, имеют лишь незначительные выбросы в атмосферный воздух (базы отдыха, спортивные сооружения, детские сады и т.д.).

Следует также заметить, что в рамках осуществления государственного мониторинга загрязнения атмосферы регулярно фиксируются нарушения качества воздуха, значительная часть которых происходит в периоды НМУ [8].

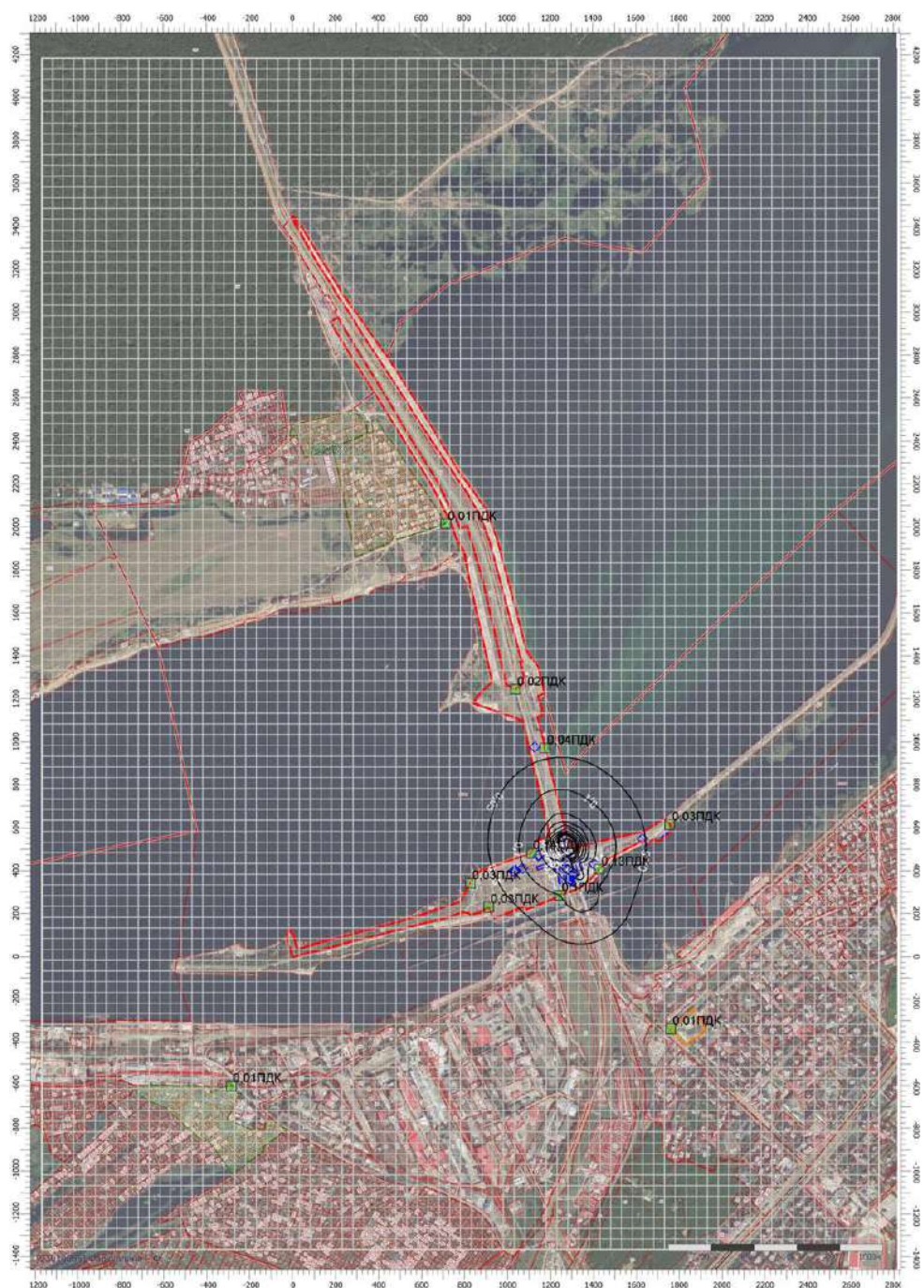


Рисунок 1 - Изолинии рассеивания ЗВ (промплощадка №1 Основная).
 Код расчета: 0616 (Диметилбензол (смесь о-, м-, п- изомеров) (Метилтолуол)).
 Параметр: Концентрация вредного вещества (в долях ПДК)

В связи с указанным выше следует отметить действовавшую ранее редакцию постановления Кабинета Министров РТ от 22.05.2012 г. № 407 «Об организации работ по регулированию выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух в периоды неблагоприятных метеорологических условий в Республике Татарстан» (до вступления в силу изменений в соответствии с постановлением Кабинета Министров РТ от 21.01.2021 г. № 18), которая ограничивала перечень предприятий, представляющих планы снижения выбросов при НМУ для рассмотрения в уполномоченный орган субъекта. При такой организации комплекс работ по обеспечению снижения негативного воздействия при

НМУ фокусируется на ограниченном перечне наиболее значимых предприятий.

Таким образом, в целях повышения эффективности работы государственных природоохранных органов, необходима разработка порядка конкретизации перечня предприятий для организации работ по снижению выбросов при НМУ и актуализации его с течением времени.

Порядок определения значимости предприятий должен обеспечивать объективность и комплексность информации о максимальных уровнях воздействия объектов, находиться в соответствии с нормативными требованиями, а также должна обеспечиваться доступность исходной информации для его реализации.

Наиболее подходящим инструментом для указанных целей, отвечающим всем необходимым требованиям, является система сводных расчетов, применение которой закреплено в качестве основного механизма реализации государственной политики в сфере обеспечения экологической безопасности применительно к охране атмосферного воздуха указом Президента РФ от 19.04.2017 № 176 «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года».

Сводные расчеты позволяют в качестве параметров, характеризующих возможную степень негативного воздействия, рассматривать непосредственно формируемые выбросами объекта концентрации загрязняющих веществ, а также характеристики их распределения. Очевидно, что степень опасности объекта должна возрастать с увеличением его вклада в уровни загрязнения селитебной территории, размеров зоны влияния, количества источников выбросов объекта, способных создавать высокие концентрации на селитебной территории, масштабов самого объекта.

Литература:

1. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. Ленинград: Гидрометеиздат, 1985. 272 с.

2. Берлянд М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. Ленинград: Гидрометеиздат, 1975. 448 с.

3. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Новикова С.В., Шмакова Ю.А. Распознавание групп неблагоприятных метеорологических условий формирования высокого уровня загрязнения атмосферного воздуха в зонах действия полимерных производств (на примере г. Нижнекамска). Сообщение 3 // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 16. С. 119-121.

4. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Валиев В.С., Григорьева И.Г., Кузнецова О.Н. Разработка моделей прогноза концентраций примесей в приземном слое атмосферного воздуха на основании значимых метеорологических параметров // Вестник Технологического университета. 2016. Т. 19. № 22. С. 179-181.

5. Требования к мероприятиям по уменьшению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в периоды неблагоприятных метеорологических условий (утверждены приказом Минприроды РФ от 28.11.2019 г. № 811).

6. Критерии отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий (утверждены поста-

новлением Правительства РФ от 31.12.2020 г. № 2398).

7. Тунакова Ю.А., Шагидуллин А.Р., Валиев В.С., Габдрахманова Г.Н., Кузнецова О.Н. Расчет эффективности сокращения выбросов стационарных источников предприятия нефтехимии при НМУ // Вестник Технологического университета. 2020. Т. 23. № 6. С. 107-112.

8. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2020 году. Казань: МЭПР РТ, 2021. 402 с.

УДК: 504.064

РЕЗУЛЬТАТЫ ТИПИЗАЦИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН ПО ЗНАЧЕНИЯМ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Тунакова Ю.А.¹, доктор химических наук, профессор,
заведующий кафедрой общей химии и экологии;

Байбакова Е.В.¹, аспирант кафедры общей химии и экологии,
Валиев В.С.², старший научный сотрудник;

¹ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ»

² Институт проблем экологии и недропользования АН РТ
(Казань, Российская Федерация)

Аннотация: В статье предложен принципиально новый подход к получению пороговых значений гидрохимических показателей и выделению типов поверхностных вод на основе нейросетевого кластерного анализа. Апробация подхода реализована для систематически контролируемых водных объектов на территории Республики Татарстан.

Ключевые слова: поверхностные воды, гидрохимические показатели, типизация

RESULTS OF CALCULATION OF THE SPECIFIC COMBINATORIAL INDEX OF WATER POLLUTION OF THE RIVERS OF TATARSTAN

Tunakova Yu.A.¹, doctor of chemical sciences, prof.,
head of the department of General chemistry and ecology;

Baibakova E.V.², graduate student of the department of General chemistry
and ecology

Valiev V.S.³, senior researcher

¹Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev - KAI

² Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use
of Tatarstan Academy of Sciences
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The paper proposes a fundamentally new approach to obtaining threshold values of hydrochemical indicators and distinguishing types of surface waters based on neural network cluster analysis. Approbation of the approach is implemented for systematically monitored water bodies in the territory of the Republic of Tatarstan.

Keyword: surface waters, hydrochemical indicators, typing

В настоящее время стоит задача учета местных природно-климатических особенностей и определение региональных пороговых концентраций для поверхностных водных объектов, в том числе и с использованием бассейнового подхода [1-3]. Согласно бассейновому подходу, региональные критерии оценки качества воды и состояния водных экосистем должны быть разработаны применительно к конкретному речному бассейну или природно-климатической зоне таким образом, чтобы водоохранные мероприятия в отношении поверхностных водных объектов, относящихся к одной и той же эколого-гидрологической системе (речной бассейн в целом, регион) были скоординированными и экологически обоснованными [4].

Нами предлагается принципиально новый подход к получению пороговых значений гидрохимических показателей и выделения типов вод с математическим обоснованием. Подход заключается в реализации нескольких этапов.

На первом этапе проводится нейросетевая кластеризация наборов измеренных гидрохимических параметров в пробах воды исследуемых водных объектов. Количество кластеров-групп определяется прежде всего необходимой степенью детализации, которую дают специалисты-эксперты предметной области.

На втором этапе для каждого кластера экспертами дается качественная оценка, соответствующая интегральной оценке проб воды в данном кластере. В результате определяются типы вод с однородными с точки зрения экспертов гидрохимическими и химическими показателями с необходимой степенью детализации.

Апробация предлагаемого подхода проводилась для водных объектов, систематически контролируемых специалистами Министерства экологии и природных ресурсов РТ: Куйбышевское водохранилище (створ выше г. Зеленодольск, правый берег); Куйбышевское водохранилище (1 км выше водозабора); р. Ашит, с. Алан-Бексер; р. Волга, г. Казань (1 км выше водозабора); р. Волга (4.7 км ниже г. Казань); р. Волга (выше г. Зеленодольск); р. Волга (с. Кзыл Байрак); р. Казанка (3-я транспортная дамба); р. Казанка, с. Усады; р. Кама, с. Сорочьи Горы; р. Меша, с. Карадули; р. Меша, с. Узьяк; р. Свяга, мост на автодороге М 7; р. Сулица, с. Савино. По каждому полученному кластеру были сформированы выборки гидрохимических показателей и проведена их статистическая обработка, включающая вариационную оценку каждого показателя, что позволило выявить диапазоны значений показателей, характеризующие тот или иной кластер. Статистическая значимость различий оценивалась с помощью непараметрического критерия Краскела-Уоллиса. Межкластерные значения критерия Краскела-Уоллиса по целому ряду показателей были высоко зна-

чимы ($p < 0,001$), что позволило провести парную оценку их межкластерных различий по Манна-Уитни. При описании тех или иных кластеров приведены пороговые значения показателей, которые так или иначе характеризуют разные типы вод, при этом, верхний порог соответствует верхнему квартилю (75%), нижний – нижнему квартилю (25%) вариационного ряда показателя.

Статистически значимые ($p < 0,05$) значения критерия Краскела-Уоллиса отмечены для следующих показателей: гидрокарбонаты, жесткость, кальций, магний, марганец, нитраты, минерализация, сульфаты, ХПК, электропроводность воды. Эти же показатели отмечены и при сопоставлении SOM-карт, поэтому их мы предлагаем использовать в качестве базовых при типизации вод. В табл.1 представлены межкластерные различия отдельных показателей, рассчитанные методом Манна-Уитни (STATISTICA v.6.0).

Таблица 1 - Значения уровней значимости межкластерных различий гидрохимических показателей (по Манна-Уитни)

Показатели	Уровни значимости p при сравнении разных кластеров					
	0 и 1	0 и 2	0 и 3	1 и 2	1 и 3	2 и 3
Алюминий, мг/дм ³	0,959	0,757	0,406	0,731	0,381	0,770
Аммоний ион, мг/дм ³	0,863	0,425	0,167	0,575	0,161	0,167
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	0,016	0,641	0,952	0,003	0,011	0,584
Взвешенные вещества, мг/дм ³	0,803	0,667	0,244	0,717	0,192	0,361
Гидрокарбонаты, мг/дм³	0,266	0,081	0,000	0,002	0,000	0,000
Железо, мг/дм ³	0,827	0,747	0,043	0,921	0,058	0,252
Жесткость, оЖ	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Кальций, мг/дм³	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Кислород раствор., мгО ₂ /дм ³	0,804	0,909	0,530	0,774	0,350	0,767
Магний, мг/дм³	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
Марганец, мг/дм³	0,010	0,097	0,000	0,336	0,000	0,000
Медь, мг/дм ³	0,584	0,770	0,563	0,456	0,980	0,439
Нефтепродукты, мг/дм ³	0,038	0,125	0,076	0,007	0,754	0,011
Никель, мг/дм ³	0,735	0,673	1,000	0,492	0,735	0,673
Нитраты, мг/дм³	0,030	0,966	0,001	0,086	0,000	0,005
Нитриты, мг/дм ³	0,151	0,285	0,156	0,659	0,908	0,808
Общее содержание ионов (минерализация), мг/дм³	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Прозрачность, см	0,207	0,839	0,344	0,460	0,744	0,622
Сульфаты, мг/дм³	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Температура, С	0,253	0,550	0,598	0,821	0,110	0,356
Фенол, мг/дм ³	0,076	0,285	0,688		0,013	0,134
Фосфат ион, мг/дм ³	0,007	0,094	0,004	0,981	0,935	0,940
ХПК, мг/дм ³	0,024	0,932	0,001	0,161	0,000	0,036
Хлориды, мг/дм ³	0,406	0,034	0,950	0,000	0,328	0,020
Цинк, мг/дм ³	0,293	0,547	0,401	0,812	0,274	0,580
Эл/проводность, мкСм/см	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Примечание: выделены статистически значимые ($p < 0,05$) значения; 0,000 соответствует значениям уровня значимости $p < 0,001$

Как видно из табл.1 показатели, характеризующие минерализацию воды (сульфаты, жесткость, кальций, магний, минерализация и электропроводность), являются главными идентификаторами кластерных различий. Менее значимыми, но также актуальными, являются такие показатели, как гидрокарбонаты, марганец, нитраты и ХПК. Значения БПК, нефтепродуктов, фосфатов и хлоридов также следует учесть при определении порогов. А такие показатели, как цинк, фенол, температура и прозрачность воды, нитриты, никель, медь, растворенный кислород, железо, взвешенные вещества, аммоний, алюминий по результатам нашей оценки не играют значимой роли в предлагаемом кластерном разделении, а значит и в соответствующей типизации вод.

В табл. 2 представлены нижние (25%) и верхние (75%) квартили всех рассмотренных показателей, являющиеся значениями нижнего и верхнего порогов в пределах того или иного кластера, характеризующего соответствующий тип вод.

Таблица 2 - Пороговые значения гидрохимических показателей, рассчитанные в пределах выделенных кластеров

Основные показатели	Кластер 0		Кластер 1		Кластер 2		Кластер 3	
	Нижний порог	Верхний порог	Нижний порог	Верхний порог	Нижний порог	Верхний порог	Нижний порог	Верхний порог
Жесткость, оЖ	6,6	8,0	9,73	11,9	15,0	19,35	2,91	3,81
Кальций, мг/дм3	95,0	118,0	150,0	188,0	243,0	297,5	44,3	57,1
Магний, мг/дм3	20,5	26,6	23,6	36,6	32,05	47,1	8,0	13,0
Общее содержание ионов (минерализация), мг/дм3	565,0	650,0	777,0	940,0	1085,0	1450,0	243,0	330,0
Сульфаты, мг/дм3	17,1	141,0	205,0	322,0	502,0	705,0	40,8	69,0
Эл/проводность, мкСм/сдм	648,0	788,0	998,0	1127,0	1357,0	1655,0	345,0	463,0
Вторичные показатели								
Гидрокарбонаты, мг/дм3	312,0	382,0	312,0	386,0	267,0	339,0	115,0	162,0
Марганец, мг/дм3	0,03	0,12	0,04	0,21	0,04	0,17	0,02	0,05
Нитраты, мг/дм3	1,0	8,2	4,28	8,3	0,2	7,95	0,88	4,13
ХПК, мг/дм3	9,6	20,5	6,7	18,4	5,65	22,0	14,4	30,7
Вспомогательные показатели								
БПК5, мгО2/дм3	1,17	2,99	0,68	2,1	1,01	4,4	0,78	2,68
Нефтепродукты, мг/дм3	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,04	0,0	0,0
Фосфат ион, мг/дм3	0,16	0,4	0,09	0,26	0,06	0,2	0,1	0,26
Хлориды, мг/дм3	9,50	15,7	14,0	18,4	18,85	22,6	8,6	16,5
Прочие показатели								
Аммоний ион, мг/дм3	0,120	0,510	0,130	0,420	0,055	0,455	0,160	0,520
Взвешенные вещества, мг/дм3	7,300	32,800	5,800	38,000	5,900	36,900	5,500	40,500
Железо, мг/дм3	0,040	0,090	0,040	0,080	0,035	0,110	0,030	0,110
Кислород раствор., мгО2/дм3	8,200	11,400	7,900	12,100	9,000	12,550	8,700	12,100
Нитриты, мг/дм3	0,020	0,080	0,030	0,070	0,000	0,085	0,020	0,070
Прозрачность, см	15,000	29,300	20,000	30,000	15,950	29,500	23,000	30,000
Температура, С	2,000	17,800	0,300	18,000	1,000	19,600	0,800	20,000
Фенол, мг/дм3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Цинк, мг/дм3	0,000	0,010	0,000	0,010	0,000	0,010	0,000	0,010

Согласно представленным в табл.2 значениям можно выделить следующие типы вод:

Кластер 0. Тип воды 1. «Гидрокарбонатная кальциево-магниевая низкой жесткости, умеренной минерализации с умеренным содержанием сульфатов и марганца»

Кластер 1. Тип воды 2. «Гидрокарбонатная кальциево-магниевая умеренной жесткости, повышенной минерализации с умеренным содержанием сульфатов и повышенным содержанием марганца»

Кластер 2. Тип воды 3. «Гидрокарбонатная кальциево-магниевая высокой жесткости, высокой минерализации повышенным содержанием сульфатов и умеренным содержанием марганца»

Кластер 3. Тип воды 4. «Гидрокарбонатная кальциево-магниевая низкой жесткости, низкой минерализации с низким содержанием сульфатов и марганца».

Таким образом, выделенные в разные кластеры поверхностные водные объекты по значениям гидрохимических показателей отражают разные режимы функционирования, к которым можно применить бассейновый подход, выделяя для них свои собственные региональные пороговые концентрации.

Литература:

1. Хосровянц И.Л. Научные основы инструментария диагностико-прогностических расчетов качества воды в водных объектах. Монография, ЗАО ПО «Совинтервод». М., 2006. С. 46-49.

2. Селезнев В.А. Экологические критерии нормирования сброса загрязняющих веществ в водные объекты / В.А. Селезнев, К.В. Беспалова// Вестник Волжского университета имени В.Н. Татищева. 2015. № 1(23). С. 130-139.

3. Беспалова К.В. Научные основы регулирования антропогенного воздействия на водные объекты с учетом их природных особенностей (на примере бассейна Саратовского водохранилища). Дисс. к.х.н. Специальность 03.02.08. Тольятти, 2017. 134 С.

4. Никаноров А.М. Фундаментальные и прикладные проблемы качества поверхностных водных ресурсов /А.М. Никаноров, Г.М.Черногаева, С.Д. Беляев //VII Всерос. Гидрол. Съезд: тезисы пленарных докл. СПб, 2013. С. 43-53.

УДК: 504.064

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ КЛАСТЕРИЗАЦИИ

Тунакова Ю.А.¹, доктор химических наук, профессор,
заведующий кафедрой общей химии и экологии;

Новикова С.В.¹, доктор технических наук,
профессор кафедры прикладной математики и информатики;

Валиев В.С.², с.н.с. лаборатории биогеохимии,

Новикова К.Н.¹, инженер НИЛ 10 кафедры общей химии и экологии,

Байбакова Е.В.¹, аспирант кафедры общей химии и экологии,

¹ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»

² Институт проблем экологии и недропользования АН РТ
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: В статье предложен принципиально новый подход к получению интегральных оценок состояния поверхностных вод на основе измеряемых гидрохимических показателей с выделением наиболее значимых на основе нейросетевого кластерного анализа. Апробация подхода реализована для систематически контролируемых Министерством экологии водных объектов на территории Республики Татарстан.

Ключевые слова: поверхностные воды, гидрохимические показатели, интегральная оценка

RESULTS OF CALCULATION OF THE SPECIFIC COMBINATORIAL INDEX OF WATER POLLUTION OF THE RIVERS OF TATARSTAN

Tunakova Yu.A. ¹, doctor of chemical sciences, prof.,

head of the department of General chemistry and ecology;

Novikova S.V. ¹, doctor of technical sciences, professor of the department of applied mathematics and computer science,

Valiev V.S. ², senior researcher laboratory of biogeochemistry,

Novikova K.N. ¹, engineer, research laboratory 10,
department of General chemistry and ecology,

Baibakova E.V. ¹, graduate student of the department
of General chemistry and ecology

¹Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev - KAI

² Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan
Academy of Sciences
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The paper proposes a fundamentally new approach to obtaining integral assessments of surface water conditions based on measured hydrochemical indicators with selection of the most significant ones on the basis of neural network cluster analysis. Approbation of the approach was implemented for systematically monitored by the Ministry of Ecology of water bodies in the territory of the Republic of Tatarstan.

Keyword: surface waters, hydrochemical indicators, integral assessment

В настоящее время на территории нашей страны и за ее пределами применяются способы оценки качества поверхностных вод, появившиеся еще в пятидесятых годах прошлого века. Оценки, полученные по данным экспериментальных наблюдений, представляются в виде специальных показателей, формируемых на основе модели аддитивной опасности. Данная модель в раз-

ных интерпретациях достаточно часто используется при интегральной количественной оценке экологического состояния того или иного объекта. Для получения комплексного показателя применяется простой вариант суммирования нормализованных (отнесенных к ПДК, фоновой концентрации или другому порогу) концентраций всех ЗВ. Примером данного подхода является формула Аверьянова, в которой сумма относительных концентраций ЗВ не должна превышать единицы [1-2].

Недостатком такого подхода является допущение, что веса всех показателей, используемых для расчета комплексного показателя одинаковы. В предлагаемом нами подходе интегральная оценка качества водных объектов проводится после их типизации, с учетом гидрологических и химических характеристик. Таким образом, выделяются водные объекты со схожими особенностями поступления, переноса и самоочищения, что позволяет провести относительное сопоставление весов рассматриваемых показателей. Пороговые значения показателей устанавливаются в процессе типизации, что позволяет учесть региональную специфику в процедуре нормирования и адекватно оценить водные объекты, относящиеся к одному типу. С подобными задачами «распознавания образов» прекрасно справляются нейросетевые технологии, все активнее используемые при решении различных задач прикладной экологии [3].

Предлагаемый нами новый подход к интегральной оценке состояния поверхностных вод основан на симбиозе нейросетевого кластерного анализа и экспертной оценке, что позволит, с одной стороны, повысить адекватность результатов со стороны специалистов предметной области, а с другой, даст строгое математическое обоснование полученным результатам. В предлагаемом подходе интегральная оценка дается на качественном уровне, облегчая ее интерпретацию специалистами. Однако качественное оценивание производится на основе анализа количественных данных после кластеризации. Для каждого кластера экспертами дается качественная оценка, соответствующая интегральной оценке проб воды в данном кластере. В качестве кластеризующего алгоритма предпочтение следует отдать методам нейросетевого анализа на основе нейронных сетей, обучающихся без учителя, и позволяющих выявить взаимозависимость в данных, так называемые нейронные сети Кохонена. Данные модели разработаны финским ученым Тойво Кохоненом в середине прошлого века, и предназначены для выделения однородных групп данных с любой степенью точности на базе алгоритма, подобного алгоритму k-средних [4].

Как любая нейросетевая модель, сеть Кохонена способна дообучаться на новых данных без необходимости ее перестройки. Кроме того, достоинством данной модели является простота визуализации, что упрощает качественную интерпретацию для экспертов в дальнейшем. При качественном оценивании пороговые значения показателей устанавливаются в процессе кластеризации, что позволяет учесть региональную специфику и адекватно оценить различные участки бассейна, относящиеся к одному типу, что ранее обосновано нами в работах [5-6].

Для увеличения точности и адекватности интегральных оценок предлага-

ется использовать методику многоуровневой нейросетевой фильтрации, описанной в [7]. В отличие от классической кластеризации, в данной методике производится многократное повторение процесса кластеризации выбранным алгоритмом для групп данных (кластеров) с недостаточной, с точки зрения экспертов, степенью детализации. Так, если вначале все данные об измерении параметров воды относятся к единому кластеру (группе), то затем специалист анализирует данные в каждом из выделенных кластеров, и для каждой неоднородной группы производится разбиение на заданное число кластеров при помощи нейронной сети Кохонена. При повторении данной процедуры будет строиться многоуровневое дерево кластеров, листьями которого в итоге окажутся кластеры с достаточной степенью однородности (детализации).

На завершающем этапе специалисты-эксперты должны дать качественную оценку наборам данных в кластерах-листах построенного в результате дерева. Разработанная методика была опробована на практике на наборе гидрохимических показателей состава поверхностных вод в 14 точках отбора проб, расположенных на различных участках Волжско-Камского бассейна (Куйбышевское водохранилище, створ выше г. Зеленодольск, правый берег; Куйбышевское водохранилище, 1 км выше водозабора; р. Ашит, с. Алан-Бексер; р. Волга, г. Казань, 1 км выше водозабора; р. Волга, 4.7 км ниже г. Казань; р. Волга, выше г. Зеленодольск; р. Волга, с. Кзыл Байрак; р. Казанка, 3-я транспортная дамба; р. Казанка, с. Усады; р. Кама, с. Сорочьи Горы; р. Меша, с. Кардули; р. Меша, с. Узяк; р. Свяга, мост на автодороге М 7; р. Сулица, с. Савино). Учитывались результаты анализа проб за 2014-2021 г. с интервалом в среднем в 1 месяц по набору двадцати шести гидрохимических определяемых показателей (СПАВ, Алюминий, Аммоний, БПК₅, Взвешенные вещества, Гидрокарбонаты, Железо, Жесткость, Кальций, Кислород раствор, Магний, Марганец, Медь, Натрий+калий, Нефтепродукты, Никель, Нитраты, Нитриты, Минерализация, Прозрачность, Свинец, Сульфаты, Температура, Фенол, Фосфат ион, Фосфор общий, ХПК, Хлориды, Цинк, Электропроводность).

Вычисления проводились при помощи программного пакета анализа данных Deductor Studio 4.3. В качестве кластеризующего алгоритма применены нейронные сети Кохонена как инструмент, позволяющий проводить визуальный анализ полученных результатов в наиболее удобной для специалистов предметной области виде. Визуализация производилась путем раскрашивания отдельных нейронов моделей Кохонена, где интенсивность цвета пропорциональна числовому значению визуализируемого параметра. После предварительной обработки в целях исключения противоречий, повторений и критических выбросов, для анализа было отобрано 190 пригодных кортежей измерений. Анализ произведен на основе визуализации результатов кластеризации 26-ти мерных векторов-измерений на двумерной SOM-свертке. Первоначальная размерность кластеризуемых векторов -26 (по числу измеряемых показателей) была дополнена четырьмя параметрами, характеризующими степень принадлежности даты забора пробы к одному из четырех сезонов.

На начальном уровне кластеризации было определено 4 кластера по чис-

лу значений гидрохимических показателей в конкретной точке пробоотбора. Распределение данных по кластерам относительно равномерно. Кластеры №0, 1 и 3 содержат примерно по 50-55 измерений, кластер №2 - самый немногочисленный – 20 измерений, из которых 19 относятся к одной точке отбора (р. Казанка, 3-я транспортная дамба).

Анализ двумерной визуализации показал, что влияние сезонности на распределение данных невелико. Основными отличительными особенностями выделенных групп являются: жесткость, содержание кальция, магния, сульфатов; минерализация и электропроводность, что показано на рис 1 в качестве примера.

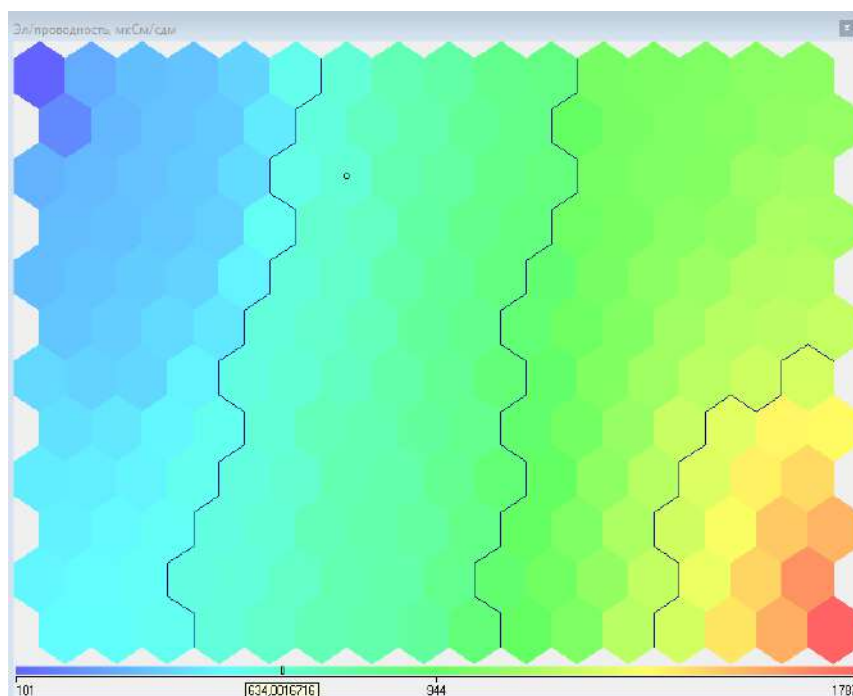


Рисунок 1 - Электропроводность поверхностных вод по точкам пробоотбора по кластерам

На основании полученных данных можно сделать вывод о более низких значениях контролируемых показателей в точках пробоотбора, образующих кластеры 0 и 1, при этом качество воды кластера 0 несколько выше, чем 1. Кластер 3 занимает промежуточную позицию, тогда как воды кластера 2 имеют наиболее высокие значения контролируемых показателей в точках пробоотбора.

Таким образом, определяющим качеством вод показателем, является жесткость и коллинеарные с ней содержания сульфатов, магния, кальция, гидрокарбонатов, а также минерализации и электропроводности. Главным, дифференцирующим качеством вод признаком, являются значения показателей жесткости воды, все остальные показатели вторичны, а влияние сезонов на качество вод незначительно.

Литература:

1. Верниченко А.А. Классификации поверхностных вод, основывающиеся на оценке их качественного состояния // Комплексные оценки качества поверх-

ностных вод. - Л.: Гидрометеиздат. - 1984. – С. 14-43.

2. Белогуров В.П. и др. Применение обобщенных показателей для оценки уровня загрязненности водных объектов //Комплексные оценки качества поверхностных вод. - Л.: Гидрометеиздат. - 1984. – С. 33-43.

3. Новикова С.В., Тунакова Ю.А., Кирпичников А.П., Шагидуллин А.Р., Валиев В.С., Кремлева Э.Ш., Габдрахманова Г.Н. Использование инновационных информационных технологий для типизации поверхностных вод р. Волга и питающих ее малых рек // Вестник Казанского технологического университета. – Т.22. – Казань: Изд-во Казанского государственного технологического университета – 2019. Т.22. №2. С.150-154.

4. Teuvo Kohonen Essentials of the self-organizing map // Neural Networks. 2013 Volume 37, Pages 52–65 DOI 10.1016/j.neunet.2012.09.018.

5. Новикова С.В., Тунакова Ю.А., Габдрахманова Г.Н., Кузнецова О.Н. Кластерный анализ данных для интегральной характеристики безопасности питьевых вод для потребителей на территории г. Казани//Вестник Казанского технологического университета. Казань: Изд-во Казанского государственного технологического университета, 2016. Т. 19. № 19. С.164-167.

6. Новикова С.В., Тунакова Ю.А., Шагидуллин А.Р., Валиев В.С., Габдрахманова Г.Н. Синергетическая нейро-экспертная модель на основе SOM-КАРТ для интегрального анализа экологических объектов: Сборник трудов международной научной конференции (школа молодых ученых) Химия и инженерная экология – XVIII, 2018, С. 318-322.

7. Кремлева Э.Ш., Кирпичников А.П., Новикова С.В., Валитова Н.Л. Алгоритм построения модели каскадной нейросетевой фильтрации данных с различной степенью детализации Вестник Технологического университета. 2018. Т. 21. № 8. С. 109-115.

СОДЕРЖАНИЕ

Тунакова Ю.А., Лавриненко О.В.

История и достижения кафедры общей химии и экологии..... 3

Направление 1. Инженерная защита окружающей среды

Абзалова А.Г., Зайнуллин А.М., Шайхиев И.Г.

Очистка сточных вод производства гремучей ртути с применением сильных оснований..... 8

Андросова Е.С., Симакова Е.Н., Навасардян Е.С.

Разработка системы защиты от аварийного выброса хлора на предприятии..... 11

Атаманова О.В., Тихомирова Е.И., Глубокая А.С., Подоксенов А.А.

Адсорбционная очистка воды от ионов тяжелых металлов и органических соединений модифицированным бентонитом..... 14

Бильданова А.А., Мальцева С.А., Григорьева И.Г.

Разработка технологической схемы обезвоживания гальваношламов на барабанном вакуумном фильтре..... 18

Бильданова А.А., Мальцева С.А.

Минимизация техногенного воздействия сточных вод гальванического производства на окружающую среду..... 21

Васильева Ж.В., Яшкина А.А., Тюляев В.С.,

Безубова И.В., Мотовилова И.С.

Поиск эффективных сорбентов для ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов в условиях арктического региона..... 23

Гаджиева В.А., Мясоедова Т.Н.

Спектрофотометрическое определение гуминовых веществ в очищенной сточной воде..... 27

Гисматуллина А.И., Мальцева С.А.

Минимизация техногенного воздействия на окружающую среду выбросов от линии нейтрализации сточных вод производства никельсодержащих покрытий из сернокислого электролита..... 29

Гисматуллина А.И., Мальцева С.А.

К вопросу об использовании гальваношламов в качестве добавки в технологии изготовления стеклоподобных материалов..... 32

Гоголь Э.В., Габдрахманова А.И.

Выбор и обоснование наилучшей из доступной технологии утилизации отработанных литий-ионных аккумуляторов..... 35

Гоголь Э.В., Габдрахманова А.И.

Измерение концентраций сульфат-ионов в природных водах озер Чувашской Республики..... 40

Гоголь Э.В., Габдрахманова А.И.	
Оценка риска здоровью человека при попадании отходов отработанных литий-ионных аккумуляторов в воду.....	43
Григорьева Е.В., Ксенофонов Б.С.	
Влияние фитопланктона на образование тригалогенметанов.....	47
Гурьева В.Е., Мальцева С.А., Григорьева И.Г.	
Разработка комплексной технологической схемы очистки сточных вод химического предприятия и обезвоживания осадков сточных вод.....	50
Гурьева В.Е., Мальцева С.А.	
Минимизация техногенного воздействия осадков сточных вод на окружающую среду.....	52
Елисеева П.А., Галимова А.Р.	
Расчет концентрации микроорганизмов для очистки почвы от нефтепродуктов.....	55
Желовицкая А.В., Заляев А.И.	
Очистка промышленных стоков от металлов с использованием нанокomпозиционных материалов.....	59
Желовицкая А.В., Ильин Е.Н.	
Математическое моделирование химико-технологических процессов очистки сточных вод предприятий нефтепереработки.....	63
Желовицкая А.В., Мингазов Т.Ф.	
Система адсорбционной очистки сточных вод от хрома (VI) с помощью композиционного материала.....	67
Желовицкая А.В., Нигматзянова Е.Р.	
Окислительная деструкция фармацевтических препаратов из водных сред.....	69
Желовицкая А.В., Нигматзянова Е.Р.	
Фотокаталитическое окисление фармацевтических препаратов в водных средах.....	73
Исхакова Р.Я., Нургалиев А.И.	
Повышение эффективности очистки маслосодержащих сточных вод.....	77
Гречушкин А.Н., Ковалева П.В.	
Особенности удаления бора при опреснении воды Карского моря.....	79
Кулебякин С. Д., Навасардян Е.С., Симакова Е.Н.	
Современные технологии увлажнения воздуха для бытовых и промышленных помещений.....	82
Мингазетдинов И.Х., Абдуллина П.А.	
Очистка сточных вод с использованием центробежно-флотационного метода.....	86
Мингазетдинов И.Х., Конюхова С.Д.	
Разработка устройства для очистки сточных вод от масел, нефти, нефтепродуктов.....	89

Мингазетдинов И.Х., Сергеев Р.С.	
Устройство комбинированной очистки и удаления нефти и нефтепродуктов с поверхности водоемов.....	93
Мингазетдинов И.Х., Шурыгина Л.Д.	
Альтернативная гидроэнергетическая установка с роторным преобразователем.....	95
Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Акосах Й.А.	
Адаптация к дефициту фосфора позволяет обезвреживать белый фосфор.....	98
Монахов А.А., Винокурова В.В., Мельников Н.О., Акинин Н.И.	
Экологические аспекты применения деревянных опор ЛЭП и связи.....	101
Шипилова Р.Р., Степанов Р.П.	
Способ определения металлов в атмосферном воздухе.....	105
Насруллоев Ф.Х.	
Экологические аспекты и проблемы утилизации золошлаковых отходов душанбинской ТЭЦ-2.....	107
Николаева Л.А.	
Использование золы органических отходов для очистки сточных вод от ионов меди.....	110
Новиков С.П., Плуготаренко Н.К.	
Применение многопараметрических линейных зависимостей для распознавания газов полупроводниковыми резистивными сенсорами....	114
Ольшанская Л.Н., Арефьева О.А.	
Применение энергии электромагнитных излучений квази высоких частот при электрохимическом извлечении ионов тяжелых металлов из загрязненных вод растениями ряски малой (<i>Lemna minor</i>).....	117
Платонова М.С., Гоголь Э.В.	
Исследование состава твёрдых коммунальных отходов предприятия по термической утилизации отходов с точки зрения оптимизации состава сырья.....	120
Рожин А.О., Фахруллина Г.И.	
Исследование биodeградирующей активности бактерии <i>Alcanivorax borkumensis</i> в образце нефтесодержащего бурового шлама.....	124
Сибгатуллина О.С., Мингазетдинов И.Х.	
Управление процессом коагуляционной очистки сточных вод.....	127
Спирина О.В.	
Утилизация вторичного сырья металлургического производства при модификации составов керамического кирпича.....	129
Строганов В.Ф., Амельченко М.О., Табаева Р.К., Емельянова Д.И.	
Эффективность наполнения стирол-акриловых полимерных композиций активированным каолином.....	133
Тагоев С.А.	
Водородная ТЭЦ – путь повышения экологической безопасности энергоснабжения городов.....	137

Холиков М.С., Халилов И.Х., Шарифов Д.А., Юнусов М.Ю., Бадалов А. Термодинамика процесса парообразования технических жидкостей LUMIX TRANSMISSION OIL TM-5-18 80-90APTGL-5 и CASTROL MAGNATEC DIESEL 10W-40.....	140
Шелопутов А.Н., Васильева Ж.В. Совершенствование технологии утилизации солевого стока горно-металлургического предприятия.....	144
Ширниех А.А. Анализ конструкции камеры смешивания с помощью компьютерного моделирования.....	147
Штолина Т.В., Остах О.С. Применение ультразвуковой обработки для утилизации некондиционных остатков установки «Vebe Combi Cracking».....	150
Мингазетдинов И.Х., Тунакова Ю.А., Шипилова Р.Р., Степанов Р.Р. Комбинированный каталитический нейтрализатор для снижения выбросов отработавших газов двигателей внутреннего сгорания.....	153
Шавалеева С.М., Хамиуллина Д.З. Очистка сточных вод автомойки от нефтепродуктов.....	160

Направление 2. Экологически чистые материалы и технологии

Gumerova G.I., Sibgatullina O.S., Gogol E. V. Express method for determination of supercotoxics.....	165
Гумерова Г.И., Гоголь Э.В. Биомасса как источник различных форм биоэнергии.....	170
Платонова М.С., Гоголь Э.В. Окисление фенола и фенольных соединений ферментными системами на основе пероксидазы.....	173
Свергузова С.В., Шайхиев И.Г., Сапронова Ж.А., Воронина Ю.С. Получение хитина из личинок предкуколки мухи <i>Hermetia Illucens</i>	176
Тунакова Ю.А., Сахабутдинов А.Ж., Кузнецов А.А., Желовицкая А.В., Григорьева И.Г. Разработка методики формирования полимерных покрытий на торцевую поверхность кварцевых оптических волокон.....	179
Agliullin T.A., Valeev B.I., Sadykova A.I., Sakhabutdinov A.Zh. Addressed combined fiber-optic sensors as key element of multisensor greenhouse gas monitoring systems.....	185

Направление 3. Экологический мониторинг и контроль

Александрова А.Б., Иванов Д.В., Валиев В.С., Маланин В.В., Марасов А.А., Мухаметзянова Ф.М., Косова М.В. Металлы в почвах водосборной территории озер Саралинского участка Волжско-Камского заповедника.....	191
---	-----

Александрова А.Б., Иванов Д.В., Зиганшин И.И. Тяжелые металлы в почвах водосборной территории и донных отложениях озера Белое (Республика Татарстан).....	194
Тунакова Ю.А., Шагидуллин А.Р., Валиев В.С., Васильева М.А. Подходы для оценки вероятности превышения пороговых концентраций примесей в зонах автомагистралей при воздействии автотранспорта с апробацией по территории г. Казани.....	198
Вершинин А.А., Кузнецова Т.В., Князев И.В., Петров А.М. Исследование природы стимуляции дыхательной активности нефтезагрязненной серой лесной почвы в присутствии осадков сточных вод.....	202
Габдрахимова В.А., Шагидуллин А.Р., Мусина А.А. Метеорологический потенциал самоочищения атмосферного воздуха в г. Казань.....	205
Горшкова А.Т., Урбанова О.Н., Бортникова Н.В., Рыков Р.А. Поступление загрязняющих веществ в Куйбышевское водохранилище с водосборов малых рек.....	209
Иванов Д.В., Валиев В.С., Шамаев Д.Е., Шурмина Н.В., Мухаметзянова Ф.М., Косова М.В. Оценка качества воды в р. Нокса.....	213
Иванов Д.В., Валиев В.С., Шамаев Д.Е., Шагидуллина Р.А. Динамика показателей антропогенной нагрузки и качества вод Нижнекамского и Куйбышевского водохранилищ в пределах Республики Татарстан за 2014–2020 гг.....	218
Каримуллин Л. К., Петров А. М., Вершинин А.А., Князев И.В. Ферментативная активность серой лесной почвы после внесения гранулята осадка городских сточных вод.....	222
Лицевич А.Р., Хмелевцова Л.Е., Чернышенко Е.Р., Наумова Е.А. Исследование экспрессии генов окислительного стресса в планктонной культуре <i>Rhodococcus erythropolis</i> в присутствии углеводов.....	226
Михайлова Т.С., Бут А.А., Мясоедова Т.Н. Разработка имедансометрического сенсора для определения паров органических веществ.....	229
Мокан Ю.И., Галимова А.Р. Определение содержания оксида углерода в атмосферном воздухе методом газовой хроматографии.....	232
Морскова Я.Р., Исмаилова Р.Н., Гармонов С.Ю. Экологический мониторинг биогаза: способы оценки эмиссии компонентов и хемометрический анализ.....	236
Мусина А.А., Шагидуллин А.Р., Габдрахимова В.А. Динамика уровней загрязнения атмосферного воздуха г. Казань по данным автоматических станций мониторинга.....	239

Орифова Л.А., Бобоев Х.Б., Расулов О.У.	
Очистка фильтрата с территории полигона твёрдых бытовых отходов города Душанбе с применением коагулянта $Al_2(SO_4)_3$ и $Ca(OH)_2$	243
Романова С.М., Ярошевский А.Б., Мадякина А.М., Сольяшинова О.А.	
Некоторые проблемы реализации территориальной схемы обращения с отходами.....	249
Sibgatullina O.S., Gogol E.V.	
Method for the determination of vanadium using miniature electrochemical sensors.....	253
Степанова Н.Ю., Емельянова А.В.	
Динамика содержания мышьяка и кобальта в питьевой воде города Казани.....	258
Тунакова Ю.А., Григорьева И.Г. Валиев В.С., Шагидуллина Р.А.	
Подходы к расчету интегрального показателя совокупного аэрогенного воздействия по зонам исследования.....	262
Утомбаева А.А., Зайнулгабидинов Э.Р., Петров А.М.	
Устойчивость сельскохозяйственных растений к нефтяным загрязнениям.....	268
Фазлыева Э.Л., Галимова А.Р.	
Определения приоритетных экологических аспектов деятельности МРП ЦКППН НГДУ «Альметьевнефть».....	272
Фасыхов А.Р., Гайнуллина Л.Р.	
Структура опросного листа для расчета углеродного следа.....	275
Чернышенко Е.Р., Лицевич А.Р., Наумова Е.А., Сазыкина М.А., Ажогина Т.Н.	
Оценка прооксидантных свойств пестицидов с помощью цельноклеточных бактериальных lux-биосенсоров.....	277
Васильева М.А., Тунакова Ю.А.	
Концепция индексной квалиметрии при оценке качества атмосферного воздуха вблизи автозаправочной станции в г. Казани.....	280
Сагадиева А.Р., Галимова А.Р.	
Оценка качества воды р. Казанки.....	284
Селедкина В.А., Галимова А.Р.	
Оценка качества воды оз. Нижний Кабан в г. Казань.....	288
Водянчук К.В., Галимова А.Р.	
Оценка качества воды оз. Комсомольское	292

Направление 4. Информационные технологии в техносферной безопасности

Галимова А.Р., Тунакова Ю.А., Шагидуллин А.Р.	
Выявление доминирующих факторов риска для здоровья населения при аэрогенном воздействии на высокоурбанизированной территории.....	297

Зарипов Дж.А. Правила безопасности по выполнению исследования адсорбционных свойств рентгенофазовым анализом в учебных лабораториях кафедры Теплотехника и Теплоэнергетика.....	301
Игонин Е.И. Оценка возможностей применения блокчейн-технологии в сфере природопользования и охраны окружающей среды в Республике Татарстан.....	304
Калистратова А.А., Навасардян Е.С., Симакова Е.Н. Определение регрессионных коэффициентов для численных моделей изотерм адсорбции.....	310
Морайш А.Ж., Морайш (Иванова) С.Ю., Тунакова Ю.А., Новикова С.В. Использование нейросетевых технологий для выявления архитектурно-конструктивных особенностей системы Помбалино.....	313
Новикова С.В., Тунакова Ю.А., Габдрахманова Г.Н., Валиев В.С. Оценка показателей загрязненности природных вод с использованием инновационных информационных технологий.....	318
Новикова С.В., Тунакова Ю.А., Шагидуллин А.Р., Валиев В.С. Алгоритм формирования программы производственного экологического контроля.....	322
Новикова С.В., Тунакова Ю.А., Шагидуллин А.Р., Валиев В.С. Способ нейросетевого прогноза времени превышения приземных концентраций примесей при неблагоприятных для рассеивания метеоусловиях.....	328
Тунакова Ю.А., Шагидуллин А.Р., Шипилова Р.Р. Зонирование потенциального экологического территориального риска на примере г. Нижнекамска.....	335
Тунакова Ю.А., Шагидуллин А.Р., Якунин С.А. Оценка необходимости сокращения выбросов от стационарных источников в период неблагоприятных метеорологических условий.....	339
Тунакова Ю.А., Байбакова Е.В., Валиев В.С. Результаты типизации поверхностных вод на территории Республики Татарстан по значениям гидрохимических показателей.....	345
Тунакова Ю.А., Новикова С.В., Валиев В.С., Новикова К.Н., Байбакова Е.В. Интегральная оценка состояния поверхностных вод на основе нейросетевой модели кластеризации.....	349

Электронное издание

Химия и инженерная экология – XXII

Сборник трудов международной научной конференции
(школа молодых ученых), посвященной
90-летию кафедры общей химии и экологии
Казанского национального исследовательского
технического университета им. А.Н. Туполева – КАИ

23 – 24 сентября 2022 г., Казань

Систем. требования: Intel от 1,3 ГГц; Windows XP/Vista/10; дисковод CD-ROM; Adobe Reader.

Объем издания – 8,53 Мб

Тираж 11 экз.

© Оформление.

Изд-во ИП Сагиев А.Р., 2022

ISBN 978-5-6048850-1-7



9 785604 885017