

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, 28 – 30 сентября 2021 г.



Казань 2021

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ (КНИТУ-КАИ)
Институт проблем экологии и недропользования
Академии наук Республики Татарстан (ИПЭН АН РТ)
Лиссабонский университет (University of Lisbon)
Таджикский технический университет имени М.С. Осими (ТГУ им. М.С. Осими)
Министерство экологии и природных ресурсов Республики Татарстан (МЭПР РТ)
Общественная палата Республики Татарстан (ОП РТ)

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, 28 – 30 сентября 2021 г.



Казань 2021

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

ББК 20.1

X46

X46 **Химия и инженерная экология - XXI**: сборник трудов международной научной конференции, Казань, 28 – 30 сентября 2021 г. – Казань: Изд-во ИП Сагиева А.Р., 2021. – 276 с.

ISBN 978-5-6045150-6-8

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

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

ББК 20.1

Редакционная коллегия:

Тунакова Ю.А. доктор химических наук, профессор
Иванов Д.В. кандидат биологических наук, зам. директора ИПЭН АН РТ
Мингазетдинов И.Х. кандидат технических наук, доцент
Кулаков А.А. кандидат технических 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

ISBN 978-5-6045150-6-8

© Авторы, указанные в содержании, 2021

© Оформление.

Изд-во ИП Сагиева А.Р., 2021

УДК 628.3.477.8

**ПРИМЕНЕНИЕ КАРБОНАТНОГО ШЛАМА ДЛЯ ОЧИСТКИ
ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ФЕНОЛОВ**

Николаева Л.А., доктор технических наук, профессор;

Айкенова Н.Е., аспирант

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

Аннотация: В работе рассматриваются методы очистки промышленных сточных вод от фенолов методом адсорбции. В качестве адсорбционного материала используется отход энергетики - карбонатный шлам химводоподготовки. Определены основные характеристики карбонатного шлама, оценена эффективность использования сорбционного материала для очистки промышленных сточных вод.

Ключевые слова: адсорбция, сточные воды, фенолы, гранулированный сорбционный материал, карбонатный шлам, механизм адсорбции, нефтеперерабатывающие предприятия.

**APPLICATION OF CARBONATE SLUDGE FOR PURIFICATION
OF INDUSTRIAL WASTE WATER FROM PHENOLS**

Nikolaeva L.A., Doctor of Technical Sciences, Professor;

Aikenova N.E., graduate student

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

Annotation: The paper deals with methods of purification of industrial wastewater from phenols by the method of adsorption. Waste from the power industry is used as an adsorption material - carbonate sludge from chemical water treatment. The main characteristics of carbonate sludge have been determined, and the efficiency of using the sorption material for the purification of industrial wastewater has been evaluated.

Keyword: adsorption, waste water, phenols, granular sorption material, carbonate sludge, adsorption mechanism, oil refineries.

Современные технологии промышленных нефтедобывающих, нефтехимических и химических комплексов обуславливают образование сточных вод. Такие сточные воды содержат целый комплекс органических загрязняющих веществ, в том числе ароматических. К широко распространенным загрязнителям из ароматических соединений являются фенолы, которые чрезвычайно токсичны.

В законодательном порядке установленные санитарно-гигиенические нормы предельно допустимых концентраций (ПДК) фенолов следующие: ПДК

в воздухе рабочей зоны производственных помещений – 1 мг/м³, ПДК в воде – 0,001 мг/дм³ [1-2].

В последние годы сформировалось актуальное направление в области охраны окружающей среды – использование отходов производства в качестве материальных ресурсов, в том числе и для очистки сточных вод (СВ) промышленных предприятий. В настоящее время в данных технологиях используются промышленно выпускаемые активированные угли. Для снижения антропогенного воздействия на окружающую среду и себестоимости процесса очистки СВ рассматривается возможность использования отходов производства для очистки сточных вод от фенола. К таким сорбционным материалам предъявляются определенные требования: соответствующая степень очистки на уровне промышленных адсорбентов, размер частиц, сопоставимый с промышленными образцами, невысокая стоимость.

На сегодняшний день традиционные технологические схемы, используемые для очистки СВ, морально и физически устарели, что не обеспечивает высокие требования к очистке воды от различных загрязнителей, в связи с этим, усовершенствование технологий очистки СВ от фенола с использованием эффективных технологических решений, до значений нормативно-допустимых концентраций, является актуальной задачей, имеет научное и практическое значение.

В работе в качестве сорбционного материала выбран карбонатный шлам химводоподготовки (ХВП) АО «Актобе ТЭЦ». Рентгенографический качественный фазовый анализ на дифрактометре D 8 ADVANCE фирмы Bruker показал следующий химический состав: кальцит CaCO₃ – 73 %, брусит Mg(OH)₂ – 8 %, портландит Ca(OH)₂ – 1 %, кварц SiO₂ – 0,5 %, прочие вещества – 17,4 % [3].

На основе карбонатного шлама разработан модифицированный гранулированный сорбционный материал («ГрСМ»), предназначенный для очистки СВ от фенолов на ТОО «Актобе нефтепереработка». В ранних работах [3-4] определены технологические характеристики полученного сорбционного материала «ГрСМ» – насыпная плотность, влажность, удельная поверхность, суммарный объем пор, водопоглощение, адсорбционная емкость по метиленовому голубому и йоду, исследованы физико-химические свойства – адсорбционная емкость, рассчитана динамическая сорбционная емкость.

Литература:

1. Sun X, Wang C, Li Y, Wang W, We J. Treatment Of Phenolic Wastewater By Combined Uf And Nf / Ro Processes. Desalination. 2015; 355: 68–74.
2. Ulanova OV, Salkhofer SP, Vyunsh K. Kompleksnoe Ustoichivoe Upravlenie Othodami [Integrated Sustainable Waste Management]. Moscow: Publishing House of the Academy of Natural Sciences, 2016. (In Russ.)
3. Николаева Л.А., Айкенова Н.Е. Адсорбционная очистка фенолсодержащих сточных вод нефтеперерабатывающих предприятий // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 4. С.136-142.

4. Николаева Л.А., Айкенова Н.Е. Изучение механизма адсорбционной очистки сточных вод промышленных предприятий от фенолов (на примере ТОО «Актобе нефтепереработка»)// *Вопр. соврем. науки и практики* университета им. В. И. Вернадского. 2020. №4(78). С. 28-37.

УДК 504.3.054

УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ ТЕРМОКАТАЛИТИЧЕСКОГО НЕЙТРАЛИЗАТОРА С РЕЦИРКУЛЯЦИЕЙ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ДИОКСИДА АЗОТА

Васильева М.А., студент;

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

Тунакова Ю.А., доктор химических наук, профессор,
заведующий кафедрой общей химии и экологии

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

Аннотация: Выбросы от автотранспорта в значительных объемах содержат диоксид азота, который создает риски опасности для здоровья населения большие, чем от стационарных источников выбросов. Для очистки отработавших газов применяют различные методы, одним из которых является каталитическая нейтрализация. Нами предлагается модернизация конструкции каталитического нейтрализатора, для снижения образования оксидов азота.

Ключевые слова: загрязняющие вещества, выбросы от автотранспорта, термокаталитический нейтрализатор, оксиды азота.

DEVICE AND OPERATING PRINCIPLE OF A THERMOCATALYTIC NEUTRALIZER WITH EXHAUST GAS RECIRCULATION TO REDUCE THE FORMATION OF NITROGEN DIOXIDE

Vasilyeva M.A., the student;

Mingazetdinov I.H., candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Tunakova Yu. A., Doctor of Chemical Sciences, Professor,
Head of the Department General chemistry and Ecology

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

Annotation: Emissions from motor transport are multicomponent. The danger in the exhaust gases is nitrogen dioxide. Various methods are used to clean the exhaust gases, one of which is the use of a catalytic converter. We propose an improvement in the design to reduce the formation of nitrogen oxides.

Keywords: pollutants, emissions from motor transport, thermocatalytic neutralizer, nitrogen oxides.

Всего в составе отработанных газов (ОГ) передвижных источников загрязнения определяются более 200 химических веществ. По объему выбросов лидируют оксид углерода, летучие органические вещества, оксиды азота. Выбросы от автотранспорта поступают на малой высоте с небольшой скоростью в зону дыхания человека. Неблагоприятные параметры рассеивания автомобильных выбросов формируют максимумы концентраций компонентов выбросов и в зонах жилой застройки [1-3].

На локальных участках территории, находящейся под воздействием передвижных источников выбросов, вклад в фоновый уровень загрязнения вносят и стационарные источники выбросов. Для разработки адекватных воздухоохраных решений необходимо учитывать вклад каждого типа источников выбросов. При совместном воздействии выбросов от стационарных и передвижных источников создаются зоны хронического загрязнения, которые представляют опасность для здоровья населения, находящегося под воздействием выбросов. Поэтому оценку вклада источников выбросов необходимо осуществлять с использованием методологии [4] оценки риска здоровью населения при аэрогенном воздействии.

Риск для здоровья человека - вероятность развития угрозы жизни или здоровью человека, либо угрозы жизни или здоровью будущих поколений, обусловленная воздействием факторов среды обитания [4].

Для оценки вклада источников выбросов в формирование риска здоровью населения проведен расчет рисков по методике [4] в зоне влияния стационарных (Казанской ТЭЦ-1) и передвижных источников загрязнения. В таблице 1 представлены данные расчёта риска для здоровья при выбросах диоксида азота от стационарных и передвижных источников.

Таблица 1

Оценка риска от различных типов источников выбросов

| Источник выброса | Расчет риска для здоровья по NO ₂ | Коэффициент опасности развития не канцерогенных эффектов для отдельных веществ |
|------------------|--|---|
| Автотранспорт | 1,20 | Чрезвычайно высокий - >10 Высокий - >5-10 Средний - >1-5 Низкий - 0,1-1,0 Минимальный - менее 0,1 |
| ТЭЦ-1 | 0,15 | |

Выбросы диоксида азота от автотранспорта в точках формируют средний риск для здоровья населения, в то время как выбросы ТЭЦ-1 формируют низкий риск для здоровья населения. [5]. Поэтому необходима разработка воздухоохраных решений для снижения риска здоровью населения, формирующегося при воздействии передвижных источников загрязнения.

Значительное снижение токсичности выбросов автотранспорта происходит за счет применения нейтрализаторов ОГ ДВС. Используют жидкостные, каталитические, термические и комбинированные нейтрализаторы очистки ОГ.

Для модернизации устройства для снижения токсичности отработанных

газов была выбрана полезная модель «Каталитический нейтрализатор отработанных газов» [6], которая относится к устройствам обезвреживания продуктов сгорания в ДВС. Усовершенствование конструкции предложено в заявке на изобретение № 2020139645 «Термокаталитический нейтрализатор отработанных газов». В заявке на полезную модель № 2021108584 от 30.03.2021 г. нами предложена модернизация устройства [6]. Так, в данном термокаталитическом нейтрализаторе предложено добавить клапан рециркуляции ОГ для снижения образования окислов азота. Устройство состоит из двух блоков – блок термической нейтрализации и блок каталитической нейтрализации. В блоке термической нейтрализации происходит дожигание недогоревшие углеводородов. Далее они поступают в каталитическую часть, где очищаются через катализатор и выходят через выхлопной патрубок.

Снижение образования окислов азота возможно при уменьшении температуры, что достигается за счет недостатка кислорода воздуха. Поэтому клапан рециркуляции ОГ целесообразно установить после блока термической нейтрализации, где основная часть кислорода догорела.

Так, на режимах холостого хода и запуска ДВС, когда мощность двигателя минимальна, число оборотов патрубка невелико и втулка, за счет пружины, занимаем низшее положение, а заслонка перекрывает большее отверстие для выхода ОГ. При увеличении же мощности двигателя, число оборотов патрубка увеличивается, что влияет на груз. Центробежная сила раскручивает груз, поднимая его по козырьку, что влечет за собой поднятие втулки и заслонка открывает большее отверстие для выхода ОГ. Далее через сильфон и эластичную манжету ОГ поступают в ДВС, тем самым снижая образования NOx до 60%. На рисунке 1 представлен клапан рециркуляции ОГ.

Исходя из выше рассмотренного, наиболее приемлемыми способами для снижения токсичности ОГ от ДВС автотранспорта является усовершенствование конструкции смесеобразования и полноты сгорания, применение усовершенствованных систем подачи топлива, использование сажевых фильтров, применение систем рециркуляции, а также нейтрализации ОГ при помощи каталитического нейтрализатора. Анализ в области конструкций нейтрализаторов ОГ свидетельствует о том, что наиболее высокие результаты очистки ОГ от автотранспорта можно получить при комбинировании средств очистки, что будет удовлетворять требованиям EURO - 5.

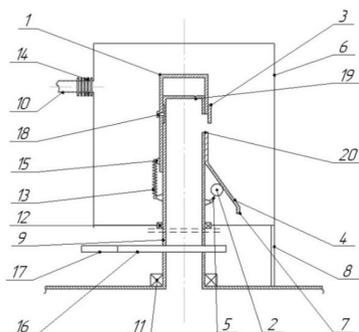


Рис. 1. Клапан рециркуляции ОГ

1 - втулка, 2 - груз, 3 - заслонка, 4 - козырек, 5 - коромысло, 6 - корпус регулятора, 7 - ограничитель, 8 - опора корпуса, 9 - патрубок отвода ОГ, 10 - патрубок отвода ОГ из регулятора, 11, 12 - подвижный узел с уплотнением, 13 - пружина возвратная, 14 - сильфон, 15 - узел крепления, 16 - шестерня ведомая патрубка ОГ, 17 - шестерня ведущая, 18 - штифт, 19 - отверстие для выравнивания давления, 20 - отверстие для прохода газов

Литература:

1. Шагидуллин А.Р., Тунакова Ю.А., Шагидуллин Р.Р., Кузнецова О.Н. Оценка уровня загрязнения воздушного бассейна г. Казани выбросами стационарных и передвижных источников загрязнения (сообщение 1) // Вестник Технологического университета. 2015. Т. 18. № 8. С. 231-233.

2. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Новикова С.В., Шмакова Ю.А. Оценка вероятности превышения приземных концентрации примесей в зонах действия полимерных производств (на примере г. Нижнекамск). Сообщение 1 // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 16. С. 111-114.

3. Ляпкало А.А., Дементьев А.А., Цурган А.М. Динамика интенсивности движения городского автомобильного транспорта и загрязнения атмосферного воздуха его выбросами // Российский медико-биологический вестник им. Академика И.П. Павлова. 2012. №4. С. 58-62.

4. Р 2.1.10.1920-04 Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. - М: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. - 143 с.

5. СанПин 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.

6. Каталитический нейтрализатор отработанных газов: 2012102829/06/ Мингазетдинов И.Х., Кирсанов В.В., Сибгатова А.Р.; заяв. 27.01.2012; опубл. 27.07.2012 Бюл. №21. 12 с.

СОРБЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ И РЕГЕНЕРАЦИЯ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ

Гаджиева В.А., аспирант;
Мирошниченко Ю.С., младший научный сотрудник;
Мясоедова Т.Н., кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»
(г. Таганрог, Российская Федерация)

Аннотация: В работе исследована сорбционная активность гуминовых веществ, а именно модифицированного гуминового препарата «Гумат-80» и «Гумат-ГК» (ОАО «Аграрные технологии», г. Иркутск) по отношению к ионам меди в динамических условиях, а так же изучена их регенерационная способность.

Ключевые слова: гуминовые вещества, сорбция, тяжелые металлы, эффективность очистки, десорбция.

SORPTION ACTIVITY AND REGENERATION OF SORBENTS BASED ON HUMIC SUBSTANCES

Gadzhieva V.A., graduate student
Miroshnichenko Y.S., junior researcher
Myasoedova T.N., candidate of technical sciences, Leading Researcher
Southern Federal University
(Taganrog, Russia)

Annotation: In this work, the sorption activity of humic substances, namely, the modified humic preparation "Gumat-80" and "Gumat-GK" (JSC "Agrarian Technologies", Irkutsk), in relation to copper ions under dynamic conditions is studied, as well as their regenerative capacity.

Keywords: humates, sorption, lead ions, removal efficiency, desorption.

В последние десятилетия внимание, к использованию сорбционного потенциала гуминовых веществ, значительно возросло. Благодаря своим свойствам связывания вредных веществ, гуминовые вещества могут с успехом использоваться для удаления тяжёлых металлов и нефтепродуктов из почв и сточных вод.

Гуминовые вещества представляют собой обширный и реакционноспособный класс природных соединений, входящих в состав органического вещества почв, природных вод и твердых горючих ископаемых. Наличие в молекулах гуминовых веществ широкого спектра функциональных групп, таких как карбоксильные, гидроксильные и др. в сочетании с присутствием ароматических фрагментов обуславливает их способность вступать во взаимодействия с различными типами экотоксикантов, тем самым снижая их токсическое воздействие на живые организмы и экосистемы.

Наиболее часто на промышленных производствах, процесс сорбции ионов тяжелых металлов осуществляется в динамических условиях, это связано с тем, что данный способ позволяет обеспечить непрерывность технологического производства, а также возможность его автоматизации. С целью изучения возможности применения гуминовых веществ в динамических условиях, была исследована возможность применения сорбентов на основе гуминовых веществ в динамических условиях.

В работе исследованы гуминовые препараты ООО «Аграрные технологии» (г. Иркутск) «Гумат-ГК» и модифицированный гумат, который был получен путем химической обработки препарата «Гумат-80» хлоридом кальция [1] (далее – «Гумат-80М»)

Исследования элементного состава гуминовых препаратов «Гумат-ГК» и «Гумат-80М» проводились методом энергодисперсионного анализа (INCA ENERGY 450/XT с детектором X-Act DDD, Oxford Instruments). Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Элементный состав гуминовых препаратов

| Гуминовый препарат | Элементный состав, масс.% | | | | | | |
|--------------------|---------------------------|------|------|------|-----|------|------|
| | O | Na | Al | Si | S | Ca | Fe |
| «Гумат-ГК» | 58,5 | 15,1 | 2,3 | 1,6 | 2,2 | 18,7 | 2,6 |
| «Гумат-80М» | 24,5 | 17 | 1,15 | 1,15 | 0,2 | 9,09 | 0,23 |

Из таблицы видно, что исследуемые образцы имеют схожий элементный состав, который довольно сложен и характеризуется наличием ряда химических элементов, таких как кислород, алюминий, кремний, сера и железа, что может говорить о наличии соответствующих оксидов. Присутствие алюминия и кремния в образцах может указывать на свойства образования алюмосиликатов. Также следует отметить наличие в составе препаратов большого количества натрия. Присутствие кальция в обоих образцах указывает на образование кальциевой фазы, которая является нерастворимой и менее активной.

Экспериментально было установлено, что исследуемые гуминовые препараты способны эффективно очищать модельные растворы от ионов меди (эффективность очистки достигает 96%) в динамических условиях (рис.1).

Результаты исследований, представленные на рисунке 1, наглядно демонстрируют, что «Гумат-80М» обладает наилучшей сорбционной активностью, чем «Гумат-ГК». Это связано с тем, что величина сорбционной активности напрямую зависит от дисперсности гуминовых веществ [2]. Следовательно, наибольшей дисперсностью обладает модифицированный «Гумат-80М».

Сорбция относится к обратимому процессу, при котором поглощенное сорбентом вещество может переходить обратно в раствор.

Взаимодействия гуминовых кислот с ионами металлов носят комплексный характер, обусловленный их гетерогенным, полиэлектролитным и полидисперсным характером. Ионы металлов могут связываться с гуминовыми кислотами несколькими различными способами: от чисто электростатического, не-

специфического взаимодействия катиона металла с чистым отрицательным зарядом на поверхности гуминовой частицы до специфических взаимодействий при образовании комплексов и хелатов с функциональными группами. Стабильность образующихся комплексов различна, таким образом данное свойство можно использовать для регенерации сорбентов на основе гуминовых веществ.

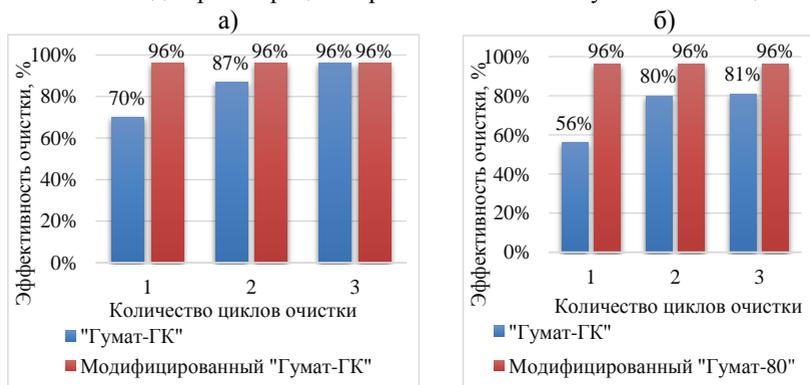


Рис. 1. Сравнение эффективности очистки модельного раствора от ионов меди Cu^{2+} препаратами «Гумат-ГК» и «Гумат-80М» (исходная концентрация ионов меди (а) – $C_{Cu^{2+}} = 0,3$ г/л масса гумата $m = 0,2$ г; (б) – $C_{Cu^{2+}} = 0,7$ г/л масса гумата $m = 0,4$ г)

Для изучения возможности регенерации сорбционного материала был проведен ряд экспериментов с использованием гуминовых препаратов «Гумат-80М» и «Гумат-ГК» загрязненных ионами меди Cu^{2+} . В качестве элюентов использовались три кислоты 0,01 М (HCl , HNO_3 и H_2SO_4). Отработавший сорбент смешивали в различных соотношениях с элюентами и перемешивали в течении 15 мин., после чего получившуюся смесь настаивали 45 мин. Количество адсорбированного материала определяли путем измерения концентрации металлов в растворе. Результаты экспериментов по сорбции и десорбции гуминовых веществ приведены в таблице 2.

Таблица 2

Средние эффективности сорбции и десорбции сорбентов на основе гуминовых веществ

| Кислота | Десорбция, % | |
|-----------|--------------|-----------|
| | Гумат-ГК | Гумат-80М |
| H_2SO_4 | 100 | 100 |
| HNO_3 | 82 | 55 |
| HCl | 95 | 98 |

Было отмечено, что все три кислоты являются хорошими элюентами для регенерации исследуемых сорбентов. Максимальная десорбция достигалась с кислотами H_2SO_4 и HCl . Элюирование ионов меди азотной кислотой оказалось менее эффективным, это может быть связано с более низкой её реакционной

активностью по отношению к связям меди с фенольными и карбоксильными группами гуминовых веществ.

С целью изучения сохранения детоксицирующих свойств гуминовых препаратов после регенерации, сорбенты повторно использовали для очистки медьсодержащего раствора с концентрацией $C=0,3$ г/л. Результаты эксперимента представлены на рисунке 2.

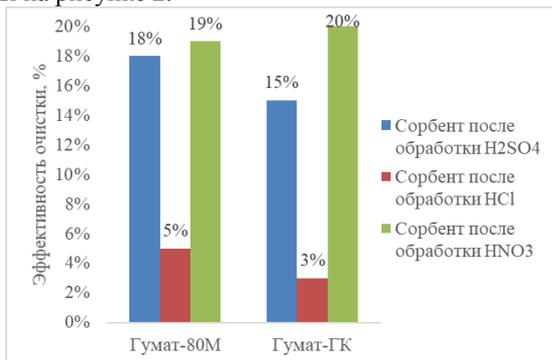


Рис. 2. Результаты исследования эффективности очистки медьсодержащего раствора гуминовыми препаратами «Гумат-ГК» и «Гумат-80М» после десорбции

Из рисунка 2 видно, что детоксицирующие свойства гуминовых препаратов после элюирования кислотами значительно снижаются. Это может быть связано с тем, что подобная обработка растворяет фульвокислоты, образующие устойчивые комплексы с медью.

Учитывая полученные результаты, можно утверждать, что использование гуминовых препаратов после регенерации для очистки водных растворов с низкими или остаточными концентрациями ионов меди является целесообразным.

Таким образом, используемые в качестве фильтрующей загрузки гуминовые вещества, в достаточной степени хорошо очищают растворы с высоким содержанием меди, что позволяет применять их для очистки сточных вод промышленных предприятий в динамических условиях. Также после использования сорбент может подвергаться регенерации с помощью кислот и в дальнейшем использоваться для доочистки промышленных стоков.

Литература:

1. Гаджиева В.А., Мирошниченко Ю.С. Очистка вод от тяжелых металлов фильтрованием через загрузку из гумата кальция // Неделя науки-2017. Сборник тезисов. Ростов-на-Дону – Таганрог, 2017 – С. 561.

2. Изосимов А.А. Физико-химические свойства, биологическая активность и детоксицирующая способность гуминовых препаратов, отличающихся генезисом органического сырья: Автореферат дис. ... канд. биологических наук. 03.02.08. Москва, 2016. 8 с.

**ЦЕНТРОБЕЖНО-АБСОРБЦИОННОЕ УСТРОЙСТВО
ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОТ ВЗВЕШЕННЫХ И ГАЗООБРАЗНЫХ
ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ**

Галимова А.Р., кандидат химических наук, доцент;
Мингазетдинов И.Х., кандидат технических наук, доцент;
Тунакова Ю.А., доктор химических наук, профессор,
заведующий кафедрой общей химии и экологии
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Приведены схема и описание центробежно-абсорбционного устройства, относящегося к области очистки воздуха от взвешенных веществ и газообразных загрязнителей, которое может быть использовано в нефтехимической промышленности, предприятиях энергетики, машиностроении. Использование в устройстве физических методов центробежного и инерциального разделения и физико-химических методов абсорбции с интенсивным каплеулавливанием позволяет существенно повысить качество очистки газа.

Ключевые слова: очистка воздуха, центробежная очистка, абсорбционная очистка.

**CENTRIFUGAL ABSORPTION DEVICE
FOR AIR CLEANING FROM SUSPENDED SUBSTANCES
AND GASEOUS POLLUTANTS**

Galimova A.R., candidate of chemical sciences, associate professor;
Mingazetdinov I.H., candidate of technical sciences, associate professor;
Tunakova Yu.A., doctor of chemical sciences, professor,
head of the department of general chemistry and ecology
Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The diagram and description of a centrifugal absorption device related to the field of air purification from suspended solids and gaseous pollutants, which can be used in the petrochemical industry, energy enterprises, mechanical engineering, are given. The use in the device of physical methods of centrifugal and inertial separation and physicochemical absorption methods with intensive droplet collection can significantly improve the quality of gas purification.

Keywords: air purification, centrifugal purification, absorption purification.

При наличии значительного числа крупных многокомпонентных источников выбросов, сконцентрированных на относительно небольшой площади, загрязнение атмосферного воздуха занимает ведущее место в формировании качества городской среды. В качестве экспериментальной площадки нами вы-

брана территория города Нижнекамска, с высокой концентрацией источников выбросов, что требует использования устройств по газоочистке для снижения уровня загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха [1-2].

На сегодняшний день известны устройства для очистки воздуха от промышленных технологических выбросов в виде сложных систем, включающих физические методы улавливания взвешенных веществ (осаждение, центробежная сепарация, фильтрация) и физико-химические методы улавливания газообразных компонентов (абсорбция, адсорбция, термокаталитические методы). Реализация газоулавливания осуществляется в различных насадочных и полых колоннах и скрубберах Вентури [3]. Однако, насадочные аппараты создают большое гидравлическое сопротивление и вызывают значительные энергетические затраты.

Большое распространение получили полые аппараты и скрубберы Вентури [3]. Гидравлическое сопротивление таких аппаратов незначительно, но серьезной проблемой является низкое качество очистки, связанное с малой эффективностью контакта орошения жидкости с газом.

Известно устройство для очистки газа [4], в котором реализуется сочетание центробежного процесса с трубой Вентури. Но у него существуют некоторые недостатки. Во-первых, сложность устройства, т.к. требуется дополнительный циклон. Во-вторых, недостаточное качество очистки, т.к. некачественное орошение не обеспечивает хорошего контакта газа с жидкостью. Кроме того, в очищенном воздухе содержится большое количество орошаемой жидкости.

Предлагаемое нами центробежно-абсорбционное устройство, общий вид которого представлена на рисунке 1, разработано с целью повышения качества очищаемого воздуха [5].

Предложенное устройство работает следующим образом. Исходный загрязненный воздух подается в патрубок 14, установленный тангенциально и под некоторым уклоном α (3° - 5°) к верхнему днищу 2. Тангенциальный подвод воздуха обеспечивает его интенсивную закрутку и движение по винтовой траектории в нижнюю часть корпуса 1. Возникающая центробежная сила отбрасывает крупные частицы взвешенных загрязнителей к стенкам корпуса 1 и образующийся слой шлама сползает к нижнему днищу 16 и удаляется через патрубок 15. Основная часть воздуха, содержащие средние и мелкие частицы загрязнителей и газообразные вещества, поступает в центральный газоход 3, являющийся конфузуром трубы Вентури. Резкий поворот направления движения воздуха обеспечивает возникновение сил инерции, воздействующие на взвешенные частицы и происходит дополнительная сепарация частиц загрязнителей к нижнему днищу 16. Воздух, поступающий в центральный газоход 3 за счет конфузурности приобретает большую скорость.

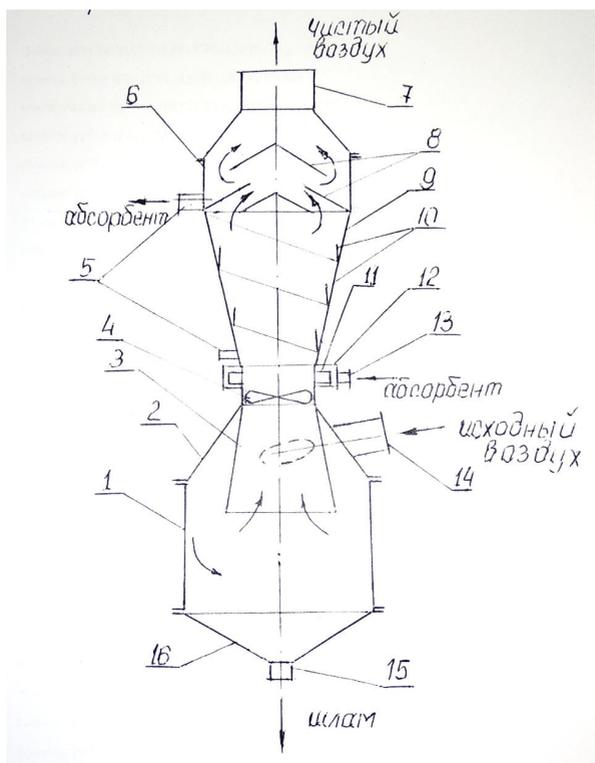


Рис. 1. Общий вид центробежно-абсорбционного устройства:

1 – корпус, 2 – верхнее днище, 3 – центральный газоход, 4 – устройство закрутки, 5 – патрубки отвода абсорбента, 6 – корпус лабиринтного каплеуловителя, 7 – отводной патрубков чистого воздуха, 8 – лабиринтный каплеуловитель, 9 – диффузор трубы Вентури, 10 – козырьки сбора абсорбента, 11 – форсунка, 12 – кольцевой коллектор, 13 – патрубок подвода абсорбента, 14 – патрубок подвода исходящего воздуха, 15 – патрубок отвода шлама, 16 – нижнее днище

Далее воздух, проходя через устройство закрутки 4, выполненное в виде пропеллера или поворотных лопаток, приобретает дополнительное вращение и попадает в зону кольцевого коллектора. Одновременно с поступлением воздуха в патрубок 14 начинает подаваться абсорбент в патрубок 13. Абсорбент, заполняя весь коллектор 12, под значительным давлением поступает в форсунки 11, где, ударяясь в отражатель, в виде мелкодисперсной капельной структуры заполняет горловину и, встречаясь с высокоскоростным воздушным потоком, происходит интенсивное дробление и перемешивание. Эти процессы обеспечивают массообмен между жидкостью и газообразными загрязняющими веществами. В зависимости от вида газообразного загрязнителя и выбора абсорбента может

протекать физическая или химическая абсорбция. Кроме того, жидкий абсорбент обеспечивает и коагуляцию оставшихся средних и мелких взвешенных частиц. Движение воздуха вместе с диспергированным абсорбентом в диффузоре 9 происходит с замедлением скорости потока, и за время пребывания в диффузоре 9 более полно протекают все физико-химические процессы. Наличие устройства закрутки 4 обеспечивает и вращательное движение потока в диффузоре 9. За счет этого вращательного движения капли жидкого абсорбента отбрасываются к стенкам диффузора 9, где стекают по стенкам, попадают в козырьки 10 и по винтовым каналам отводятся через патрубок 5. Основная масса воздушного потока вместе с оставшимися каплями абсорбента поступает в корпус лабиринтного каплеуловителя 6, где в лопастях лабиринтного каплеуловителя 8, резко меняя направление движения, освобождается от остатков абсорбента и удаляется через отводной патрубок чистого воздуха 7. Жидкий абсорбент, стекая по поверхности лопастей лабиринтного каплеуловителя 8, удаляется через патрубок 5.

Таким образом, используя в предлагаемом устройстве физические методы центробежного и инерциального разделения и физико-химические методы абсорбции с интенсивным каплеулавливанием, можно существенно повысить качество очистки загрязненного воздуха.

Научные исследования проведены при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках исполнения обязательств по Соглашению номер 075-03-2020-051/3 от 09.06.2020 (номер темы fzs-2020-0021)

Литература:

1. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Новикова С.В., Шмакова Ю.А. Мониторинг качества атмосферного воздуха в зонах действия полимерных производств (на примере г. Нижнекамска) // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 13. С. 183-187.

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. Техника и технология защиты воздушной среды». Учебн. пособие для вузов. В.В. Ошин, В.В. Попов, П.П. Кукин и др. М. Высш. шк., 2005. – 391 с.

4. Авторское свидетельство №712111, Сербин А.Н., Тарасов В. М. Ткач В. Н.. Бюл. №4 от 30.01.1980.

5. Патент на изобретение №2753407 Центробежно-абсорбционное устройство. Мингазетдинов И.Х., Галимова А.Р., Тунакова Ю.А. Заявка 2020128906 от 12.11.2020. Бюл. №23 от 16.08.2021.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД, СОЧЕТАЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИОННУЮ И ИОНООБМЕННУЮ МЕТОДЫ

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

Аннотация: Приведена технологическая схема очистки сточных вод гальванического производства от ионов металлов для осуществления возврата очищенных вод обратно в производство. Сочетание электрокоагуляционной и ионообменной методов очистки позволяет повысить эффективность очистки сточных вод при снижении затрат на очистку.

Ключевые слова: очистка воды, электрокоагуляционная очистка ионообменная очистка, эффективность.

DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGICAL SCHEME OF WASTE WATER PURIFICATION COMBINING ELECTROCOAGULATION AND ION-EXCHANGE METHODS

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

Annotation: The technological scheme of wastewater treatment of galvanic production from metal ions for the return of treated water back to production is presented. The combination of electrocoagulation and ion-exchange treatment methods allows increasing the efficiency of wastewater treatment while reducing treatment costs.

Keywords: water purification, electrocoagulation purification, ion exchange purification, efficiency.

В результате хозяйственной деятельности человека и естественных процессов, обуславливающих существование человека, происходит изменение состава компонентов окружающей среды. Актуальной является проблема загрязненности подземных и поверхностных водоисточников. Гальваническое производство получило широкое распространение. Но лишь малая часть промышленности обладает малоотходной и полностью безотходной технологией, современными очистительными сооружениями. Все это привело к возникновению сложной экологической обстановки.

Очистка сточных вод гальванического производства, направленная на уменьшение объемов поступления гальванических отходов в среду, является важнейшей задачей промышленных предприятий, которые в рамках технологи-

ческого процесса обрабатывают поверхности металлов и пластиков с нанесением гальванических покрытий.

Для любого типа загрязнителей есть свои методики очистки. Растворимые неорганические соединения (электролиты), удаляют путем перевода ионов тяжелых металлов в малорастворимые в воде соединения (для этого применяются реагентный метод или мембраны-обессоливатели) [1]. Распространенные на сегодняшний день способы очистки в чистом виде не позволяют нам достичь максимальных показателей очистки стоков. Внедрение передовых технологий очистки вод на производстве, а также оптимизация процессов водопотребления является единственным способом решения проблемы. При относительно небольших производственных объемах рекомендуется использовать локальные очистные системы на базе мембранных, ионообменных, сорбционных технологий [2].

В соответствии с ИТС 8-2015 «Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях» при очистке сточных вод, содержащих тяжёлые металлы, НДТ является применение одного или нескольких нижеперечисленных подходов с учётом условий применимости, например:

- а) доочистка от ионов тяжёлых металлов адсорбцией на органических и минеральных адсорбентах;
- б) глубокое удаление нерастворимых соединений и ионов тяжёлых металлов из сточных вод, загрязнённых биологически разлагаемыми органическими веществами в процессе биологической очистки;
- в) глубокое удаление нерастворимых соединений тяжёлых металлов после реагентной обработки с помощью нанофильтрации;
- г) глубокое удаление нерастворимых соединений и ионов тяжёлых металлов с помощью обратного осмоса [3].

Необходимость совершенствования технологии производства, дефицит водных ресурсов, повышение требований к степени очистки сточных вод поставили предприятия перед необходимостью решения задач по созданию бессточных и безотходных производств. Для решения этих задач необходимо соблюдение определенных принципов построения водного хозяйства, внедрение оборотных циклов водоснабжения и разработка принципиально новых технологических процессов и схем [4].

Для очистки сточных вод гальванического производства предлагается следующая схема (рисунок 1). Электрокоагуляция позволяет уменьшить материальные затраты на очистку сточных вод, а ионообменная доочистка повысить эффективность очистки, что, в итоге, позволяет осуществить качественную очистку от ионов тяжелых металлов и реализовать оборотную систему водоснабжения [5].

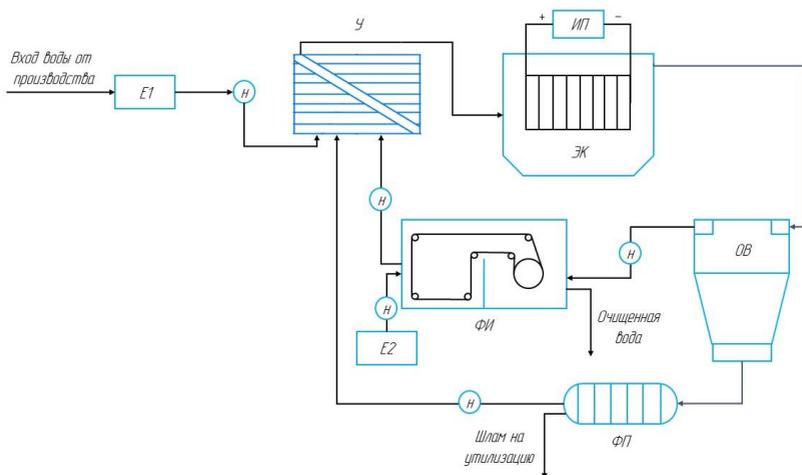


Рис. 1. Технологическая схема очистки сточных вод гальванического производства

Е1 – емкость накопительная; Н – насос; У – усреднитель; ЭК – электрокоагулятор; ИП – источник питания; ОВ – отстойник вертикальный; ФП – фильтр-пресс; ФИ – фильтр ионообменный; Е2 – емкость для приготовления раствора регенерации.

Система работает следующим образом: промывные и сточные воды гальванического производства подаются в накопительную емкость Е1. Из емкости Е1 стоки насосом Н подаются в усреднитель У. Это позволяет избежать залпового сброса концентрированных загрязнений. Из усреднителя сточные воды направляются в электрокоагулятор ЭК, где происходит коагуляция загрязняющих веществ. После коагуляции сточные воды поступают в отстойник ОВ, чтобы избавиться от нерастворенных примесей. Из отстойника вода отправляется в ионообменный фильтр ФИ, в котором методом ионного обмена происходит извлечение следовых концентраций ионов тяжелых металлов до региональных требований ПДК по сбросам. Раствор для регенерации (NaCl) подается из Е2.

Примеси которые останутся на дне отстойника направляются в фильтр-пресс ФП для обезвоживания. Полученный шлам направляется на утилизацию, а фильтрат поступает обратно в усреднитель. Образовавшийся гальванический шлам целесообразно использовать как вторичный ресурс для изготовления кирпича, бетонных строительных конструкций и др. Оптимальные варианты использования таких отходов определяются путем проведения специальных гигиенических исследований.

Таким образом, разработана технологическая схема очистки сточных вод гальванического производства от ионов тяжелых металлов, сочетающая электрокоагуляционную и ионообменную методы очистки. Сочетание методов позволяет повысить эффективность очистки сточных вод при снижении затрат на

очистку. Данные подходы позволят обеспечить достижение нормативов качества и нормативов воздействия и снизить уровень риска полиметаллического загрязнения объектов окружающей среды [6-7].

Литература:

1. Ильин В.И., Разработка электрохимической технологии глубокой очистки сточных вод гальванического производства с повторным оборотом, М., 1992. – 16 с.

2. Очистка сточных вод гальванопроизводства методом ионного обмена / Д.Т. Измайлова, Н.С. Куролап, О.Ф. Стоянова и др. // Гальванотехника и обработка поверхности. – 1994. – 3 № 5-6. – с.68-74.

3. ИТС 8 - 2015. Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях.

4. Гогина Е.С., Гуринович А.Д., Урецкий Е.А. Ресурсосберегающие технологии промышленного водоснабжения и водоотведения: Справочное пособие. М.: Изд-во АСВ, 2012. 312 с.

5. Рациональная очистка сточных вод машиностроительных предприятий/ Мингазетдинов И.Х., Бурова И.Д., Григорьева И.Г., Кузнецова О.Н. // Вестник Технологического университета. 2015. Т. 18. № 20. С. 253-254.

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. 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.

УДК 66.040.2

УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИИ КАДМИЙСОДЕРЖАЩИХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

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

Чумарова К.С., обучающийся

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

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: в данной работе рассмотрен процесс термической переработки кадмийсодержащих аккумуляторных батарей. Также приведены все возможные пути, которые могут привести к аварии в процессе утилизации.

Ключевые слова: кадмий, аккумуляторные батареи, утилизация, производственная безопасность, выбросы.

INDUSTRIAL SAFETY MANAGEMENT OF THE PROCESS OF THERMAL UTILIZATION OF CADMIUM-CONTAINING BATTERIES

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

Chumarova K.S., the master's student

Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev – KAI

(Kazan, Russian Federation)

Annotation: in this paper, the process of thermal processing of cadmium-containing batteries is considered. All possible ways that can lead to an accident during the disposal process are also listed.

Keywords: cadmium, batteries, recycling, industrial safety, emissions.

Востребованность в портативной технике привела к возникновению такой экологической проблемы, как накопление вторичных источников тока, а также к необходимости их последующей переработки. Никель-кадмиевые аккумуляторы (далее по тексту НКА) являются распространённым типом аккумуляторных батарей. 77% кадмия в мире используется в никель-кадмиевых аккумуляторах, 11% - в пигментах, 8% - в красках, и остальные 4% - в различных областях [1].

Кадмий почти невозможно изъять из природной среды, поэтому он накапливается в ней и попадает различными путями в пищевые цепи человека и животных [2]. Он входит в общий перечень наиболее важных загрязняющих веществ окружающей среды, согласованный странами, входящими в ООН [1].

Кадмий имеет отчетливую тенденцию к накоплению в организме - период его полувыведения составляет 10-35 лет. Главным образом кадмий накапливается в почках (30-60 % всего количества) и печени (20-25%) [3]. Избыточный кадмий вступает в конкуренцию с цинком, тормозя действие цинкосодержащих ферментов и нарушает нормальное функционирование почек. В результате возникает протеинурия - повышенное выделение белка с мочой [4].

Всё выше сказанное говорит о необходимости, грамотно выстроенного производственного процесса, который обеспечит безопасность при утилизации кадмийсодержащих аккумуляторных батарей. Существует несколько способов переработки никель-кадмиевых аккумуляторов, основанных на различных принципах действия. Рассмотрим термическую утилизацию.

Отработанные щелочные НКА подвергают дроблению с целью получения измельченной массы. Полученную массу размещают на поддонах в печи, по меньшей мере одним слоем толщиной d , вычисляется по формуле 1.

$$d = \sqrt{\left(\frac{D\pi^2\tau}{4\ln\frac{N_0}{N_0-N}}\right)}, \quad (1)$$

где D - эффективный коэффициент диффузии кадмия в объеме никель-кадмиевого скрапа, $\text{м}^2/\text{с}$;

τ - продолжительность процесса испарения кадмия, с;

N_0 - количество испарившегося кадмия, вес. %.

Для повышения производительности процесса скрап размещают в печи по вертикали послойно с зазорами между соседними слоями, при этом соотношение воздушного промежутка h между слоями к толщине слоя d скрапа должно удовлетворять соотношению $h/d \geq 0,3$;

Скрап нагревают в печи до температуры 200-300 °С и выдерживают его при этой температуре для отгонки остаточной воды. После повышают температуру до 500 - 700 °С и проводят выдержку обезвоженного упомянутого скрапа в восстановительной газовой среде при этой температуре для отгонки остаточных неметаллической фракций, последующее повышение температуры до 850 - 1000 °С и выдержку оставшейся части скрапа при этой температуре до полного испарения кадмия. Испарившийся кадмий направляют в конденсатор, охлаждают его в конденсаторе до перехода в твердое состояние и осуществляют последующую выгрузку из конденсатора кадмия, а из печи никеля [5].

Установка для переработки никель-кадмиевого скрапа, показанная на рисунке 2, включает печь с крышкой, устанавливаемой с помощью песочного затвора. В нижней части печи установлен патрубок для подачи восстановительного газа (оксид углерода). Патрубок соединяет рабочий объем печи с конденсатором для сбора кадмия, соединенным трубопроводом, в свою очередь с конденсатором, предназначенным для конденсации паров воды, которая собирается в емкость [5].

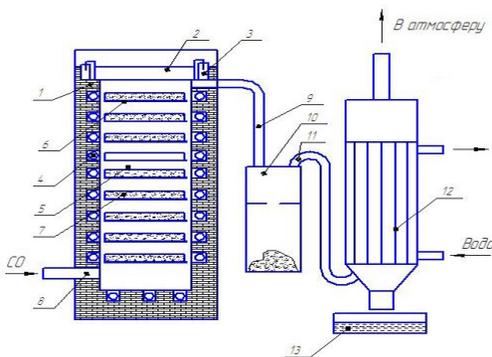


Рис. 2. Установка для утилизации кадмий содержащих отходов

1 - печь; 2 - крышка; 3 - песочный затвор; 4 - нагреватель; 5 - рабочий объем; 6 - металлический поддон; 7 - скрап; 8 - патрубок; 9 - патрубок; 10 - конденсатор; 11 - трубопровод; 12 - конденсатор; 13 - емкость

Наиболее вероятной аварией в процессе утилизации никель-кадмиевых батарей служит выброс газозвушной смеси, на рисунке 3 приведено дерево отказов.

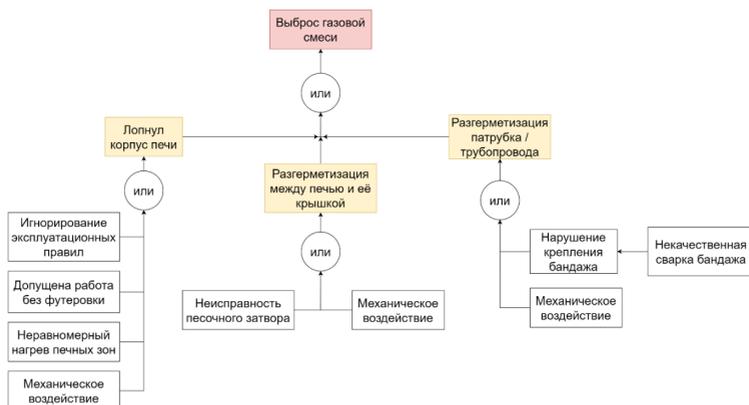


Рис. 3. Дерево отказов «Выброс газовой смеси»

Эффективность переработки определяется в процентном соотношении материала, поступившего на переработку, и материала, получившегося после переработки [6, 7, 8]. При термическом способе переработки, потери составляют не более 1 % от основной массы материала, поступившего на переработку, что говорит о эффективности этого способа. Но себестоимость этого метода и применение высоких температур делают его неконкурентоспособным. Проблемой является образование побочных продуктов и газов, нуждающихся в дополнительной очистке.

Литература

1. Авцын П.А., Авцын П.А., Жаворонков А.А, Риц М.А., Строчкова Л.С. Этиология, классификация, органопатология // Микроэлементозы человека. - М.: Медицина, 1991. - 496 с.
2. Байдина, Н.Л. Загрязнение городских почв и огородных культур тяжелыми металлами // Агрохимия. - 1995. - № 12. - С. 99-104.
3. Кадмий: Экологические аспекты. - Женева: ВОЗ, 1994. - 160 с.
4. Минеев В.Г., Макарова В.Г., Гришина Г.А. Тяжелые металлы и окружающая среда в условиях современной интенсивной химизации. Сообщение 1. Кадмий //Агрохимия. - 1981. - № 5. - С. 146-154.
5. Барышев А.Р., Карелов С.В., Мамяченков С.В., Анисимова О.С. Способ переработки никель-кадмиевого скрапа/ Патент RU 2469112 С1 МПК⁵¹, С22В 17/00, С22В 7/00, С22В 3/04, 10.12.2012, Бюл. № 34.
6. Прицелова С.А. Исследование качества воздуха внутри помещений // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России («ТрансПромЭк - 2019») Труды международной Научно-практической конференции - 2019. - С. 84-86.
7. Прицелова С.А., Москвичев А.В. Эффективность использования балльной оценки результата аттестации рабочих мест по условиям труда // Наука и

техника транспорта. 2006. № 1. С. 60-65.

8. Прицепова С.А. Актуальность вопросов изучения профессиональных рисков в России // Естественные и технические науки. - 2014. - № 11-12 (78). - С. 456-458.

УДК 699.871

УПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИИ КАДМИЙСОДЕРЖАЩИХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Гоголь Э.В., кандидат химических наук, доцент;
Чумарова К.С., обучающийся

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

Аннотация: рассмотрен процесс переработки кадмийсодержащих аккумуляторных батарей. Приведены качественные и количественные значения выбросов кадмия, а также метод отчистки этих выбросов.

Ключевые слова: кадмий, аккумуляторные батареи, утилизация, экологическая безопасность, выбросы, газоочистка.

ENVIRONMENTAL SAFETY MANAGEMENT OF THE PROCESS OF THERMAL UTILIZATION OF CADMIUM-CONTAINING BATTERIES

Gogol E.V., Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor;
Chumarova K.S., the master's student

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

Annotation: the process of processing cadmium-containing batteries is considered. Qualitative and quantitative values of cadmium emissions are given, as well as a method for cleaning these emissions.

Keywords: cadmium, batteries, recycling, environmental safety, emissions, gas cleaning.

Увеличение спроса на портативные устройства привело к возникновению экологических проблем: накопление вторичных источников тока и их переработка. Никель-кадмиевые аккумуляторы (далее по тексту НКА) являются распространённым типом аккумуляторных батарей. 77% кадмия в мире используется в никель-кадмиевых аккумуляторах, 11% - в пигментах, 8% - в красках, и остальные 4% - в различных областях [1].

Кадмий почти невозможно изъять из природной среды, поэтому он накапливается в ней и попадает различными путями в пищевые цепи человека и животных [2]. Кадмий имеет отчетливую тенденцию к накоплению в организме -

период его полувыведения составляет 10-35 лет. Главным образом кадмий накапливается в почках (30-60 % всего количества) и печени (20-25%) [3].

Кадмий нарушает фосфорно-кальциевый обмен, вытесняет кальций из соединений, входящих в состав костной ткани, вызывая ломкость костей. Недостаточное количество в организме человека цинка, железа и кальция может привести к 2-3-кратному повышению усвояемости кадмия из желудочно-кишечного тракта. Попав в организм, кадмий не подвергается каким-либо существенным превращениям, как это происходит с органическими токсикантами, включившись в биохимический цикл, он крайне медленно выводится из него [4].

Чтобы минимизировать количество выбросов кадмия в атмосферный воздух, на производствах, связанных с переработкой кадмийсодержащих материалов, необходимо вводить систему газоочистки выбросов соответствующего производственного процесса.

Рассмотрим процесс переработки никель-кадмиевых аккумуляторов (далее по тексту НКА). Отработанные щелочные НКА подвергают дроблению с целью получения измельченной массы. Полученную массу размещают на поддонах в печи, по меньшей мере одним слоем толщиной d , вычисляется по формуле 1.

$$d = \sqrt{\left(\frac{D\pi^2\tau}{4\ln\frac{N_0}{N_0-N}}\right)}, \quad (1)$$

где D - эффективный коэффициент диффузии кадмия в объеме никель-кадмиевого скрапа, $\text{м}^2/\text{с}$;

τ - продолжительность процесса испарения кадмия, с;

N_0 - количество испарившегося кадмия, вес. %.

Для повышения производительности процесса скрапа размещают в печи по вертикали послойно с зазорами между соседними слоями, при этом соотношение воздушного промежутка h между слоями к толщине слоя d скрапа должно удовлетворять соотношению $h/d \geq 0,3$;

Скрап нагревают в печи до температуры 200-300 °С и выдерживают его при этой температуре для отгонки остаточной воды. После повышают температуру до 500-700 °С и проводят выдержку обезвоженного упомянутого скрапа в восстановительной газовой среде при этой температуре для отгонки остаточных неметаллической фракций, последующее повышение температуры до 850-1000 °С и выдержку оставшейся части скрапа при этой температуре до полного испарения кадмия. Испарившийся кадмий направляют в конденсатор, охлаждают его в конденсаторе до перехода в твердое состояние и осуществляют последующую выгрузку из конденсатора кадмия, а из печи никеля [5].

В процессе нагрева кадмия образуются соединения, представленные на рисунке 1.

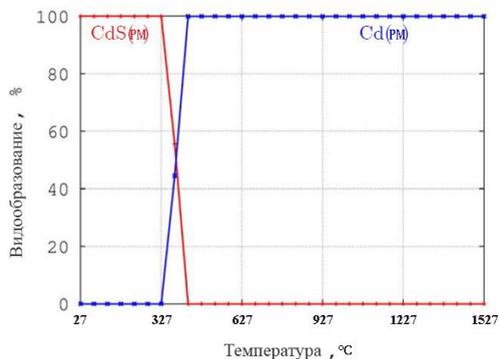


Рис. 1. Видообразование $CdS_{(PM)}$, $Cd_{(PM)}$ в зависимости от температуры

Выброс кадмия ($CdS_{(PM)}$, $Cd_{(PM)}$) в атмосферу происходит на выходе из конденсатора в количестве $0,01701 \text{ мг/м}^3$ (без очистки), что превышает ПДК_{с.с.} вредных веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений ($0,0003 \text{ мг/м}^3$) почти в 57 раз, что говорит о необходимости использования очистных сооружений.

В соответствии с положениями Федерального закона от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» объекты, оказывающие воздействие на окружающую среду, подразделяются на четыре категории. Производство кадмия включено в I категорию и отнесено к областям применения наилучших доступных технологий (НДТ) [6].

Подходы к выбору методов очистки выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух в зависимости от наличия вредных (загрязняющих) веществ представлены в таблице 1 [7].

Таблица 1

Технологии обработки отходящих газов в зависимости от наличия тяжёлых металлов

| Принцип действия | Технология | Тяжёлые металлы, подлежащие удалению |
|--|---|--------------------------------------|
| Фильтрация | Сухой электрофильтр | |
| | Тканевый фильтр | |
| | Фильтр абсолютной очистки (НЕРА) | + |
| | Высокоэффективный воздушный фильтр (HEAF) | |
| «+» - первичная цель технологии заключается в удалении конкретного специфического вредного (загрязняющего) вещества. | | |

На основе таблицы 1 был сделан выбор в пользу газоочистки с помощью НЕРА-фильтра. НЕРА-фильтр - это высокоэффективный фильтр, который может задерживать частицы от $0,3 \text{ мкм}$. В том числе мелкодисперсные частицы $PM_{2.5}$ и PM_{10} (с диаметром менее $2,5$ и 10 мкм соответственно). Эффектив-

ность очистки составляет $> 99,995\%$.

Воздушная миграция кадмия осуществляется в виде аэрозолей с диаметром частиц 0,5-1 мкм, что входит в рабочий диапазон НЕРА-фильтра [8].

В высокоэффективных фильтрах есть три метода улавливания частиц: эффект инерции, эффект зацепления и эффект диффузии.

Эффект инерции актуален для частиц крупного размера. Так как крупные частицы обладают большей инерцией, они могут огибать волокна. Поэтому при прямолинейном движении, они сталкиваются с препятствием в виде волокна и задерживаются на фильтрующем материале [9].

При эффекте зацепления за счёт линий тока, которые возникают вблизи фильтрующего волокна, частицы «налипают» на волокна [9].

Основное отличие НЕРА от фильтров грубой и тонкой очистки в том, что для фильтрации частице не обязательно застревать в волокнах. Если частица просто коснулась фильтрующего материала, этого уже достаточно для эффективного осаждения. Это связано с двумя процессами: адгезией и аутогезией.

Адгезия - взаимодействие пыли с осаждающей поверхностью. Благодаря адгезии на чистых волокнах появляется первый слой пыли.

Аутогезия (слипаемость) - взаимодействие пылевых частиц между собой. Благодаря аутогенному взаимодействию частицы продолжают наслаиваться друг на друга, образуя на волокнах многослойные конгломераты.

Природа адгезии и аутогезии в молекулярном взаимодействии частиц друг с другом и с волокнами (силы Ван-дер-Ваальса). Эти силы появляются на расстоянии от одного до нескольких сот диаметров частиц.

Эффект диффузии актуален для самых маленьких частиц (с диаметром меньше 0,1 мкм). Они обладают небольшой массой и постоянно находятся в хаотичном броуновском движении. Их траектория постоянно колеблется относительно линии тока воздуха. В ходе колебания частица выходит из потока, касается волокна и осаждается за счёт адгезии и аутогезии [9].

Зная эффективность фильтра, рассчитаем концентрацию кадмия после очистки НЕРА-фильтром по формуле 2:

$$C_{\text{ВЫХ}} = C_{\text{ВХ}} - \frac{E \cdot C_{\text{ВХ}}}{100}, \quad (2)$$

где $C_{\text{ВХ}}$ - начальная концентрация загрязняющего вещества в воздухе, $\text{мг}/\text{м}^3$; E - эффективность фильтра, % [10].

Данные для расчёта:

$C_{\text{ВХ}} = 0,01701 \text{ мг}/\text{м}^3$ (начальная концентрация кадмия в воздушном потоке, миллиграмм на метр кубический);

$E = 99,995, \%$ (эффективность фильтра, проценты).

$$C_{\text{ВЫХ}} = 0,01701 - \frac{99,995 \cdot 0,01701}{100} = 8,505 \cdot 10^{-7} \text{ мг}/\text{м}^3$$

Концентрация кадмия на выходе после очистки составляет $8,505 \cdot 10^{-7} \text{ мг}/\text{м}^3$, что почти в 353 раза меньше ПДК_{с.с.} вредных веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений ($0,0003 \text{ мг}/\text{м}^3$). Газоочистка воздушного потока.

НЕРА-фильтр минимизирует количество выбросов кадмия в атмосфер-

ный воздух, на производствах, связанных с переработкой кадмийсодержащих материалов.

Литература:

1. Авцын, П.А., Авцын П.А., Жаворонков А.А, Риц М.А., Строчкова Л.С. Этиология, классификация, органопатология // Микроэлементозы человека. - М.: Медицина, 1991. - 496 с.
2. Байдина, Н.Л. Загрязнение городских почв и огородных культур тяжелыми металлами // Агрохимия. - 1995. - № 12. - С. 99-104.
3. Кадмий: Экологические аспекты. - Женева: ВОЗ, 1994. - 160 с.
4. Минеев В.Г., Лебедева Л.А., Арзамазова А.В. Влияние последействия систем удобрения на барьерные функции растений ячменя на дерново-подзолистой почве, загрязненной свинцом и кадмием // Агрохимия. - 2009. - № 9. - С. 60-68.
5. Барышев А.Р., Карелов С.В., Мамяченков С.В., Анисимова О.С. Способ переработки никель-кадмиевого скрапа/ Патент RU 2469112 С1 МПК⁵¹, С22В 17/00, С22В 7/00, С22В 3/04, 10.12.2012, Бюл. № 34.
6. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 13-2020 НДТ Производство свинца, цинка и кадмия/ Москва. – Бюро НДТ. – 2020 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=1502&etkstructure_id=1872
7. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 22 - 2016 Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях/ Москва. – Бюро НДТ. – 2016. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=813&etkstructure_id=1872
8. Черных Н.А., Овчаренко М.М. Тяжелые металлы и радионуклиды в биогеоценозах. - М.: Агроконсалт, 2002. - 200 с.
9. ГОСТ Р ЕН 1822-1-2010 Высокоэффективные фильтры очистки воздуха ЕРА, HEPA и ULPA. Часть 1. Классификация, методыиспытаний, маркировка.
10. Юрманов Б. Н, Иванова Ю. В. Кондиционирование воздуха общественных зданий: Уч. пособ., 2009. - 50 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА РАСЧЕТА ОБРАЗУЮЩИХСЯ ОТХОДОВ БУРЕНИЯ

Графкина М.В., доктор технических наук, профессор
Телишевская А.Л., обучающийся
ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет»
(г. Москва, Российская Федерация)

Аннотация: Образующиеся буровые шламы являются серьезной экологической проблемой. Анализ методов расчёта отходов бурения выявил неучтенные факторы. Выявлены корректирующие поправки, которые позволяют провести более точный расчет образующихся отходов.

Ключевые слова: метод расчета, буровой шлам, обсадная колонна, породоразрушающий инструмент.

IMPROVEMENT OF THE GENERATED DRILLING WASTES CALCULATION METHOD

Grafkina M.V., Doctor of Technical Sciences, Professor
Telishevskaya A.L., student
Moscow Polytechnic University
(Moscow, Russian Federation)

Annotation: The formation of unutilized drilling wastes is a serious environmental problem. Analysis of calculating drilling waste methods revealed unaccounted factors. This work is proposing the corrective amendments that allow to calculate the exact amount of the generated wastes.

Keywords: calculation method, drilling wastes, casing string, rock-breaking tool.

Утилизация бурового шлама (БШ) является важной экологической проблемой, т.к. возможно его попадание в поверхностные водные системы, почву, подземные воды. Соответственно это приведет к загрязнению компонентов окружающей среды. На некоторых нефтегазодобывающих предприятиях образуются задолженности по неликвидированным шламовым амбарам, в том числе и на предприятии ООО «СЕВКОМНЕФТЕГАЗ» в Ямало-Ненецком автономном округе. Ежегодно среди нефтегазодобывающих предприятий неутилизированными остается до 16,3% амбаров, а 6,5% их содержимого попадает в объекты окружающей среды. Отсутствие достоверных расчетов по количеству реальных объемов образования бурового шлама является, на наш взгляд, главной причиной сложившейся ситуации. Используемая в настоящее время формула расчёта отходов бурения содержит в себе погрешности, так как не учитывает ряд дополнительных факторов, влияющих на расхождение первоначального расчёта с фактическими объемами образующихся отходов [4].

В данной работе анализируются недостатки применяемой в настоящее время расчётной формулы, указывается на ряд неучтенных при расчете факто-

ров, из-за которых в итоге отходов образуется больше, чем предприятие готово утилизировать и приводятся апробация результаты расчета объема образования бурового шлама для ООО «СЕВКОМНЕФТЕГАЗ».

В процессе строительства скважины для расчета объема БШ принято использовать классическую формулу, указанную в проектах нормативов образования отходов и лимитов на их размещение и проектах на строительство скважин [1]:

$$V = \pi r^2 h, \text{ где}$$

V – объем выбуренной породы, м³;

π – число, равное 3,14;

r – радиус колонны, спущенной в скважину, согласно проекту (многие организации производят расчет именно по диаметру колонны, а не по диаметру породоразрушающего инструмента), м;

h – глубина (протяженность) элемента конструкции скважины согласно проекту (направление, кондуктор, колонна, хвостовик), м [2].

Приведенная формула позволяет рассчитать только примерный объем образующегося бурового шлама, так как при расчете не учитывается ряд факторов, которые влияют в результате на увеличение объема БШ:

- диаметр породоразрушающего инструмента всегда больше диаметра колонны согласно проекту;

- породоразрушающий инструмент в процессе бурения не находится в статическом положении, а постоянно происходят его колебательные движения (удары по стенкам скважины), что в результате приводит к увеличению проходного диаметра скважины.

Проведен анализ существующих формул расчета образующегося бурового шлама (согласно проектам нормативов образования отходов и лимитов, на их размещение и проектам на строительство скважин), а также формула, предлагаемая Национальным исследовательским Томским политехническим университетом, которая устраняет выявленные недостатки, и на наш взгляд является более адекватной [4]. В порядке апробации произведён сравнительный расчёт образующихся БШ на примере Северо-Комсомольского нефтегазоконденсатного месторождения предприятия ООО «СКН», по диаметру колонны, а также с учётом вышеуказанных дополнительных факторов по диаметру породоразрушающего инструмента. При расчёте глубина скважины составляет 2860 метров (направление 60 метров, кондуктор 1800 метров, колонна 1000 метров).

В табл. 1 приведено соотношение диаметров породоразрушающего инструмента и диаметров обсадных колонн.

Таблица 1

Соотношение диаметров породоразрушающего инструмента³ и диаметров обсадных колонн

| Элемент конструкции скважины | Диаметр колонны, мм | Диаметр породоразрушающего инструмента, мм | Расхождение, мм |
|------------------------------|---------------------|--|-----------------|
| Направление | 426 | 495 | 69 |
| Кондуктор | 324 | 393,7 | 69,7 |
| Техническая колонна | 245 | 295,3 | 50,3 |
| Эксплуатационная колонна | 194 | 250 | 56 |
| Эксплуатационная колонна | 178 | 222 | 44 |
| Эксплуатационная колонна | 168 | 220,7 | 52,7 |
| Эксплуатационная колонна | 146 | 215,9 | 69,9 |
| Хвостовик | 114 | 152 | 38 |
| Хвостовик | 102 | 142,9 | 40,9 |

Анализ данных табл. 1 показывает, что диаметр породоразрушающего инструмента на каждом этапе бурения скважины (по мере углубления в скважину) больше диаметра соответствующей обсадной колонны на 40-70 мм. Далее, нами был проведен расчет объема бурового шлама по диаметру обсадной колонны, на 1 метр проходки ствола скважины и расчет объема бурового шлама по диаметру породоразрушающего инструмента, на 1 метр проходки ствола скважины, что позволило рассчитать расхождение в объеме и массе бурового шлама (результаты представлены в табл. 2).

Таблица 2

Расхождения в объеме бурового шлама на 1 метр проходки ствола скважины

| Элемент конструкции скважины | Объем бурового шлама, рассчитанного по диаметру колонны, м ³ | Объем бурового шлама, рассчитанного по диаметру породоразрушающего инструмента, м ³ | Расхождение, м ³ |
|------------------------------|---|--|-----------------------------|
| Направление | 0,142 | 0,192 | 0,05 |
| Кондуктор | 0,082 | 0,122 | 0,04 |
| Техническая колонна | 0,047 | 0,068 | 0,021 |
| Эксплуатационная колонна | 0,030 | 0,049 | 0,019 |
| Эксплуатационная колонна | 0,025 | 0,039 | 0,014 |
| Эксплуатационная колонна | 0,022 | 0,038 | 0,016 |
| Эксплуатационная колонна | 0,017 | 0,037 | 0,02 |
| Хвостовик | 0,010 | 0,018 | 0,008 |
| Хвостовик | 0,008 | 0,016 | 0,008 |

Анализ полученных результатов показал, что при расчете объема образования бурового шлама разрабатываемой скважины Северо-Комсомольского нефтегазоконденсатного месторождения, глубиной 2860 метров (направление 60 метров, кондуктор 1800 метров, колонна 1000 метров), расхождение состав-

ляет 181 м³. В то же время, при учете всех скважин рассматриваемого месторождения величина многократно возрастает.

Таким образом, были проанализированы существующие формулы расчета образующегося бурового шлама (согласно проектам нормативов образования отходов и лимитов, на их размещение и проектам на строительство скважин) и формулы, представленные в литературных научных источниках. Выявлена более адекватная формула, предлагаемая Национальным исследовательским Томским политехническим университетом. В ходе работы проведен сравнительный расчет на примере конкретного нефтегазодобывающего предприятия (ООО «СЕВКОМНЕФТЕГАЗ»), что позволило прийти к следующему выводу: метод, применяемый сегодня, не учитывает влияние процессов, связанных с использованием породоразрушающего инструмента и самим бурением. Пересчет с учетом корректирующих факторов позволяет скорректировать объем образующихся отходов бурения и предвосхитить возможные проблемы утилизации.

Литература:

1. Герасимов Г.Т., Кузнецов Р.Ю., Овчинников П.В. Разработка проектной документации на строительство скважин с учётом проекта разработки месторождения. – Тюмень: ГНГУ, 2010. - 528 с.

2. ПД. 1669Б-1215-1513-ООС-01. Строительство эксплуатационных горизонтальных скважин на продуктивные горизонты пласта ПК1 с длиной горизонтального ствола 2000 м Северо-Комсомольского месторождения. –2018. 311 с.

3. ПД. 4696–П–014.000–ООС-01. Опытно-промышленная эксплуатация пласта ПК-1 Северо-Комсомольского мр. Наземное обустройство. – Свидетельство № П-124-015.2 от 17 апреля – Тск - 2015, 343 с.

4. Постернак Т.С., Голещихин А.В., Петров А.В. Особенности расчета объема образования бурового шлама в процессе строительства скважин. - ФГАОУВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», 2017 – 10 с.

5. Тупицына О.В., Васильев А.В. Экологическое воздействие буровых шламов и подходы к их переработке // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2014. - №5. - 237 с.

ЛИКВИДАЦИЯ НЕФТЯНОГО ПЯТНА С ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ ОТХОДАМИ ШЕЛУХИ ГРЕЧИХИ

Гречина А.С., обучающийся;
Степанова С.В., кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Исследована возможность использования шелухи гречихи в качестве сорбционного материала по отношению нефти. Определено, что значение нефтепоглощения модифицированного 1%-ным раствором H_2SO_4 образца на 11 % выше, чем у нативного.

Ключевые слова: шелуха гречихи, модификация, серная кислота, нефтепоглощение, сорбция, пленка нефти

ELIMINATION OF OIL SPOT FROM WATER SURFACE BY WASTE BUCKLET HUSK

Grechina A.A., the student;
Stepanova S.V., candidate of chemical Sciences, associate Professor
Kazan National Research Technological University
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The possibility of using buckwheat husk as a sorption material in relation to oil has been investigated. It was determined that the value of oil absorption of the sample modified with 1% H_2SO_4 solution is 11 % higher than that of the native one.

Keywords: buckwheat husk, modification, sulfuric acid, oil absorption, sorption, oil film

В настоящее время перед обществом стоит большая задача – освоение природных ресурсов и преобразование природных систем, не приносящее еще больший вред окружающей среде. Попадание нефти в водные объекты приводит к катастрофическим последствиям, в результате которых страдают, как гидробионты, так и потребители воды. Попадая в воду, нефть образует на ее поверхности пленку, что способствует, в частности, изменению гидродинамического баланса с атмосферой. В этой связи, одной из актуальнейших проблем современности является проблема очистки водных объектов и акваторий от нефтяных загрязнений [1].

При попадании на водную поверхность нефтепродукты образуют на поверхности тонкую плёнку. Такая плёнка нарушает естественный газообмен, препятствуя ему. Таким образом, на местные биоценозы оказывается негативное воздействие, что приводит к изменениям в экосистеме в целом.

В настоящее время существуют различные методы, позволяющие эффективно бороться с загрязнениями окружающей среды нефтью и нефтепродукта-

ми. На сегодняшний день большее предпочтение отдают сорбционному методу очистки вод, как более эффективному, экологически безопасному и экономически выгодному способу.

Особенно развивается направление использования в качестве сорбционных материалов (СМ) нефти и нефтепродуктов целлюлозосодержащих отходов сельского хозяйства и деревопереработки.

Материалы из отходов сельского хозяйства для очистки воды дешевы по способу получения и утилизации, имеют неограниченную сырьевую базу для производства. Главное требование, которое к ним предъявляется – плавучесть. Еще одно важное качество, которым должен обладать сорбент – способность захватывать большое количество нефти.

В продолжении работ, проводимых на кафедре Инженерной экологии КНИТУ, г. Казань, по использованию отходов от переработки сельскохозяйственного сырья в качестве СМ нефти и нефтепродуктов [2-4], изучалась возможность использования в качестве нефтесорбента нативной и модифицированной шелухи гречихи посевной. У образцов определялось максимальные значения нефтемкости (рисунок 1) и нефтепоглощения (рисунок 2) по отношению к нефти карбонового отложения Тумутукского месторождения, добытой НГДУ «Азнакаевскнефть»

Сначала проводили модификацию шелухи. Для этого в колбы объемом 250 см^3 наливали 200 см^3 1 %-ного раствора серной кислоты и помещали по 10 г измельченной шелухи гречихи. Содержимое сосуда тщательно перемешивали на качалке в течение 60 минут. Затем образец промывали до нейтральной pH среды и высушивали в сушильном шкафу до постоянной массы.

Для определения нефтемкости в чашки Петри помещали предварительно взвешенную латунную сетку, наливали по 35 см^3 нефти и сплошным слоем наносили исследуемый образец в количестве 1 г. Через определенный промежуток времени (1, 5, 10, 20, 30 мин) образцы извлекали и после стекания избыточного количества нефти взвешивали на лабораторных весах.

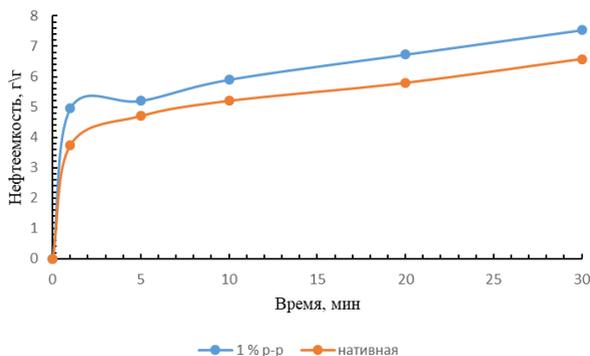


Рис. 1. Зависимость нефтемкости нативной и модифицированной шелухи гречихи от времени контактирования

Как видно из графика нефть сорбируется неравномерно. Максимальное значение нефтеемкости достигается при использовании модифицированной 1%-ным раствором H_2SO_4 ($A=7,535$ г/г).

Определение нефтепоглощения проводили следующим образом. В чашки Петри разливали по 50 мл воды. Затем, имитируя нефтяное загрязнение, вносили по 7 мл нефти. Затем 1 г исследуемого СМ на латунной сетке сплошным слоем наносили на поверхность нефтезагрязненной воды. Через определенный промежуток времени (1, 5, 10, 20, 30 мин) с помощью сита снимали исследуемый образец, дали стечь некоторой части нефти и воды с образца и взвешивали его на аналитических весах.

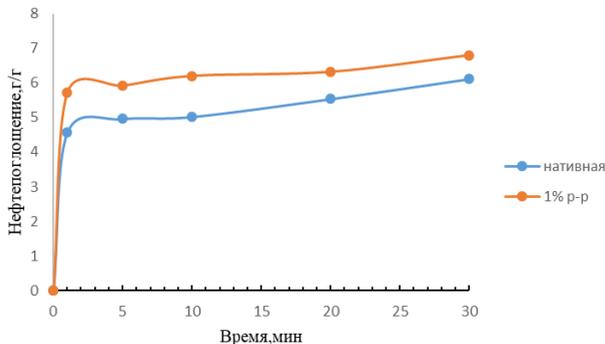


Рис. 2. Зависимость нефтепоглощения нативной и модифицированной шелухи гречихи от времени контактирования

Из графика видно, что полное насыщение пор происходит через 10-15 минут поглощения. Это можно объяснить заполнением пор СМ водой и нефтью, равенством значения скоростей процессов сорбции и десорбции. Максимальное нефтепоглощение модифицированной шелухи гречихи происходит на 30 минуте контакта с пленкой нефти и составляет 6,8 г/г.

Таким образом, сравнивая полученные данные, можно сказать, что применение модифицированной шелухи гречихи 1 %-ным раствором серной кислоты в качестве СМ для очистки воды от пленки нефти эффективнее на 11% по сравнению с нативными образцами.

Литература:

1. Мухутдинов А.А. и др. Основы и менеджмент промышленной экологии – Казань: Магариф, 1998. – 380 с.
2. Двандненко М.В., Привалова Н.М., Кудаева И.Ю., Степура А.Г. Адсорбционная очистка сточных вод // Современные наукоемкие технологии. – 2010. – №10. – С.214- 215.
3. Кондаленко О.А., Шайхиев И.Г., Трушков С.М. Отходы от переработки сельскохозяйственных культур в качестве сорбентов для удаления нефтяных пленок с поверхности воды // Экспозиция Нефть Газ. 2010. №5(11). С. 46-50.

4. Гречина А.С., Шайхиев И.Г./ Солома гречихи посевной – перспективный сорбционный материал ионов тяжелых металлов и нефтепродуктов из водных сред // Сборник докладов Всероссийской 130 научно-технической конф. «Актуальные вопросы охраны окружающей среды»: Белгород, БГТУ, 2018. С. 200-203

УДК: 628.31

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МЕМБРАН ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Шайхиев И.Г., доктор технических наук, доцент;
Дряхлов В.О., кандидат технических наук, доцент;
Набиев Р.Р., аспирант;

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: обобщены результаты разделения эмульсий нефти и масла полимерными мембранами, обработанными плазмой коронного и тлеющего разряда.

Ключевые слова: эмульсия, мембраны, плазма

USE OF POLYMER MEMBRANES FOR SEPARATION OF HYDROCARBON EMULSIONS

Shaikhiev I.G., doctor of technical science, associate professor;
Dryakhlov V.O., candidate of technical science, associate professor;
Nabiev R.R., graduate student;

Kazan National Research Technological University
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: results of separation of oil and oil emulsions by polymer membranes treated with plasma of corona and glow discharge are summarized.

Keywords: emulsion, membranes, plazma

В зависимости от газовой среды при плазмообработке поверхность мембранного фильтра может становиться, как более гидрофильной, так и более гидрофобной. Так, например, обработка в газовых средах кислорода, азота или аммиака приводит гидрофилизации, в то время как воздействие смеси газов пропана-бутана способствует увеличению гидрофобности.

Мембраны из полиэфирсульфона (ПЭС), полиакрилонитрила (ПАН) и полисульфонамида (ПСА), обработанные плазмой тлеющего и коронного разряда, апробированы при разделении 1-20 % эмульсий индустриального масла и нефти (Республика Татарстан), стабилизированных различными марками ПАВ. В качестве газовых сред для коронного разряда использовался воздух, аргон, кислород, азот и пропан-бутан в различных вариациях. Методом инфракрасной спектроскопии нарушенного внутреннего полного отражения после всех газо-

вых сред выявлено образование кислородсодержащих функциональных группировок на поверхности полимера, например, С-О, С-О-С, С-ОН, кроме пропан-бутановой смеси, после которой образуются связи CH_2 , то есть происходит частичная полимеризация селективного слоя. Плазмообработка гидрофильными газами (кислород, аргон, воздух, азот) приводит к снижению краевого угла смачивания водой, гидрофобная смесь (пропан-бутан) приводит к увеличению рассматриваемого параметра. В этой связи, гидрофильные мембраны проявляют повышенную селективность и производительность разделения эмульсий масла, гидрофобные – не работают. Однако при разделении эмульсии нефти ПСА мембранами, производительность оставалась низкой - менее $5 \text{ дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ даже после плазмообработки. С целью предотвращения забиваемости мембран, эмульсия нефти обрабатывалась деэмульгаторами для укрупнения частиц её дисперсной фазы. В результате эффективность последующего мембранного разделения повышалась \approx в 2 раз, а производительность увеличивалась \approx до $100 \text{ дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$. Таким образом, показано, что не всегда плазменные технологии способствуют интенсификации мембранного разделения эмульсии, для чего более приемлемым является применение традиционных технологий предварительной очистки, например, методом деэмульгирования.

Помимо очищаемой фазы в виде фильтрата при мембранном разделении эмульсии образуется концентрат, подлежащий утилизации. Традиционным решением является обезвоживание выпариванием или с помощью фильтр-пресса до обводненности $\approx 30\%$ с последующей термической утилизацией. Метод прост, но энергетически затратный и характеризуется безвозвратной потерей углеводородной фазы. В качестве альтернативного способа исследована возможность использования концентрата от мембранного разделения отработанных СОЖ марки «Инкам-1» в качестве основы для создания ингибирующей композиции, предназначенной для ингибирования коррозии стали 20 от действия пластовых вод, образующихся в процессе добычи нефти. Показано, что с использованием данной ингибирующей композиции защитный эффект от коррозии стали 20 в модельных пластовых водах составил $78,5\%$. При аналогичных условиях степень защиты стали с ингибиторами коррозии марки «СНПХ-1004» и «ТНХС-7» составил 85 и 72 % соответственно [1-4].

Литература:

1. Алексеева М.Ю. Интенсификация разделения водомасляной эмульсии с использованием полисульфонамидных мембран, обработанных униполярным коронным разрядом/М.Ю. Алексеева, В.О. Дряхлов, М.Ф. Галиханов, И.Р. Низамеев, И.Г. Шайхиев//Мембраны и мембранные технологии. 2018. Т. 8. №1. С. 59-65.
2. Федотова А.В. Разделение водомасляной эмульсии полиакрилонитрильными мембранами, обработанными в потоке плазмы в среде аргона и азота / А.В. Федотова, В.О. Дряхлов, И.Ш. Абдуллин, Б. Бонев, В. Ненов // Вестник Технологического университета. 2015. Т. 18. №5. С. 213-215.
3. Шайхиев И.Г. Интенсификация разделения водомасляных эмульсий

полисульфоамидными мембранами, обработанными в поле униполярного коронного разряда / И.Г. Шайхиев, Г.Ш. Сафина, В.О. Дряхлов, М.Ю. Алексеева, А.И. Назмиева // Вестник Технологического университета. 2015. Т. 18. № 17. С. 217-220.

4. Шайхиев И.Г. Очистка сточных вод производства оливкового масла с использованием полиакрилонитрильных мембран, обработанных в поле коронного разряда / И.Г. Шайхиев, В.О. Дряхлов, Г.Ш. Сафина, В.А. Ненов, А.И. Назмиева, Б.С. Бонев // Вестник Технологического университета. 2015. Т. 18. № 13. С. 242-245.

УДК 504.05; 614.8; 536.24; 621.039.546

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРО- И НАНОПОРИСТЫХ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ СТЕКЛОТКАНЕЙ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПРИВИТЫМИ ПОВЕРХНОСТНЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ, ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Кузнецов М.В., доктор химических наук, главный научный сотрудник
ФГБУ Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам
гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций
(федеральный центр науки и высоких технологий) МЧС России
(г. Москва, Российская Федерация)

Аннотация: Разработаны сорбенты с повышенной адсорбирующей способностью на базе кремнеземных стекловолокнистых тканых структур. Полученные сорбенты обладают существенными преимуществами по ряду важных параметров перед известными аналогами – гранулированными и порошковыми силикагелями и алюмогелями. В частности, по технологичности производства и управляемости характеристиками изделия, по диапазону параметров и широте областей возможного применения, по сорбционной емкости поглотителя и динамике его насыщения, по многообразию типов и структур сорбирующих изделий. Кроме того, предложенные микро- и нанопористые сорбенты могут быть использованы, например, в связи с развитием новых подходов к предотвращению и уменьшению последствий взрывов метана в угольных шахтах за счет использования в шахтных пространствах твердых каталитически активных поверхностей, затрудняющих реализацию взрывных процессов с целью облегчения деятельности аварийно-спасательных подразделений ВГСЧ МЧС России.

Ключевые слова: микро- и нанопористые сорбенты, управление пористостью, способ изготовления и химическая обработка, способы использования, каталитически активные поверхности, шахтные пространства.

APPLICATION OF MICRO- AND NANOPOROUS SORBENTS BASED ON FIBERGLASS, MODIFIED WITH GRAFTED SURFACE COMPOUNDS, FOR THE PREVENTION AND ELIMINATION OF EMERGENCY SITUATIONS

Kuznetsov M.V., doctor of chemical sciences, principal researcher
All-Russian Research Institute on Problems of Civil Defense and Emergencies
of Emergency Control Ministry of Russia (EMERCOM)
(Moscow, Russia)

Annotation: Sorbents with increased adsorption capacity on the basis of silica fiberglass woven structures have been developed. The obtained sorbents have significant advantages in a number of important parameters over the known analogues – granulated and powder silica gels and alumogels. In particular, on technological effectiveness of production and controllability of characteristics of the product; on a range of parameters and breadth of areas of possible application; on sorption capacity of an absorber and dynamics of its saturation as well as on variety of types and structures of the sorbing products. In addition, the proposed micro - and nanoporous sorbents can be used, for example, in connection with the development of new approaches to the prevention and reduction of the consequences of methane explosions in coal mines through the use of solid catalytic active surfaces in mine spaces, which complicate the implementation of explosive processes in order to facilitate the activities of emergency rescue units of EMERCOM.

Keywords: micro- and nanoporous sorbents, control of porosity, methods of manufacturing and chemical processing, methods of use, catalytically active surfaces, mining spaces.

Формирование сорбентов осуществлялось за счет использования стекловолоконистых, аморфных по фазовому состоянию кремнеземных матриц. Подготовленные для практического использования структуры могут характеризоваться как низкой, так и весьма развитой поверхностью, в зависимости от конкретных практических задач. Их пористость, микро- и нанопористость определяются и регулируются подбором специфической волокнистой структуры матрицы, которая формируется операциями кручения отдельных элементарных волокон диаметром 5-10 микрон в рабочую нить, а также типом переплетения нитей в рабочее полотнище (простое тканое переплетение, саржевое, сатиновое, сеточное, жаккартово тканье и пр.). Управление пористостью вплоть до наноровня осуществляется за счет изменения химического состава исходного стекла и введением специальных операций предварительной обработки стекловолоконистой матрицы носителя. Внутренняя поверхность сорбирующей системы может варьироваться в соответствии с требованиями конкретного процесса от единиц (для щелочного стекла) до сотен (для алюмо-боро-силикатного стекла) квадратных метров на грамм массы катализатора с реализацией широкого спектра пор по их размерам (10 - 1000 Å). В результате проведения специальных технологических операций стеклотканые сорбенты, в зависимости от способа

изготовления, а также дополнительной химической обработки могут быть использованы для очистки водных сред от нефти, мазута, топлив и высших углеводородов.

В связи с тем что в настоящее время большое внимание уделяется проблеме очистки от нефти и высших углеводородов морей, рек, почвы в связи с ежегодным ростом их добычи, переработки и использования, разработанные стеклотканые сорбенты могут быть использованы для очистки водных сред от нефти, мазута, топлив и высших углеводородов; для работы в качестве осушителей газовых потоков; для очистки газовых выбросов от органических и неорганических примесей; для проведения процессов ионного обмена и очистки стоков от ионов тяжелых металлов и других загрязнений; для сорбционного разделения, концентрирования, выделения ценных компонентов сбросовых жидкостных потоков; для использования в качестве осушителей и поглотителей в холодильной технике, в кондиционерах, в бытовых приборах; для использования в качестве носителей катализаторов, ферментов и прочих функциональных групп в биохимии и биотехнологии; для использования в аналитических целях.

Полученные сорбенты характеризуются высокой химической и термической стойкостью, механической прочностью, устойчивостью к истиранию и пылению. Эти качества позволят обеспечить значительную длительность их эксплуатационного ресурса и возможность их многократного применения.

Кроме того, с использованием предлагаемых универсальных сорбентов может быть предложен новый подход к предотвращению и снижению последствий взрывов метана в угольных шахтах за счет эксплуатации в шахтных пространствах твердых каталитически активных поверхностей, затрудняющих реализацию взрывных процессов с целью упрощения аварийно-спасательных подразделений ВГСЧ МЧС России. В виду участвовавших в последнее время взрывов метана в шахтных выработках, возникла необходимость пересмотра существующих методов контроля и предотвращения таких взрывов в пользу альтернативных путей снижения их вероятности и уменьшения последствий при возникновении взрывоопасных ситуаций. Идеология такого альтернативного подхода базируется на концепции, касающейся влияния твердых поверхностей каталитически активных по отношению к реакциям рекомбинации свободных радикалов на критические условия развития свободного взрыва в газовых средах. Известно, что введение в газовую взрывоопасную среду таких твердых поверхностей сужает полуостров воспламенения и затрудняет реализацию взрывного процесса. Ранее предпринимались попытки управления взрывными процессами (при их моделировании) путем программируемого введения в газовую среду платинового стержня по аналогии со схемами, использованными для управления цепными ядерными реакциями с помощью графитовых стержней – ловушек нейтронов.

В предварительных экспериментах по исследованию реакций каталитического горения аммиака и углеводородов были получены результаты, позволяющие утверждать, что наличие в газовой среде каталитического элемента существенно затрудняет развитие гомогенного взрыва и значительно увеличивает

критическую концентрацию горючего компонента. Полученные предварительные результаты позволяют сделать вывод о том, что использование каталитического фактора в шахтных выработках является тем инструментом, который снизит опасность возникновения взрывных ситуаций при залповых выбросах метана в процессе добычи угля. Традиционные каталитические материалы не могут в настоящее время решить данную проблему в силу своего насыпного гранулированного дизайна. Специально сконструированные для таких целей стеклотканые катализаторы позволяют организовать в штреках «каталитические завесы» в виде картриджей и могут составить основу для создания защитных противовзрывных экранов. Определенные трудности могут возникнуть при реализации описанного подхода в связи с наличием задымленности и запыленности шахтных газовых сред. Однако, несмотря на это, реализация «каталитического» метода борьбы с метановыми взрывами в угольных шахтах представляется перспективной и целесообразной.

Процесс производства сорбирующих материалов с прогнозируемыми свойствами характеризуется непрерывностью технологической схемы, легкой ее перестраиваемостью на новое изделие, экономичностью и экологичностью процесса. Организация производства данных материалов не требует существенных капитальных вложений, поскольку они могут быть развернуты путем введения некоторых дополнительных стадий в уже действующие производства стекловолоконистых материалов теплозащитного, электроизоляционного и конструкционного назначения.

УДК 628.52

СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ СОСТАВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ - ЭМАЛЕЙ И РАСТВОРИТЕЛЕЙ

Кулебякин С.Д., магистрант

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

Аннотация: Затронута важная проблема уменьшения выбросов. Предложен оптимальный метод решения. Рассмотрены требования и особенности конструкции. Приведён инженерный расчёт и эскиз вентиляционного фильтра-адсорбера.

Ключевые слова: выбросы, адсорбция, улавливание паров фенола, фильтр-адсорбер

REDUCTION OF EMISSIONS OF COMPOSITE COMPONENTS OF PAINT COATINGS - ENAMELS AND SOLVENTS

Kulebyakin S.D., Master's degree student
Bauman Moscow State Technical University
(Moscow, Russian Federation)

Annotation: An important problem of reducing emissions is touched upon. The optimal solution method is proposed. The requirements and design features are considered. An engineering calculation and a sketch of a ventilation filter-adsorber are given.

Keywords: emissions, adsorption, phenol vapor capture, filter adsorber

Лакокрасочные материалы применяются в настоящее время как защитные и декоративные покрытия в различных сферах промышленности. Поиск менее токсичных и более безопасных растворителей на основе легколетучих органических соединений ведется постоянно, но такие составы не всегда применимы по техническим или экономическим соображениям. Это означает, что проведение лакокрасочных работ требует специальных инженерных решений, препятствующих попаданию токсичных соединений в атмосферный воздух. В работе рассмотрен вариант очистки выбросов от легколетучих органических соединений с помощью установки в систему вытяжной вентиляции кассетного накопительного фильтра-адсорбера [1].

Органические растворители имеют широкое распространение в промышленности, они являются компонентами строительных материалов, мебели, пестицидов и некоторых лекарств. Одной из актуальных проблем при их использовании является сокращение вредных выбросов в атмосферу.

В процессе применения растворителей в воздух рабочей зоны испаряется значительная часть от изначального количества органических растворителей или их смеси. Ущерб, наносимый этими выбросами, носит как экономический (высокая стоимость растворителей при больших потерях), так и экологический характер (загрязнение воздуха рабочей зоны и атмосферного воздуха населённых пунктов, расположенных вблизи предприятия).

При решении проблемы снижения вредного выброса растворителей перед проектировщиком встаёт вопрос выбора и реализации наиболее оптимального с экономической и экологической точек зрения метода для каждого конкретного случая. Ввиду высокого содержания паров фенола в выбросе наиболее простым и доступным способом очистки представляется адсорбционная очистка.

В качестве адсорбента выбран активированный уголь марки БСК. Изотерма адсорбции фенола на активированном угле представлена на Рисунке 1. [2]. Давление в рабочей точке соответствует парциальному значению паров фенола в составе выброса.

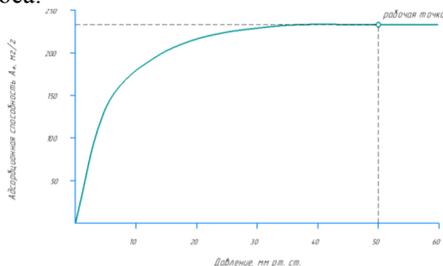


Рис. 1. Изотерма адсорбции фенола на активированном угле марки БСК

Основными требованиями к аппарату являются: компактность, простота конструкции, возможность организации серийного производства и низкая себестоимость и устойчивым к воздействию химических соединений. В качестве материала корпуса выбран – ПВХ. На рисунке 3 представлена предлагаемая конструкция адсорбционного фильтра.

Высота слоя засыпки сорбента, диаметр аппарата и время защитного действия определялись по методикам инженерного расчета адсорбера с неподвижным слоем сорбента [3, 4, 5]:

- Допустимая фиктивная скорость (скорость фильтрации), м/с:

$$\omega_0 = \sqrt{0,0167 \frac{\rho_n d_s g}{\rho_g}},$$

где d_s - эквивалентный диаметр гранулы сорбента, м;

ρ_n - насыпная плотность сорбента, кг/м³;

ρ_g - плотность газа, кг/м³;

$$\omega_0 = 0,325 \text{ м/с};$$

Рабочую скорость потока примем как $\omega = 0,75\omega_0$: $\omega = 0,244 \text{ м/с}$;

Эквивалентный диаметр аппарата:

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi\omega}},$$

где V - расход газа, м³/ч;

$$D = 0,466 \text{ м};$$

Площадь сечения, м²:

$$S = \frac{\pi D^2}{4}, S = 0,171 \text{ м}^2;$$

Зададим высоту слоя $L_{сл}$ и внутренний диаметр аппарата $d_{внутр}$:

$$L_{сл} = 0,15 \text{ м}, d_{внутр} = 0,1 \text{ м};$$

Рассчитаем длину перфорированных обечаек, м:

$$L = \frac{2S}{\pi(d_{внеш} - d_{внутр})}, L = 0,704 \text{ м};$$

Объём примеси, адсорбирующийся в единицу времени, м³/ч:

$$V_i = V(C_{вход} - C_{выход}), V_i = 2,083 * 10^{-9} \text{ м}^3/\text{с};$$

Объём примеси, который может поглотить слой сорбента:

$$V_{расч} = \pi \frac{d_{внеш}^2 - d_{внутр}^2}{4} L \rho_n a_i,$$

где a_i - адсорбционная способность м/кг

$$V_{расч} = 9,538 * 10^{-3} \text{ м};$$

Время защитного действия аппарата, ч:

$$\tau = \frac{V_{расч}}{V_i},$$

$$\tau = 763 \text{ ч}$$

Зависимость скорости фильтрации от эквивалентного диаметра с рабочей точкой показана на Рисунке 2:

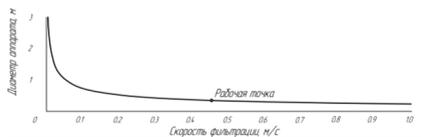


Рис. 2. Зависимость эквивалентного диаметра аппарата D от скорости фильтрации

Время защитного действия аппарата прямо пропорционально количеству адсорбента, а следовательно – высоте слоя угля при постоянном эквивалентном диаметре (Рисунок 3):

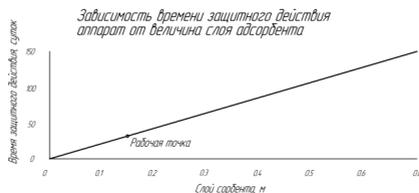


Рис. 3. Зависимость времени защитного действия от высоты слоя сорбента, $L_{\text{сл}}$

Эти графики позволяют оценить габаритные размеры фильтра - адсорбера.

Эскиз внутриканального адсорбера представлен на Рисунке 4:

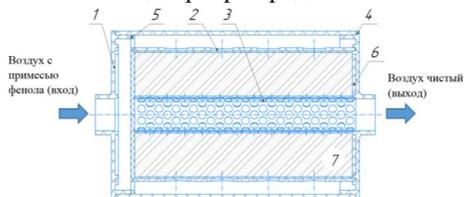


Рис. 4. Внутриканальный адсорбер:

1, 4 – крышки, 2 – внешняя перфорированная обечайка, 3 – внутренняя перфорированная обечайка, 5 – дно с отверстиями, 6 – войлочный уплотнитель, 7 – адсорбент.

Воздух проходит через левый фланец (фланец 1) и распределяется в радиальном направлении (от периферийных слоев сорбента к центру фильтра – адсорбера), далее собирается в центральном канале и очищенным от паров фенола выходит через правый фланец (фланец 6).

По результатам работы для расхода выбрасываемого в атмосферу воздуха равного $1500 \text{ м}^3/\text{ч}$ получены следующие размеры кассетного фильтра-адсорбера: диаметр аппарата 525 мм, длина аппарата 887 мм, время работы (время защитного действия) 763 часа при постоянной концентрации, остаточное содержание примеси фенола в выбрасываемом в атмосферу воздухе $0,006 \text{ мг}/\text{м}^3$.

Литература:

1. 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.

2. Исаева Л.Н., Симонова В.В., Тамаркина Ю.В., Бован Д.В., Кучеренко В.А., Шендрик Т. Г. (ИнФОРУ НАНУ) Адсорбция фенола химически активированным бурым углем.

3. Дытнерский Ю.И., Борисов Г.С., Брыков В.П. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1991. - 496 с.

4. Александров А.А., Архаров И.А., Навасардян Е.С. Машины и аппараты криогенных систем; Москва, 2009.

УДК 628.2(07)

КОМБИНИРОВАННЫЙ МНОГОТУПЕНЧАТЫЙ ЦЕНТРОБЕЖНО-ФЛОТАЦИОННЫЙ СЕПАРАТОР

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

Газизова А.Ф.¹, обучающаяся;

Ткачев Д.О.², обучающийся

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

²МБОУ «Лицей №145»

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Рассматривается многоступенчатый центробежный сепаратор с вертикальным расположением гидроциклонов и наличием флотаторов у каждого циклона. В устройстве предусмотрена сорбционная доочистка с насыпным сорбентом во вращающемся барабане. Вращение барабана регулируется специальным конусным вариатором.

Ключевые слова: гидроциклоны, флотация, сорбция, регулирование.

COMBINED MULTI-STAGE CENTRIFUGAL FLOTATION SEPARATOR

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

Gazizova A.F.¹, the student

Tkachev D.O.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 multistage centrifugal separator with a vertical arrangement of hydrocyclones and the presence of flotators for each cyclone is considered. The device

provides sorption after treatment with a bulk sorbent in a rotating drum. The rotation of the drum is regulated by a special cone variator.

Keywords: Hydrocyclones, Flotation, Sorption, Regulation.

Загрязнение поверхностных вод промышленными загрязняющими веществами представляет серьезную экологическую проблему. Состав загрязняющих имеет различную агрегатную структуру: твердые нерастворимые примеси (минеральные и органические) вещества, плотность которых меньше плотности воды, масла, нефтепродукты, смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), поверхностно-активные вещества (ПАВ), растворенные вещества. Очистка загрязняющих сточных вод производится последовательно в различных аппаратах и устройствах, в которых реализуются различные принципы разделения (Механические, Физико-Химические, Химические, Биологические, Термические Методы). Организация подобных многостадийных систем, с использованием различных очистных устройств, требует значительных производственных площадей. Одним из перспективных путей снижения загрязнения водоемов промышленными стоками является организация замкнутых оборотных систем водоснабжения, с возвратом использованной воды, после соответствующей очистки в технологический процесс. Реализация оборотных систем водоснабжения требует создания локальных устройств очистки в каждом цехе, для очистки использованных вод от загрязнителей конкретного технологического процесса, в соответствии с требованиями для данного процесса.

Для очистки промывных сточных вод на участке механического цеха был разработан комбинированный сепаратор [1], объединяющий несколько принципов очистки.

Промывные воды механических цехов содержат механические примеси (частицы металлов, образива, связки), а также масла, СОЖ, ПАВ, нефтепродукты. [2]. Исходя из особенностей и вида загрязняющих веществ, разработанный сепаратор объединяет в себе несколько принципов разделений- Центробужную сепарацию, Флотационную очистку и Сорбционную очистку с непрерывной регенерацией сорбционного материала. Конструктивная схема сепаратора представлена на рисунке 1.

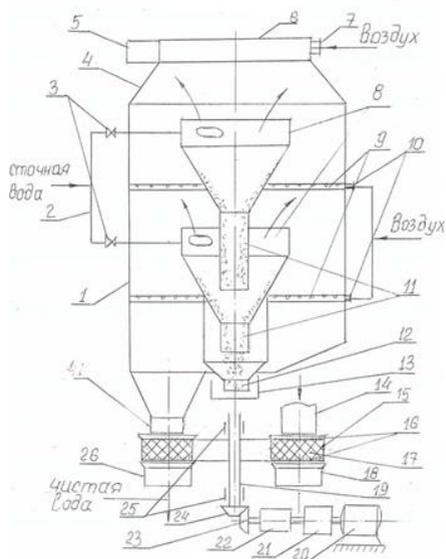


Рис. 1. Многоступенчатый центробежно-флотационный сепаратор

Аппарат состоит из цилиндрического корпуса 1, в котором коаксиально расположены несколько гидроциклонов 2. В отличие от известных батарейных циклонов, в предложенной схеме, гидроциклоны расположены друг под другом, что даст существенную экономию производственных площадей. Гидроциклоны могут работать каждый отдельно, так и все вместе, при необходимости очищать большие расходы воды. Сгущенный пристеночный шлам из верхних гидроциклонов поступает в коническую зону сгущения нижнего гидроциклона, что исключает подсос воздуха и образования воздушного столба в зоне разрежения, что характерно для напорных гидроциклонов. Тяжелая фракция загрязняющих веществ ($S_n > S_{ж}$) последовательно выводится через нижние патрубки гидроциклонов и удаляется в общий шламприемник 3. Легкая фракция загрязнителей (масла, СОЖ, и другие), а также мелкие взвешенные компоненты, выходят через верхнее сечение гидроциклонов и попадает в зону Флотации. Флотагент (воздух) попадает в специальные флотаторы, расположенные в зоне сужающейся части гидроциклонов. Образующаяся флотационная пена, вместе с загрязняющими веществами, поднимается в флотационную камеру, предварительно сгущаясь в конической зоне, откуда вся пена удаляется передувкой в пеноприемник. Очищенная вода, после первых двух этапов очистки (Центробежных сепараций и Флотаций), поступает в сливной патрубков 4, откуда, при соответствии требованиям технологического процесса, может возвращаться в обратную систему водоснабжения. Для расширения диапазона использования, в предложенном устройстве предусмотрен третий этап очистки- Собция. После сливного патрубка 4 имеется вращающийся барабан 5, в котором между сетчатыми перегородками имеется насыпной гранулированный сорбент. С использо-

ванием третьего этапа очистки-метода Сорбции, предложенная установка может применяться Целлюлозно-бумажной, Химической, Нефтехимической промышленности. Барабанное устройство Сорбционной очистки позволяет непрерывно, в процессе работы устройства вращать барабан, перемещая гранулы сорбента из зоны Сорбции в зону регенерации. Скорость вращения барабана будет определяться по номограмме насыщения сорбента адсорбатом, до наступления «проскока».

Проектирование предложенного сепаратора состоит из нескольких этапов. На первом этапе необходимо определить основные Геометрические размеры аппарата, исходными данными являются: общий расход жидкости, подлежащий очистке Q_0 , вид и характер загрязняющих веществ, гранулометрический состав и концентрация дисперсной фазы. По [3] вводится понятие граничного зерна разделения $d_{гр}$. Предполагается, что загрязнители с размерами больше $d_{гр}$ подвергаются центробежному разделению и удаляются в нижнюю часть гидроциклонов ($S_n > S_{ж}$), а загрязнители с размерами меньше $d_{гр}$ отводятся в верхнюю часть гидроциклонов.

Значение $d_{гр}$ определяется и соотношения:

$$d_{гр} = 1.65 \cdot d_{вх} \cdot \sqrt{\frac{\int n}{L \cdot V_{\varphi} \cdot (S_n - S_{ж})}}, \quad (1)$$

где $d_{гр}$ – граничное зерно разделения, $d_{вх}$ – диаметр входного патрубка в гидроциклоне, L – высота зоны сепарации между входным патрубком и нижним отверстием, S_n и $S_{ж}$ – плотность загрязняющей фазы и плотность жидкости, $\int n$ – динамическая вязкость исходной смеси, V_{φ} – тангенциальная скорость в зоне сепараций.

Соотношение (1) позволяет, исходя из гранулометрического состава исходного загрязнителя, определить концентрацию его в верхнем потоке:

$$Q_B = Q_B / Q, \quad (2)$$

и концентрацию загрязнителя в нижнем потоке, удаляемого в виде шлама:

$$C_H = G_H / Q_H, \quad (3)$$

В случае, если значения (2) и (3) не удовлетворяют по техническим требованиям, можно, исходя из формулы (1) или изменить $d_{вх}$ путем дросселирования, или увеличить расход жидкости, регулируя включение в работу одного или нескольких гидроциклонов.

Воздействуя на V_{φ} можно, при необходимости, достигать более тонкой очистки, в соответствии с требованиями.

Определив концентрацию загрязняющих веществ в верхнем потоке C_B , можно обоснованно задавать параметры для реализации процесса Флотации. Проектируя Флотатор, можно выбирать отверстия для формирования диаметра флотопузырьков и от этого будет зависеть скорость их подъема и общее время Флотации, в зависимости от Высоты зоны Флотации. В общем, расход флотагента составляет 3%-5% Q_0 .

В качестве барботажного устройства для процесса Флотации можно использовать трубчатые перфорированные устройства, пористые пластинчатые конструкции. Размер барботажных отверстий определяет диаметр флотационных пузырьков, а в зависимости от них устанавливается скорость подъема пузырьков. Расчетные и опытные данные [4] свидетельствуют, что скорость подъема пузырьков при диаметре $d_n \approx 10$ мкм составляет 0,06 мм/с, а при $d_n = 50$ мкм – 5,5 мм/с. В соответствии с выбранными конструктивными размерами Высоты флотационной зоны, необходимо проектировать барботажное устройство. Если в отработанных сточных водах содержатся ПАВ, красители, фенолы, ароматические нитросоединения, растворенные органические вещества, в процесс очистки вступает третья ступень очистки- адсорбция. Вода, очищенная после центробежной Сепарации и Флотации, поступает в барабан 5, заполненный гранулированным сорбентом. Вода, протекая через слой сорбента, очищается от растворенных загрязнителей за счет поглощения сорбентом и, в дальнейшем отводится потребителю, для оборотного водоснабжения количество поглощенного сорбентом вещества характеризует эффективность и определяется уравнением Фрейндлиха, [4]:

$$a = K_{\text{адс}} \cdot C_{\text{равн}}^{1/m}, \quad (4)$$

где a - удельная адсорбция, $[Kg/Kg]$, $K_{\text{адс}}$ - адсорбционная константа распределения поглощенного вещества (сорбата) между сорбентом и раствором, зависящая от температуры, $C_{\text{равн}}$ - равновесная концентрация поглощаемого вещества на сорбенте $[Kg/Kg]$, m - постоянная

В качестве сорбента, часто используют активированный уголь различных марок. Предварительно, экспериментально определяют динамическую изотерму сорбции, до наступления проскока, при достижении полного исчерпания сорбентом сорбционной емкости. Исходя из конструктивных соображений, выбирают размеры барабана, Высоту насыпного слоя гранул сорбента. Далее можно выбирать скорость вращения барабана, для обеспечения эффективного использования сорбционной емкости сорбента и обеспечения необходимой регенерации сорбента при вращении барабана.

Литература:

1. Заявка №2020 139157 от 27.11.1010 «Центробежно-флотационный сепаратор».
2. А.С. Тимонин. Инженерно-экологический справочник. Том 3. Издательство Н. Бочкаревой. - Калуга, 2003 г.-884 с.
3. Процессы и аппараты Химической технологии явления переноса, макрокинетики, подобие моделирования, проектирование. Т.2 Механические и гидромеханические процессы / Под ред. А.М. Кутелова. М.: Логос. 2002.- 600 с.
4. Д.А. Кривошейн, П.П. Кукин, В.Л. Лапин и др. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков. Учебное пособие. М. Высшая школа. 2003-344с.

РЕГУЛИРУЕМЫЙ ВИНТОВОЙ ГИДРОЦИКЛОН

Мингазетдинов И.Х.¹, кандидат технических наук, доцент;
Казакхмедов С.Н.², обучающийся

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

²МБОУ «Лицей №145» (г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Рассматривается конструктивная схема гидроциклона с винтовым закручивающим каналом, с возможностью регулирования проходного сечения канала при изменении расхода очищаемой воды. Приводятся теоретические соотношения для выбора конструктивных параметров устройства.

Ключевые слова: центробежная очистка, фактор разделения, виды течения, регулирование.

ADJUSTABLE SCREW HYDROCYCLONE

Mingazetdinov Id.Kh.¹, candidate of technical sciences, associate professor,
Kazakhmedov S.N.², the student

¹Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev
(Kazan, Russian Federation)

²Municipal budgetary general education institution "Lyceum 145"

Annotation: A design scheme of a hydrocyclone with a screw twisting channel is considered, with the possibility of regulating the passage section of the channel when the flow rate of the treated water changes. Theoretical relations for the choice of design parameters of the device are given.

Keywords: centrifugal cleaning, separation factor, types of flow, regulation.

Очистка загрязненных промышленных сточных вод от загрязняющих веществ является важной экологической задачей.

Решение этой задачи осуществляется в разработке систем очистки, состоящей из нескольких этапов и методов очистки (механические, физико-химические, химические, биологические и др.). В любой системе очистки на первых этапах наиболее широкое применение находит очистка от взвешенных веществ в поле действия центробежных сил. Используются напорные гидроциклоны с тангенсальным подводом исходной воды, которые могут применяться как один из этапов системы очистки, так и в виде самостоятельного устройства в некоторых технологических процессах для оборотного водоснабжения (например, строительной индустрии).

В работе [1] приведены характеристики различных гидроциклонов, определяющим показателем которых является производительность $G[\text{м}^3/4]$, в зависимости от которой выбирается типоразмер, с диаметром $D_{\text{ц}}$ корпуса [мм].

Привязка размера гидроциклона Дц к производительности очистки G определяется двумя факторами, действующими взаимно противоположно. С одной стороны, если для конкретного типа размера гидроциклона Дц поступает вода больше запланированной производительности, то это будет выгодно с точки зрения эффективности очистки, т.к. центробежная сила возрастает, исходя соотношения [1]

$$F_{цс} = \frac{m_{ч} * v^2}{r} \quad (1)$$

где $F_{цс}$ - центробежная сила, $m_{ч}$ - масса частицы взвешенного вещества, v - скорость потока в циклоне, $r = D/2$ - радиус вращения потока.

При фиксированном значении r с увеличением скорости потока v эффективность сепарации загрязняющих веществ возрастает в степени v^2 . Однако, при возрастании скорости потока, существенно возрастают потери полного давления внутри аппарата (путевые потери), определяемые по формуле Дарси [2]

$$\Delta P = \frac{\lambda * l * \rho * v^2}{2 * D} \quad (2)$$

где ΔP - потери напора, D - диаметр, λ - коэффициент потерь, l - длина тракта, ρ - плотность жидкости.

При больших скоростях течение жидкости в аппарате будет турбулентным коэффициентом потерь определяется по формуле Жене́ро [3]

$$\lambda = 0,16 / Re^{0,16} \quad (3)$$

$$Re = \frac{\rho * v * d}{\mu} \quad (4)$$

где μ - динамический коэффициент вязкости.

Критерий Ренольда характеризует режим течения жидкости, и при больших числах ($Re > 2300$) поток является турбулентным, при котором действует квадратичный закон сопротивления:

$$\Delta P \sim v^2 \quad (5)$$

Исходя из этого, использование конкретного гидроциклона при расходах, больше проектного, приводит к значительным энергетическим и экономическим затратам.

Если использовать гидроциклон при расходах, меньше практических значений, то по соотношению [1] центробежная сила будет меньше, и эффективность очистки будет существенно снижаться.

В реальных условиях производства объем загрязненных сточных вод, исходя из технологических задач, может изменяться в определенных пределах, поэтому разработка регулируемого гидроциклона представляется актуальной. Важно отметить, что необходимо регулировать величину центробежной силы $F_{цс}$, а не скорость поступления воды в аппарат. Скорость воды во входном тангенциальном патрубке можно регулировать, просто дросселировать вентилем на воде. В этом случае будут изменяться местные потери на внезапные

расширения, а скорость в соотношении [1] будет меньше номинального значения. Для решения этой задачи и рационального регулирования процесса очистки в гидроциклоне при различных расходах очищаемой воды, разработан винтовой гидроциклон.

Устройство представляет собой цилиндро-конический, в верхней части которого расположен винтовой канал. Над винтовым каналом имеется напорная камера с патрубком тангенциального подвода исходной воды. Внутри корпуса находится подвижный поршень, расположенный коаксиально корпусу, на котором выполнены винтовые каналы расположенные в зоне винтовых каналов корпуса. Каналы на поршне с тем же шагом и направлением, что и на корпусе и образующие единый винтовой канал. Винтовой поршень расположен на вертикальной полой отводной трубе, которая имеет механизм перемещения по вертикали в виде реечной или червячной передачи.

На отводной трубе, ниже винтового поршня расположен винтовой шнек, совпадающий с направлением винтового канала поршня. Винтовой шнек выполнен с переменным наружным диаметром витков, с убыванием от верхнего витка к нижнему. На нижнем срезе отводной трубы расположен отражатель.

Корпус гидроциклона в нижней части имеет коническое днище, в центре которого расположен патрубок отвода шлама. Диаметр проходного сечения патрубка отвода регулируется упругой манжетой, в полости которой находится жидкая среда (масло). Изменяя давление в полости манжеты от гидроцилиндра можно регулировать диаметр проходного сечения, в зависимости от исходной концентрации загрязняющих веществ в очищаемой воде.

До начала эксплуатации конкретного винтового гидроциклона, необходимо опытным путем определить гидравлические характеристики установки при различных расходах и начальных концентрациях загрязнителей в воде. По опытным данным строится номограмма (рис 1).

Здесь N - положение регулируемого поршня по предварительно градуированной шкале, в диапазоне практических значений, при различных исходных концентрациях загрязнителей C_1, C_2, C_3 . Одновременно с установлением положения винтового поршня N_i , используя гидроцилиндр, устанавливается необходимое гидравлическое давление внутри манжеты патрубка отвода шлама, таким образом, чтобы объем удаляемого шлама составлял 3%-5% от исходного расхода очищаемой воды. После исходной настройки аппарата приступают к процессу очистки. Исходная загрязненная вода поступает в напорную камеру через тангенциальный патрубок, закручивается и закрученный поток воды поступает в винтовое пространство, образованное каналами корпуса и поршня. Протекая по винтовому тракту жидкость приобретает необходимое вращение, обеспечивая Фц.б. по формуле (1). Закрученный поток истекает из винтового канала и попадает в пространство корпуса, где движется между лопостями винтового шнека, сохраняя вращательное движение. Именно между лопостями шнека происходит сепарация взвешенных веществ и воды. Взвешенные компоненты отбрасываются к стенке корпуса и сгущаясь, сползают вниз. Толщина слоя пристеночного шлама увеличивается, однако уменьшение

наружных диаметров витков шнека не нарушает целостности пристеночного шлама. Далее, шлам через отрегулированную манжету, удаляется из аппарата, а очищенная вода, по центральному отводному патрубку поступает в следующую ступень очистки, или, при оборотной системе, возвращается в повторный технологический цикл.

$H[\text{мм}]$

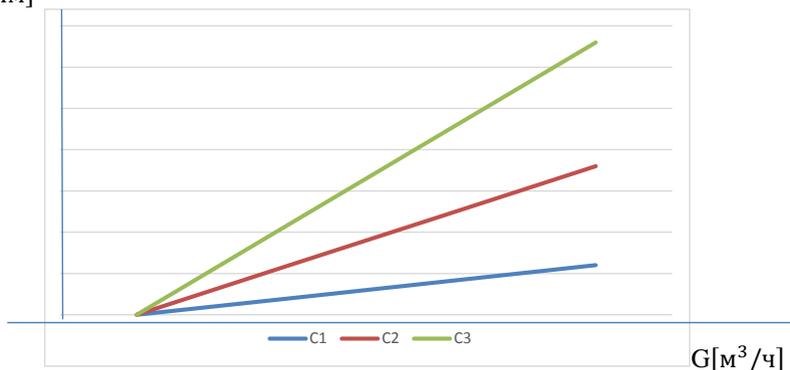


Рис. 1. Зависимость положения регулируемого поршня от исходных данных очищаемой воды

Таким образом, разработанное устройство центробежной очистки позволяют использовать аппарат для широкого диапазона расходов очищаемой воды, обеспечивая необходимое качество очистки.

Литература:

1. Тимонин А. С. Инженерно-экологический справочник. Т.2., Издательство Н. Бочкаревой 2003. 884с.
2. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии. Учебник. Под ред. В. Г. Айнштейна. М; Логос; Высшая школа, 2003. Кн 1912 с.
3. Чефанов В. М. Расчет гидравлических систем. Учебн. пособие. Казань, «Экоцентр», 2009. 72с.
4. Регулируемый гидроциклон. Мингазетдинов И.Х., Лисин Р.А., Казахмедов С.Н. Заявка на патент РФ. Приоритетная справка №2020142273 от 21.12.2020.

ФЛОТАЦИОННАЯ УСТАНОВКА С САМОРЕГУЛИРОВАНИЕМ

Мингазетдинов И.Х.¹, кандидат технических наук, доцент;
Нуртдинов К.Р.², обучающийся

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

²МБОУ «Лицей №145»

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Приводится конструктивная схема флотационной установки с саморегулированием при колебаниях уровня воды за счет наличия поплавочной системы, что позволяет повысить качество очищаемой воды.

Ключевые слова: очистка воды, загрязнитель, флотация, удаление пены.

FLOTATION PLANT WITH SELF-REGULATING

Mingazetdinov Id.Kh.¹, candidate of technical sciences, associate Professor,
Nyrtdinov K.R.², the student

¹Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev
(Kazan, Russian Federation)

²Municipal budgetary general education institution "Lyceum 145"

Annotation: A constructive scheme of a flotation plant with self-regulation in case of fluctuations in the water level due to the presence of a float system is given, which allows improving the quality of the treated water.

Keywords: water purification, pollutant, flotation, foam removal.

В практике очистки сточных вод от промышленных загрязнений широко применяется метод флотации. Диапазон использования процесса флотации для очистки загрязненных сточных вод достаточно широк. Флотация используется для очистки от поверхностно – активных веществ (ПАВ), масел, смазочно – охлаждающих жидкостей (СОЖ), нефтепродуктов, волокнистых материалов, а так же взвешенные твердые материалы, с размерами $10^{-1} / 10^{-2}$ МКМ, очистка которых методами центробежного разделения не эффективна. Эффект флотации основан на образовании комплексов «пузырек – загрязнитель» за счет гидрофобности поверхности загрязняющего вещества. Основные характеристики процесса флотации, определяющие ее эффективность, это коэффициент поверхностного натяжения, краевой угол смачивания, и размеры флотационных пузырьков. В практике использования метода флотации существует несколько разновидностей, в зависимости от способа образований пузырьков в исходной воде (вакуумная, напорная, химическая и др.). Наиболее часто используется механическая флотация с подачей воздуха под избыточным давлением через барбетальные устройства в виде дырчатых труб, пористых пластин, форсунок. В работах Тимонина, Лапина приведены различные конструктивные схемы флотационных установок. Во всех приведенных схемах отмечается жесткая

привязка размера бака для флотации, уровня жидкости бака для флотации, уровня жидкости в баке и устройства для удаления флотационной пены с поверхности воды механическим транспортером. В реальных производственных условиях расход воды, требующей очистки, может меняться, в зависимости от технологических потребностей. В подобных случаях для повышения качества очистки и рационального удаления флотационной пены требуется конструктивная доработка устройства.

Разработана флотационная установка с саморегулированием, позволяющая осуществить качественную очистку с удалением флотационной пены, при изменении расхода очищаемой воды (см. Рисунок 1).

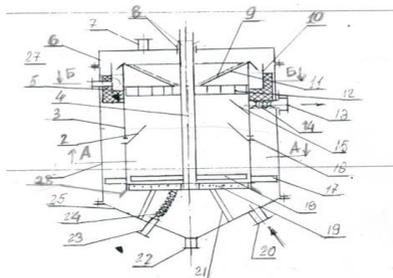


Рис. 1. Саморегулируемая флотационная установка

Исходная загрязненная вода поступает в устройство через патрубок 10 в днище 3 и начинает заполнять как внутреннее пространство бака 4, так и пространство между стенками корпуса 1 и бака 4. Для выравнивания гидростатического давления, в стенках плавучего бака 4 имеются отверстия, снабженные наклонными защитными отражателями, исключающими попадание флотационных пузырьков в межстеночное пространство. Одновременно с подачей воды через патрубок 10 начинается работа флотатора 6 и начинает вращаться вал 5 от внешнего привода. Выделяющиеся из отверстий флотатора, пузырьки воздуха начинают подниматься вверх, приобретая от вращающихся лопастей 11 и радиальное вращение, что обеспечивает наиболее полный контакт пузырьков с загрязняющими веществами. Образующиеся комплексы «пузырек – загрязнитель» поднимаются в верхнюю часть плавучего бака 4 и весь флотошлам поступает в зону вращения спирального транспортера 7. Лопасти спирального транспортера 7 собирают флотошлам к центральной области. В центре этот собранный флотошлам попадает в конический стакан 8 с винтообразными к верхней кромке конического стакана. Далее этот шлам попадает в кольцевой пеносборник, откуда удаляется через специальный патрубок. Очищенная вода отводится через патрубок, расположенный непосредственно перед спиральным транспортером 7, который также оборудован наклонным защитным козырьком, исключающим попадания пены в отводную магистраль. Проектные решения и выбор конструктивных размеров устройства определяется основными исходными данными, которыми являются производительность загрязненных сточных вод, требующих очистки,

причем, исходя из особенностей основного технологического процесса, устанавливается возможный диапазон колебаний расхода.

Диаметр пузырьков определяется размерами отверстий и давлением подачи воздуха. Обычно, принимают размеры отверстий 4 – 20 мм и давление воздуха 0,1 – 0,2 МПа.

Обеспечение плавучести вычисляется исходя из закона Архимеда. Проектируя все конструктивные элементы бака 4 и его составляющих, выбор материала, определение общего веса конструкции, которая должна плавать.

вес погружения определяется с учетом глубины погружения, которая должна обеспечивать нахождение спирального транспортера на поверхности воды, заполняющей внутренний объем плавучего бака. В этом случае будет гарантированный сбор и удаление пеношлама с поверхности воды.

Таким образом, использование разработанной флотационной установки в системах водоочистки на производстве, позволит рационально и качественно очищать загрязненные сточные воды в широком диапазоне изменения расходов.

Литература:

1. Колесников В.А., Меньшутина Н.В. Анализ, проектирование технологий и оборудования для очистки сточных вод. М.: ДеЛи принт, 2005. 266 с.

2. Тимонин А. С. Инженерно-экологический справочник. Т.2., Издательство Н. Бочкаревой 2003. 884с.

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

4. Саморегулируемая флотационная установка И.Х. Мингазетдинов, Р.А. Лисин, К.Р. Нуртдинов. Заявка на патент №2020142272 от 21.12.2020.

УДК 628.2(07)

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, ультра-

звук, 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
(Kazan, Russian Federation)

²Municipal budgetary general education institution "Lyceum 145"

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

Keywords: waste water, pollutants, purification, regeneration, ultrasound, level regulator.

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 методов, содержит систему биологической очистки (аэротенки, биофильтры). Каждая схема имеет свои достоинства и недостатки. Для совершенствования методов физико-химической очистки. Разработано устройство [2], которое может найти применение в обеих схемах очистки сточных вод (см. рисунок 1). 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. 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.

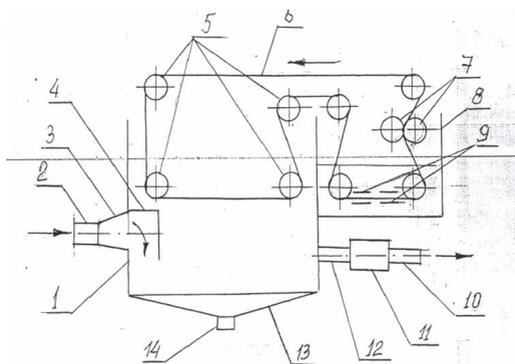


Рис. 1. Устройство для очистки сточных вод от масел, нефти, нефтепродуктов

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 $Q_{\text{исх}}$ [м³/час] и начальная концентрация загрязняющих веществ $Q_{\text{нач}}$ [мг/м³]). 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.

На основе полученной кривой сорбции зная τ_1 можно выбрать скорость протяжки ленты в зоне поглощения:

$$\dot{U}_л = L/\tau_1 \quad (1)$$

где $\dot{U}_л$ [мм/с] – скорость протяжки ленты, L [мм] – расстояние между роликами в зоне поглощения, τ_1 – 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 ис-

пользование 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, Издательство Н.Бочкаревой 2003. 884с.
2. Устройство для очистки сточных вод от масел, нефти, нефтепродуктов. Мингазетдинов И.Х., Лисин Р.А., Конохова С.Д. Заявка на патент РФ Приоритетная справка № 2020142452 от 21.12.2020.
3. Физические основы ультразвуковой технологии. Под ред. Л.Д. Розенберга. Изд. «Наука». Москва, 1970, 688с.
4. «Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков. Уч. пособие Д.А. Кривошеин, П.П. Лапин и др. М. Высшая школа, 2003г., 344с.

УДК 579.695; 546.85; 502.55; 661.63

АДАПТАЦИИ АСПЕРГИЛЛА К БЕЛОМУ ФОСФОРУ

Миндубаев А.З.¹, кандидат химических наук, с.н.с., доцент,
Бабынин Э.В.², кандидат биологических наук, доцент,
Караева Ю.В.¹, кандидат технических наук, в.н.с.

¹Институт энергетики и перспективных технологий
ФИЦ Казанского научного центра РАН

²Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова

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

Аннотация: Проведенные в представленной работе микроскопические и протеомные исследования показали, что имеют место несколько механизмов устойчивости штаммов *Aspergillus niger* AM1 и AM2 к токсичному веществу белому фосфору. В ответ на воздействие токсиканта наблюдается рост толщины клеточной стенки. Помимо этого, белый фосфор вызывает общую активацию метаболизма, сопровождающуюся ростом числа митохондрий в клетках. Показано, что белый фосфор мало влияет на соотношение живых и мертвых клеток в колониях грибов, т.е. устойчивость к нему очень высока.

Ключевые слова: биodeградация, белый фосфор, электронная микроскопия, протеомный анализ, *Aspergillus niger*.

ASPERGILL ADAPTATIONS TO WHITE PHOSPHORUS

Mindubaev A.Z.¹, Ph.D. in Chemistry, S.R., associate professor

Babynin E.V.², Ph.D. in Biology, associate professor

Karaeva J.V.¹, Ph.D. in Technology, L.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.

³Kazan (Volga Region) Federal University

(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The microscopic and proteomic studies carried out in the present work have shown that some resistance mechanisms of strains of *Aspergillus niger* AM1 and AM2 to a white phosphorus toxic substance take place. In such a case, an increase in cell wall thickness is observed in response to exposure to the toxicant. In addition, white phosphorus causes a general activation of metabolism, accompanied by an increase in the number of mitochondria in the cells. It was shown that white phosphorus has little effect on the ratio of living and dead cells in the colonies of fungi, i.e. resistance to it is very high.

Keywords: biodegradation, white phosphorus, confocal microscopy, electron microscopy, proteomic analysis, *Aspergillus niger*.

Главное преимущество биодegradации по сравнению с существующими альтернативными методами обезвреживания заключается в том, что в окружающую среду не вносятся новые химические загрязнители. Тем не менее, объект нашего исследования белый фосфор имеет настолько высокую токсичность для любых форм жизни [1-4], что для его биодegradации требуются особые защитные механизмы. Их поиску посвящено данное исследование.

Визуализация и исследование клеточных структур наших аспергиллов осуществлялись с помощью лазерного конфокального микроскопа Carl Zeiss LSM 780 (Германия). Для определения жизнеспособности грибных гиф в контрольном и опытном образцах двух штаммов нами использовался коммерческий набор витальных красителей LIVE/DEAD®BacLight™ (Thermo Fisher Scientific, США). Суспензии были окрашены смесью красителей пропидиум йодид и SYTO 9, флуоресцирующих при разных длинах волн. Для этих красителей длины возбуждения и эмиссии 480/500 nm (SYTO 9) и 490/635 nm (пропидиум йодид). В результате жизнеспособные гифы окрашиваются в зеленый цвет, а мертвые – в красный. Желтое окрашивание мицелия демонстрирует начальные стадии повреждений мицелия гриба. Также были получены результаты, свидетельствующие о наличии грибных спор на снимках контрольного и опытного образцов обоих штаммов. Интенсивность флуоресценции оценивалась при помощи программы ZEN 3.0 (ZEN lite), разработанной Carl Zeiss, позволяющей вести на фотографиях подсчет пикселей интересующих цветов. Пробный вариант исследования образцов без окрашивания красителями не дал результатов, так как образцы не обладают свойствами автофлуоресценции.

Конфокальная микроскопия показала, что белый фосфор в исследуемой концентрации (0.2 %) оказывает на смертность мицелия гриба незначительное влияние. С ее помощью мы стремились определить влияние белого фосфора на жизнеспособность клеток *Aspergillus*. Можно было предполагать, что в присутствии этого токсичного вещества пропорциональное количество мертвых клеток должно быть выше по сравнению с контролем. Было установлено, что соотношение живых и отмерших клеток грибов мало зависит от присутствия белого фосфора в среде. То есть, как в отсутствии, так и в присутствии P₄ у обоих исследуемых штаммов *A. niger* живые клетки преобладают над погибшими (табл. 1). Таким образом, белый фосфор в концентрации 0.2% оказывает незначитель-

ное влияние на выживаемость мицелия аспергилла, что является поразительным результатом [5].

Таблица 1

Соотношение живых и мертвых тканей у исследуемых культур аспергиллов в контроле и опыте, выраженное через интенсивность красной и зеленой флуоресценции. Отображает влияние белого фосфора в концентрации 0.2% на гибель клеток

| Штамм | Контроль (среда с фосфатом) | | Опыт (среда с белым фосфором) | |
|-------|--|--|--|--|
| | Интенсивность красной флуоресценции (условные единицы) | Интенсивность зеленой флуоресценции (условные единицы) | Интенсивность красной флуоресценции (условные единицы) | Интенсивность зеленой флуоресценции (условные единицы) |
| AM1 | 17.620 | 27.493 | 24.707 | 34.022 |
| AM2 | 24.172 | 26.980 | 26.855 | 27.589 |

При воздействии белого фосфора наблюдается изменение электронной плотности и толщины клеточной стенки. Также значительно увеличивается число митохондрий в клетках гиф [6]. Кроме, того, на поверхности клеточной стенки появляется дополнительный волокнистый слой, состоящий из протеогликанов – поверхность гифов становится ворсистой, чего не наблюдается в контроле. Данные признаки наверняка связаны с защитой от внешних воздействий – клеточная стенка служит барьером, а митохондрии осуществляют энергетический обмен, поддерживают метаболическую активность.

Исследования протеома, описанные в работе [6], продемонстрировали четкие различия белкового профиля при росте аспергилла в отсутствие и в присутствии белого фосфора. Белковый профиль в свою очередь определяется экспрессией генов, следовательно, есть основания говорить об ответе на загрязнение белым фосфором на этом уровне.

Работа была выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия инновациям, проект № 39113 (заявка № С1-34299). Просвечивающая электронная микроскопия проводилась на базе Междисциплинарного центра «Аналитическая микроскопия» КФУ. Масс-спектрометрические исследования проведены в ЦКП-САЦ ФИЦ КазНЦ РАН.

Литература:

1. Миндубаев, А.З. Биодegradация аллотропных модификаций фосфора / А.З. Миндубаев, Е.К. Бадеева, Э.В. Бабынин // Сборник трудов Международной научной конференции (школа молодых ученых) «Химия и инженерная экология» - XX. - Казань, 28-30 сентября 2020 г. С.64-67.

2. Миндубаев, А.З. Биологическая деградация желтого (белого) фосфора - вещества первого класса опасности /А.З. Миндубаев, Э.В. Бабынин, Е.К. Бадеева, С.Т. Минзанова, Л.Г. Миронова, Й.А. Акосах // Журнал неорганической химии. - 2021. - Т.66. - №8. - С.1137-1142.

3. Mindubaev, A.Z. Biological Degradation of Yellow (White) Phosphorus, a Compound of First Class Hazard / A.Z. Mindubaev, E.V. Babynin, E.K. Bedeeva, S.T. Minzanova, L.G. Mironova, Y.A. Akosah // Russian Journal of Inorganic Chemistry. – 2021. - Vol.66. - No.8. - P. 1239-1244.

4. Mindubaev, A. White phosphorus genotoxicity / A. Mindubaev, E. Babynin, S. Minzanova, E. Badeeva, Y. Akosah // Bio web of conference. - 2021. - Vol.31. - No.00018. - P.1-3.

5. Миндубаев, А.З. Влияние белого фосфора на жизнеспособность *Aspergillus niger* AM1 и AM2. Происхождение данных штаммов / А.З. Миндубаев, Э.В. Бабынин, А.Г. Даминова, Е.К. Бадеева, Е.В. Горбачук, И.С. Низамов, С.Т. Минзанова, Л.Г. Миронова, Й.А. Акосах // Бутлеровские сообщения. - 2021. - Т. 65. - №3. – С. 25-48.

6. Миндубаев, А.З. Влияние белого фосфора на клеточную морфологию и белковый профиль штаммов гриба *Aspergillus niger* / А.З. Миндубаев, С.В. Федосимова, Т.В. Григорьева, В.А. Романова, В.М. Бабаев, Д.Н. Бузорова, Э.В. Бабынин, Е.К. Бадеева, С.Т. Минзанова, Л.Г. Миронова, Й.А. Акосах, Ю.В. Караева // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. - 2021. - Т.11. -№1. - С. 69-79.

УДК 628.5:621.311.22

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИЯХ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Николаева Л.А., доктор технических наук, профессор;

Адзигитова А.А., аспирант

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Показана возможность использования органических отходов в качестве вторичного энергетического ресурса для котла-утилизатора с дальнейшим использованием полученной золы для адсорбции ионов тяжелых металлов.

Ключевые слова: сточные воды, органические отходы, сорбционный материал, ионы тяжёлых металлов

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

Nikolaeva L.A., doctor of technical sciences, professor;

Adzhigitova A.A., the student

Kazan State Power-Engineering University

(Kazan, Russian Federation)

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, sorption material, heavy metal ions.

Деятельность многих промышленных предприятий часто приводит к загрязнению окружающей среды сточными водами, содержащими в своём составе вредные вещества, оказывающие довольно серьёзное негативное воздействие на здоровье человека и состояние биосферы в целом [2].

Важной экологической проблемой является загрязнение поверхностных вод ионами тяжелых металлов, токсическое воздействие которых на живые организмы приводит к нарушению протекания ферментативных реакций [1].

Одним из распространённых способов очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов являются сорбционные и ионообменные методы. В связи с этим возрастает необходимость получения наиболее дешёвых сорбентов с улучшенными физико-химическими и эксплуатационными характеристиками. [2].

Особый интерес представляют сорбенты, изготовленные из вторсырья. Такие материалы могут решить комплексную проблему очистки воды и утилизации отходов.

Некоторые исследования последних десяти лет показали, что содержащиеся в продуктах растительного происхождения (злаках, овощах, фруктах, ягодах, водорослях, мхах, грибах, древесных опилках, коре деревьев, пшеничных отрубях, льняном волокне и др.) пищевые волокна, как нерастворимые (целлюлоза, хитин), так и растворимые (пектины, инулин), способны эффективно связывать ионы тяжелых металлов [2]. Данное обстоятельство побуждает к разработке сорбционных методов очистки водных сред различной природы с применением полисахаридных биополимеров.

Сегодня большое количество отходов органического происхождения образуется не только на стадии производства, но и на стадии реализации пищевых продуктов. На рынках, в магазинах, компаниях по доставке продуктов питания ежемесячно образуются тонны отходов из продуктов, потерявших потребительские свойства. Такие отходы, как правило, вывозятся на свалки и полигоны что, естественно, сопровождается как экологическим ухудшением окружающей среды, так и существенными экономическими потерями от упущенных возможностей переработки вторичных материальных ресурсов, извлекаемых из отходов [3].

Экологическая опасность вызвана неконтролируемыми аэробными и анаэробными процессами при биологическом разложении органических веществ, сопровождаемом выделением в окружающую среду токсичных соединений и парниковых газов. [4].

Дилерская компания ООО «ИнтерФрут» специализируется на доставке продуктов питания в столовые, кафе, рестораны и другие предприятия общепита. Это, как правило, продукты, которые используются в приготовлении пищи для посетителей. 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.

Полученные органические отходы предложено использовать в качестве вторичного энергетического ресурса для котла-утилизатора ДКВр-10-13, работающего на твердых отходах Елабужской ТЭЦ.

Характеристики расчета котла-утилизатора и токсичность образовавшейся золы приведены ниже:

| | |
|--|-------------------|
| Влажность топлива, % | 3 |
| Объем теоретически необходимого воздуха для сжигания 1 кг органических отходов, м ³ /кг | 3,67 |
| Действительный расход воздуха на 1 кг органических отходов, м ³ /кг | 4,037 |
| Массовый расход воздуха, кг/кг | 4,74 |
| Теоретический объем продуктов сгорания, м ³ /кг | 4,27 |
| Объем дымовых газов, выбрасываемых в атмосферу, м ³ | 1,32 |
| Выбросы твердых частиц в дымовых газах, т/год (г/с) | 24,44 (77,5) |
| Выброс оксидов углерода, т/год (г/с) | 424,51 (1346,11) |
| Валовый выброс оксидов азота в пересчете на диоксид азота, т/год (г/с) | 21,44 (67,99) |
| Валовый выброс оксидов серы в пересчете на диоксид серы, т/год (г/с) | 2049,11 (6497,69) |
| КПД брутто котла, % | 84,1 |
| Общий расход топлива, кг/с | 0,341 |
| Расчетный расход топлива с учетом потери тепла от механической неполноты горения, кг/с | 0,321 |
| Степень опасности золы для окружающей среды (класс опасности IV) | 93,59 |

Химический состав золы, полученной после сжигания в котле-утилизаторе, представлен на рис 1.

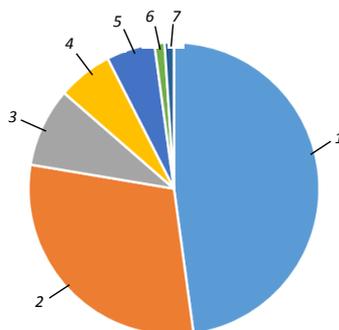


Рис. 1. Химический состав золы органических отходов, %:
 1 – CaO – 47,85; 2 – SiO₂ – 29,78; 3 – MgO – 8,73; 4 – Al₂O₃ – 6,10; 5 – Fe₂O₃ – 5,38; 6 – TiO₂ – 1,12; 7 – SO₃ – 1,04

Для оценки адсорбционной способности золы по отношению к катионам меди проведены исследования на модельных растворах CuSO₄×5H₂O концентрацией 100 мг/дм³. Исследования адсорбции ионов меди велись в статическом режиме. Оценка адсорбционной способности сорбента по отношению к растворенным ионам меди осуществлялась с помощью изотермы адсорбции (рис. 2). Выпуклая форма изотермы относится к I типу по классификации Брунауэра, Демина и Теллера, соответствует изотерме Ленгмюра L-типа.

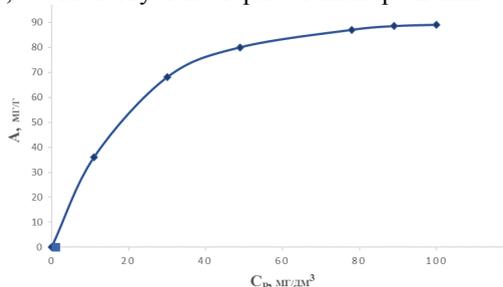


Рис. 2. Изотерма адсорбции ионов Cu²⁺ золой органических отходов

Для производственных процессов большое значение имеет изучение адсорбции ионов тяжелых металлов в динамических условиях. По сравнению с адсорбцией в статических условиях адсорбция в динамических условиях имеет технологические, эксплуатационные и экономические преимущества. Адсорбция в динамических условиях позволяет более полно использовать емкость сорбента. Процесс адсорбции ионов меди исследован на фракции золы размером 0,5...2,5 мм на лабораторной установке, которая представляет собой фильтровальную стеклянную колонку диаметром 25 мм. Концентрация ионов меди в модельном растворе равна 50 мг/дм³ и является средней на входе в адсорбционный фильтр. Высота слоя загрузки – 20 см, масса – 58 г, скорость фильтрации – 3,3 м/ч.

Проскок ионов меди фиксируется при концентрации 1 мг/дм³.

В ходе эксперимента определены динамическая обменная емкость ДОЕ = 145,3 мг/г (объем пропущенной воды – 170 дм³) и полная обменная емкость ПОЕ = 284,9 мг/г (объем пропущенной воды – 315 дм³) по отношению к катионам меди.

Таким образом, показана необходимость исследований органических отходов в качестве вторичного энергетического ресурса для котла-утилизатора с дальнейшим использованием полученной золы в качестве адсорбента ионов тяжелых металлов.

Определены химический состав и технологические характеристики органической биомассы, характеристики расчета котла и токсичность образовавшейся золы. Получен 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.

Существующая схема очистки сточных вод не позволяет производить снижение концентрации тяжелых металлов до норм ПДС, поэтому применение адсорбции, основанной на использовании золы органических отходов в качестве сорбционного материала на этапе доочистки, 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. Митракова Т.Н. Применение материалов естественного происхождения для сорбционной очистки сточных вод от ионов меди (II). Дис. ... кандидата технических наук: 03.02.08 / Митракова Татьяна Николаевна; [Место защиты: Рос. гос. ун-т нефти и газа им. И.М. Губкина] – Москва – 2017 - 126 с.

2. Петухова Ю.Н., Ильина С.И., Фурсенко А.В., Носырев М.А. Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов с помощью сорбентов // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ) – 2019 - №7(64) - С. 51–54.

3. Соломин И.А. Организация системы управления муниципальными органическими отходами // Природообустройство – 2019 - №2 - С. 60-64.

4. Сопова М.Н., Воздействие несанкционированных свалок на компоненты окружающей среды (на примере г. Абакана) // Наука без границ – 2019 - №12 (40) - С. 107-110.

УДК 628.316

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ОТХОДАМИ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР

Николаева Е.С., обучающийся,
Степанова С.В., кандидат технических наук.
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет»
(г. Казань, Российская Федерация).

Аннотация: Очистка сточных вод предприятий отходами сельхоз переработки. Снижение концентрации ионов металлов модифицированными сорбционными материалами.

Ключевые слова: сточные воды, ионы металлов, оболочки злаковых культур, адсорбция.

WASTEWATER TREATMENT OF PETROCHEMICAL ENTERPRISES WITH WASTE FROM PROCESSING OF CEREALS

Nikolaeva E.S., the student,
Stepanova S.V., candidate of chemical sciences, associate professor
Kazan National Research Technological University
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: Wastewater treatment of enterprises with agricultural processing waste. Reduction of metal ion concentration by modified sorption materials.

Keywords: waste water, metal ions, shells of cereal crops, adsorption.

Одной из самых прибыльных сфер экономики РФ является нефтеперерабатывающая отрасль. По данным за 2020 год доходность от данной отрасли составила порядка 37-40 % от общей прибыли. Однако, в наше время существует зеленый договор. Он гарантирует снижение негативного воздействия на окружающую среду (ОС) до 2030 года, далее предприятия не соблюдающие нормы допустимых значений будут обязаны оплачивать штрафы и налоги.

Нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) относят к промышленным предприятиям с большим потреблением воды. В наше время, нефтеперерабатывающие предприятия используют для производственных процессов сотни миллионов кубических метров воды в год в системах оборотного водоснабжения. Вместе с оборотной воды на заводе для различных производственных целей используют техническую воду. Также в состав сточных вод можно включить расход воды на противопожарные нужды и на хозяйственно - питьевое водопотребление предприятия и жилого комплекса при нем [1].

Количество и качество потребляемой воды, а также химический и физический состав сточных вод, образующихся в процессе нефтепереработки, зависят от ее состава и глубины ее переработки, от номенклатуры выпускаемой продукции, температуры воды и степени ее подготовки. Вода на предприятии

используется главным образом как хладагент при охлаждении нефтепродуктов, для обессоливания нефти, промывки топлива после защелачивания, приготовления щелочных растворов и на другие технологические цели [2].

Для большинства предприятий, занимающихся экспортом продукции связанной с переработкой нефти и нефтепродуктов, характерно содержание большого количества ионов металлов и органических соединений в составе сточных вод.

На сегодня очень актуальным является удешевление процесса очистки промышленных сточных вод за счет внедрения эффективных адсорбционных материалов на основе отходов переработки растительного сырья. При использовании последних решается двойная экологическая задача – перевод отходов в разряд вторичных материальных ресурсов и их применение в качестве реагентов для очистки сточных и природных вод. К методам для очистки сточных вод можно отнести:

- механический – все виды промышленных фильтров, задерживающее взвеси, сор, песчинки, окалину и ржавчину. Отстойники, сетчатые фильтры грубой очистки, щелевые фильтры, картриджи из намотанного полипропилена, вспененного полипропилена, гофрированные картриджи и еще ряд оборудования относят к механическим фильтрам;

- ионный обмен – очистка от солей жесткости, тяжелых металлов в слое ионообменной смолы;

- адсорбция – фильтрация, удаляющая запахи и улучшающая органолептические показатели воды. Эти фильтры обычно угольные, однако есть и искусственными сорбентами.

- аэрация – колонны аэрационные с помощью нагнетенного компрессором воздуха удаляют сероводород и подготавливают к осаждению железо, марганец, органику;

- обратный осмос – промышленные установки высокой производительности, в состав которых входят мембранные элементы;

- обеззараживание воды – предназначены для обеззараживания воды ультрафиолетовым излучением. Погибают вирусы, бактерии, водоросли, грибки. Требуется предварительная очистка от железа, сероводорода, марганца, взвешенных веществ.

Один из самых экономически выгодных и эффективных методов – адсорбция.

Для очистки сточных вод, применялись модифицированные плодовые оболочки злаковых культур (МПОЗК). Модификация проводилась следующим образом: бралось 30 г образца, 400 мл 1 % раствора серной кислоты, содержимое перемешивалось при температуре 20 °С в течение одного часа, отфильтровывалось, промывалось дистиллированной водой, высушивалось до постоянной массы [3, 4].

Показано, что при проведении очистки сточных вод нефтехимического производства в динамических условиях:

- 1) МПОЗК ячменя происходит снижение концентрации ионов алюминия

на 66,26 %, фосфат-ионов на 13,4 %, ионов хрома на 51,6 %, ионов железа на 70,3 %, ионов меди на 35,6 %, сульфид-ионов на 33,3 %, взвешенных веществ на 35,5 %, ХПК на 20,17 %, нефтепродуктов на 70 %;

2) МПОЗК овса происходит снижение концентрации ионов меди на 95,15 %, ионов алюминия на 22 %, фосфат-ионов на 4,87 %, ионов хрома на 51,6 %, ионов железа на 33,3 %, сульфидов на 33,3 %, взвешенных веществ на 26,3 %, ХПК на 13,4 %, нефтепродуктов на 62,72%;

3) МПОЗК пшеницы происходит снижение концентрации ионов алюминия на 46,1 %, фосфат-ионов на 12,9 %, ионов хрома на 50 %, ионов железа на 46,6 %, ионов меди на 7,8 %, сульфидов на 33,3 %, взвешенных веществ на 9,2 %, ХПК на 20,17 %, нефтепродуктов на 80,9 %;

В ходе исследования показано снижение мутности исследуемой сточной воды, концентрации крупно- и среднedisперсных примесей, интенсивности запаха.

Исходя из полученных данных, можно рекомендовать данный материал для очистки СВ в динамических условиях на нефтехимическом предприятии.

Литература:

1. Николаева Е.С., Степанова С.В. Очистка сточных вод нефтехимических Производств с использованием Модифицированных отходов злаковых культур // Безопасность, защита и охрана окружающей природной среды: фундаментальные и прикладные Сб. докладов – 2020. – С. 218-221.

2. Степанова С.В. Очистка вод от ионов меди сточными водами производства целлюлозы из отходов злаковых культур / С.В. Степанова // Вестник технологического университета. Т.20. № 19. – 2017. – С. 142-145.

3. Очистка фенолосодержащих сточных вод нативными и модифицированными адсорбционными материалами на основе отходов сельскохозяйственного и промышленного производства URL: <http://www.kstu.ru/servlet/contentblob?id=172450> (дата обращения: 29.09.2021). – Текст: электронный.

4. Степанова, С. В. Отходы переработки зерновых культур в качестве сорбционных материалов ионов никеля / С. В. Степанова, И. Г. Шайхiev // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17. – № 1. – С. 181-183.

НАПОРНЫЙ ФИЛЬТР ДВУХСТОРОННЕГО ДЕЙСТВИЯ С РЕГЕНЕРАЦИЕЙ

Осипова И.В., обучающаяся

Мингазетдинов И.Х., кандидат технических наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Приводится схема устройства напорного фильтра двухстороннего действия с непрерывной регенерацией, представляющее собой блок из двух корпусов с внутренними тканевыми фильтроэлементами. Корпуса фильтроэлементов связаны гидравлически и работают в противофазе, управление которыми производится через логический блок.

Ключевые слова: сточные воды, загрязнения, тканевый фильтр, логический блок.

DOUBLE-ACTING PRESSURE FILTER WITH REGENERATION

Osipova I.V., the student

Mingazetdinov Id.K., candidate of technical sciences, associate Professor,
Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: A diagram of a double-acting pressure filter device with continuous regeneration is given, which is a block of two housings with internal fabric filter elements. The housings of the filter elements are hydraulically connected and operate in antiphase, which are controlled through a logic block.

Keywords: waste water, pollution, fabric filter, logic block.

Очистка сточных вод машиностроительных предприятий от загрязняющих веществ представляет важную экологическую и техническую задачу. Одним из путей решения этой задачи является создание систем оборотного водоснабжения, исключаящего слив сточных вод в водоемы. Для решения этой задачи, разработана схема напорного фильтра двухстороннего действия с регенерацией. Напорный фильтр представляет собой блок из двух корпусов, внутри которых установлены тканевые фильтроэлементы, на наружной стороне которых находятся стержни, нити или волоски, вертикально к поверхности ткани (см. рисунок 1). Корпуса каждого блока имеют патрубки и тканевые фильтроэлементы имеют в днищах патрубки. Все патрубки корпусов и фильтроэлементов соединены гидравлически через двухпозиционный клапан с баком подачи исходной загрязненной воды и с баком отстойником промывной жидкости. Регулирование положением двухпозиционного и, соответственно направлением потоков воды на очистку, или на промывку фильтроэлементов осуществляется блоком управления. Блок управления состоит из двух гидроцилиндров, соеди-

ненных штоками, между которыми находится зубчатая рейка, соединенная кинематически с зубчатым колесом, меняющим позицию двухпозиционного клапана, в зависимости от положения гидроцилиндров.

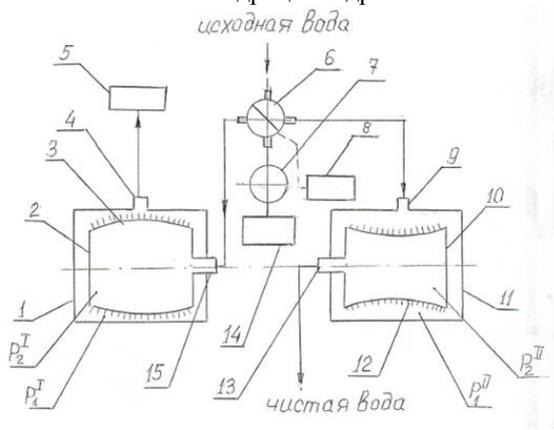


Рис. 1. Напорный фильтр двухстороннего действия с непрерывной регенерацией:

1,11- корпуса; 2,10 – днище фильтроэлементов; 12 - фильтровальные ткани; 4,9 – патрубки корпуса; 5 – бак-отстойник; 6 – двухпозиционный клапан; 7 – насос промывной системы; 8 – блок управления; 13, 15 – патрубки фильтра; 14 – бак промывной жидкости

Внутри корпусов и внутри фильтроэлементов установлены датчики давления, регистрирующие перепад давления на фильтровальной ткани. Анализ информационных сигналов с датчиков поступает в логический элемент «или», откуда сигнал поступает на электромагнитный затвор, далее приводится в действие гидронасос, изменяющий положение поршней гидроцилиндров и кинематическая пара «рейка - зубчатое колесо» изменяет положение двухпозиционного клапана. В соответствии с этим положением, один из блоков устройства работает в режиме очистки, а другой блок работает в режиме промывки. В логическом элементе «или» непрерывно происходит оценка и сравнение данных с датчиков давлений в каждом фильтре, по следующей схеме:

$$\left. \begin{aligned} \Delta P^I &= P_1^I - P_2^{II} \\ \Delta P^{II} &= P_1^{II} - P_2^{II} \leq \Delta P_{кр} \end{aligned} \right\}$$

где ΔP^I и ΔP^{II} – перепад давлений на фильтровальной ткани в каждом фильтре; P_1^I и P_1^{II} – давление внутри фильтровальной ткани каждого фильтра; P_2^I и P_2^{II} – давление внутри каждого корпуса, после фильтровальной ткани.

Предварительно, исходя из вида, особенностей и концентрации загрязняющих веществ и технических требований качества очистки воды, устанавливаются величину критического перепада $\Delta P_{кр}$ и соответственно настраивают логический элемент. После этого, начинается процесс очистки. Включается насос и загрязненная вода поступает в один из корпусов, перед тканевым фильтроэле-

ментом. Вода профильтровывается через ткань и удаляется потребителю. По мере эксплуатации фильтровальная ткань начинает забиваться загрязняющими веществами и ее гидравлическое сопротивление возрастает. Вследствие этого, давление в пространстве за тканью уменьшается и перепад давления на профильной ткани возрастает и при достижении $\Delta P \leq \Delta P_{кр}$ срабатывает логический элемент, подается сигнал на электромагнитный затвор, приводится в действие гидронасос и изменяется положение поршней в такое положение, что поворот зубчатого колеса изменяет положение двухпозиционного клапана. Вследствие этого, направление потока загрязненной воды изменяется, она подается в другой корпус, а в первый корпус начинает поступать регенерирующая жидкость внутрь фильтроэлемента и в противотоке очищает поры ткани. Регенерирующая жидкость поступает в бак-отстойник. После этого, при достижении во втором корпусе перепада давлений $\Delta P \leq \Delta P_{кр}$ весь цикл очистки повторяется. Таким образом, процесс очистки загрязненных сточных вод происходит непрерывно, без остановок на регенерацию фильтроэлементов и производительность процесса существенно возрастает, при достижении необходимой качественной очистки.

Литература:

1. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков. Учебное пособие Д. А. Кривошеин, П. П. Кукин.
2. Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник. Т.2. – Калуга. Изд. Н. Бочкаревой. 2003 – 884с.
3. Напорный фильтр с регенерацией. Патент на полезную модель №197395, бюл. №12 от 23.04.2020

УДК 504.064.36

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПО СНИЖЕНИЮ КОНЦЕНТРАЦИЙ ДИОКСИНОВ В ВЫБРОСАХ

Платонова М.С., аспирант

Гоголь Э.В., кандидат химических наук, доцент

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

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Улавливание полихлорированных/ полибромированных дибензодиоксинов и дибензофуранов основано на их фиксации на сорбирующем материале, фильтрацией и ферментном разложении. Проведён анализ методов по улавливанию диоксинов в выбросах.

Ключевые слова: Адсорбция, селективное каталитическое восстановление, фильтрация, диоксины, загрязнение атмосферного воздуха.

ANALYSIS OF METHODS TO REDUCE THE CONCENTRATION OF DIOXINS IN EMISSIONS

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: The capture of polychlorinated / polybrominated dibenzodioxins and dibenzofurans based on their fixation on the sorbent material, filtration and enzymatic decomposition. The methods of analysis has been carried out for capturing dioxins in emissions.

Keywords: Adsorption, selective catalytic reduction, filtration, dioxins, air pollution.

Диоксины – высокотоксичные соединения, период полураспада в окружающей среде которых около 10 лет. В виду их канцерогенного воздействия на биологические организмы, необходимо исключение данных соединений из выбросов предприятий. Рассматриваемые методы: адсорбция,

Адсорбция ПХДД/ПХДФ с инъекцией активированного угля (АУ). Адсорбция ПХДД/ПХДФ происходит в газовом потоке на слое реагента. На поверхности активированного угля частично протекает каталитическая деструкция ПХДД/ПХДФ [1]. АУ впрыскивается однокомпонентно или в комбинации с известью или бикарбонатом натрия (щелочным реагентом).

Оптимальным и максимально эффективными являются адсорберы, углеродсодержащий материал угольной засыпкой с редкоземельными металлами или драгоценными металлами в роли катализатора. Данный вид адсорбента имеет разветвленную структуру и встроенные в неё катализаторы. Наибольший эффект будет достигаться при повышенных температурах, как следствие, дополнительного подогрева при очистке выбросов термической утилизации от диоксинов и компонентов летучей золы не требуется.

Нано-графит является одним из типов материала в нано-масштабе и содержит шестиатомные кольца с sp^2 гибридизацией атомов углерода в качестве основных единиц, который является слоистым материалом. Соответствующие исследования показали, что π - π взаимодействия, образованные графитовыми листами и соединениями с бензольными кольцами, играют важную роль в процессе адсорбции.

Диоксин, одно из органических соединений, который содержит π -электроны, которые могут взаимодействовать с π -электронами бензольного кольца графитовых листов посредством π - π взаимодействия. π - π взаимодействия между π -электронно-богатыми кольцами ПХДД/Ф и π -электронно-обедненными областями поверхности графитовых листов являются механизмом удаления ПХДД/Ф.

Три основных фактора адсорбента влияющих на эффективности удаления: объем мезопор (более высокий объем мезопор увеличивает адсорбционную способность ПХДД/Ф и облегчает внутреннюю диффузию молекул

ПХДД/Ф; размер пор (размер пор 2-20 нм критический фактор для емкости адсорбцией ПХДД/Ф, размер пор графита должен быть больше 2 нм; объем микropopop и удельная площадь поверхности, а также площадь поверхности ставки должны быть больше, чем 500 м²/г.

Цеосилы принадлежат к классу микропористых твердых веществ и применяются в ряде промышленных процессов сорбции и разделения. Класс твердых тел цеолитного типа с каркасом из чистого диоксида кремния, так называемые цеосилы. Их каркас создается структурно-направленным синтезом с использованием органических или металлоорганических соединений в качестве структурно-направляющих агентов. Следовательно, их структура регулярна, а их поровые системы четко определены. Их статические диаметры пор были выбраны так, чтобы они попадали в размерный режим ширины молекул диоксида.

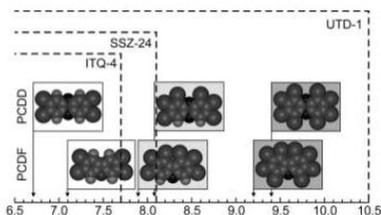


Рис. 1. Сравнение соответствующего диаметра пор цеосилов ITQ-4, SSZ-24 и UTD-1 с шириной выбранных молекул ПХДД и ПХДФ (см. Текст). Верхний ряд: 2,3,7,8-TCDD, 1,2,3,7,8,9-HxCDD и OCDD; нижний ряд: 2,3,7,8-TCDF, 1,2,3,7,8,9-HxCDF и OCDF.

Расчеты моделирования были выполнены на рабочих станциях Silicon Graphics Octane и Silicon Graphics O2. Результаты расчетов были получены с использованием программного обеспечения от Accelrys. Все ПХДД/Ф группы с малым размером молекул должны адсорбироваться на ITQ-4, тогда как более крупные должны пройти эту стадию сорбционного эксперимента. Три- и тетрахлорированные дибензо-п-диоксины и дибензофураны этой группы адсорбируются практически полностью.

Цеосилы, очень дороги, в основном из-за ценных структурно-управляющих агентов, используемых в их синтезе. Это исключает их применение в качестве крупномасштабных сорбентов в технических процессах. Однако наиболее интересным приложением будет оперативный мониторинг концентрации диоксинов. Эта цель до сих пор оказалась труднодостижимой. Бейн и др. [2] показали, что можно закрепить небольшие кристаллиты цеолита на кварцевых микровесах (QMB), и, таким образом, подготовили сенсорные устройства, которые реагируют с селективностью цеолита на очень маломассовые сигналы, преобразуя их в электрические. Три таких QMB, снабженные кристаллами ZEO-4, SSZ-24 и UTD-1, соответственно, подвергнутые действию потока газа, содержащего диоксин, могут дать данные для полуколичественного онлайн-анализа ПХДД / Ф. Разветвляя поток газа на три потока для трех QMB, ITQ-4-QMB даст количество небольших молекул диоксида, SSZ-24-QMB сум-

мирует концентрации малых и средних PCDD / F, а UTD-1- QMB будет записывать общее содержание диоксина [3].

Селективное каталитическое восстановление при деструкции диоксинов. Фильтр представляет собой иглопробивной войлок, сделанный из волокон ePTFE (политетрафторэтилен), содержащий катализатор, разрушающий диоксины. Каталитический войлок разрушает газообразный ПХДД/Ф при низких температурах (180°C-260°C) посредством каталитической реакции. Молекулы ПХДД/Ф диффундируют на поверхности катализатора и реагируют с образованием незначительных количеств CO₂, H₂O и HCl.

В фильтрах также используется микропористая мембрана из ePTFE (политетрафторэтилен) для контроля твердых частиц, которая приклеена к каталитическому войлочному субстрату. Мембрана, улавливает субмикронные частицы, не позволяя частицам проникать или проходить через каталитическую войлочную подложку. Мембрана сорбирует твёрдофазные частицы ПХДД/Ф, а газообразные ПХДД/Ф проходят через мембрану в каталитический войлок.

Эксперименты по оценке работы каталитических фильтров представлены на рисунке 2. Эффективность удаления ПХДД/Ф составляет 98,4% на основе ТЭ.

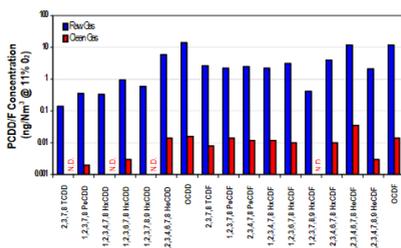


Рис. 2. Концентрации ПХДД/Ф в неочищенном и чистом газе для всех токсичных изомеров

Общая эффективность удаления ПХДД/Ф составляет 98,4%. Количество газофазных ПХДД/Ф, разрушенных каталитическими фильтрами, составляет 1,73 нг ТЭ / нм³ при 11% O₂ или 97,7%. 99,9% твердой фазы ПХДД/Ф удаляется каталитическими фильтрами. Концентрации ПХДД / Ф в чистом газе составляют <0,1 нг ТЭ / нм³ при 11% O₂ и более чем на один порядок величины ниже, чем нормативы выбросов и исторические значения.

Ферментативное разложение диоксинов мультиферментными комплексами, синтез которых, обеспечивается рядом факторов: биохимические особенности, комбинация ферментов, медиаторов, и сопутствующих соединений. Ферментативное разложение осуществляется двумя способами ферментативно и опосредованно ферментативно.

Окисление фенольных ароматических соединений осуществляется полифункциональной пероксидазой. (катализатор реакции окисления соединений перекисью водорода, у аэробных грибов были выявлены цитохром-с-пероксидазы).

Механизм монооксигеназных реакций: 1) активация кислорода, с образо-

ванием реакционноспособной частицы FeO^{+3} ; 2) отщепление атома водорода или не связывающий π -электрон реакционноспособной частицей; 3) рекомбинация радикалов.

Ферментная система тесно связана с эндоплазматической мембраной ретикула (содержатся в некоторых типах эукариотических клеток) и на ядерной мембране. Диоксины являются липофильными, как следствие лучшим субстратом, относительно полярных соединений. Исследование метаболизма полихлор/бромированных дибензо-*p*-диоксинов и дибензофуранов отражает то, что приоритетно они метаболизируются до гидроксильированных производных [4, 5].

Литература:

1. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 9-2020 НДТ Утилизация и обезвреживание отходов термическими способами/ Москва. – Бюро НДТ. – 2020 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

http://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=1500&etkstructure_id=1872

2. T. Bein Synthesis and application of molecular sieve layers and membranes \pm / Chem. Mater. 1996, 8, 1636–1653 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1021/cm960148a>

3. S. Mintova, N.H.Olson, V. Valtchev, T. Bein Mechanism of zeolite a nanocrystal growth from colloids at room temperature, Science, 1999, 283 (5404): 958-60 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: doi: 10.1126 /science. 283.5404.958.

4. R. Joger, A.M. Schneider, P. Behrens, B. Henkelmann, K.-W. Schramm, D. Lenoir Selective Adsorption of Polychlorinated Dibenzo-*p*-dioxins and Dibenzofurans by the Zeosils UTD-1, SSZ-24, and ITQ-4/ Chemistry A European Journal, 2003 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1002/chem.200305474>

5. Z. Xu, H. Sun, X. Li, E. Motoda A new solution for destruction of PCDD/Fs by a catalytic filter system at waste incinerators, 2019 4th International Conference on Advances in Energy and Environment Research (ICAEEER 2019), V. 118, Art.№ 04046, 2019 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911804046>

УДК 504.054

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ТОЧКИ РИСКА ФОРМИРОВАНИЯ ДИОКСИНОВ, КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕРМИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ

Платонова М.С., аспирант

Гоголь Э.В., кандидат химических наук, доцент

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

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: В работе определены основные проблемные зоны формирования диоксинов при термической утилизации и предложены пути снижения их концентраций в окружающей среде путем моделирования системы термической утилизации отходов.

Ключевые слова: золошлаковые отходы, летучая зола, диоксины, вторичное сырье, остекловывание.

POTENTIAL RISK POINTS OF DIOXIN FORMATION AS A WAY TO INCREASE THE EFFICIENCY OF THERMAL WASTE DISPOSAL

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: This work identifies the main problem areas for the formation of dioxins during thermal utilization and suggests ways to reduce their concentrations in the environment by modeling a thermal waste utilization system.

Keywords: Ash and slag waste, fly ash, dioxins, secondary raw materials, vitrification.

Основными экологическими решениями являются: сортировка отходов с целью максимального сохранения вторсырья и задания оптимального режима термической обработки; устройство системы очистки; обращение с образовавшейся твёрдой фракцией отходов – летучая зола и зольный остаток. Причинами формирования диоксинов могут являться: наличие галогенпроизводных соединений и полимеров в первичном сырье для термической утилизации, процесс термической обработки. Факторы, которые подвергаются корректировке с точки зрения влияния концентраций диоксинов на окружающую среду – это сортировка отходов, режимы термической утилизации, система очистки отходящих газов, обращение с золошлаковыми отходами.

Материальный баланс любого технологического процесса или части его составляется на основании закона сохранения веса (массы) вещества:

$$\Sigma M_{\text{исх}} = \Sigma M_{\text{кон}} \quad (1)$$

где $\Sigma M_{\text{исх}}$ – сумма весов (масс) исходных продуктов процесса;

ΣМкон – сумма весов (масс) конечных продуктов процесса в тех же единицах измерения.

Таблица 1

Расчёт теплоты сгорания твердых коммунальных отходов

| Отход | % | Масса, 10 ⁶ ·кг (т) | Теплота сгорания за год, МДж/кг | Количество выделившейся теплоты за год, 10 ¹² ·Дж | Энергия, Вт |
|---|-------|--------------------------------|---------------------------------|--|-------------|
| Пищевые отходы | 0,25 | 137,5 | 18,2 | 2 493,4 | 89658396,3 |
| Бумага | 0,184 | 101,2 | 16,9 | 1 710,28 | 61498741,5 |
| Полимерные материалы | 0,306 | 168,3 | 27,4 | 4 611,42 | 165818770,2 |
| Древесина | 0,04 | 22 | 20,3 | 446,6 | 16058971,6 |
| Текстиль | 0,033 | 18,15 | 22,6 | 410,19 | 14749730,3 |
| Прочее (включая смет с территории, кожу, резину, кости, стекло, металл) | 0,187 | 102,85 | 20,1 | 2 067,285 | 74336030,2 |
| Итого | 100 | 550 | 125,5 | 11 739,175 | 422120640,0 |

Мощность термической обработки с образованием 28-35% летучей золы тонн ТКО в год от общего числа отходов:

$$422,12 \text{ МВт/год} : 7725 \text{ часов/год} = 54,645 \text{ кВт/час}$$

Расчёт проводился без учета сортировки. Добавление сортировки может повлечь за собой снижение объёмов ТКО до 10% максимум.

КПД = электрическая мощность на выходе/ мощность при термической обработке ТКО = $55/422,12 \cdot 100\% = 13,029\%$.

Золошлаковые отходы составляют 33,38% от утилизируемой массы ТКО (зольные остатки 32,58% и зольный остаток шлакоудаления 0,8%).

Процент содержания летучей золы от общей массы исходного количества ТКО составляет 2,96%. В ФККО отход идентифицируется как «Отходы при сжигании твердых коммунальных отходов, отходы потребления на производстве, подобных коммунальным» (летучая зола)» (747110 00 00 0) 3 класса опасности.

После термической утилизации золошлаковые отходы направляются на складирование и дальнейшую транспортировку. С последующей передачей и переработкой в инертные строительные материалы по технологии Carbon8 System (C8S) / ООО «Институт ВНИИЖелезобетон».

В соответствии с ГОСТ 55836-2013 основными направлениями обработки твёрдых остатков являются остекловывание, плавление, спекание.

- 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;

- плавление твердых остатков подобно их остекловыванию, но стадия охлаждения контролируется, чтобы кристаллизация расплава осуществлялась в максимально возможной степени. Это приводит к образованию многофазного материала. Можно также добавлять специальные присадки для облегчения кристаллизации вещества;

- 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 [1]. Анализ способов обработки твёрдых отходов представлен в таблице 2.

Таблица 2

Технологии [2] обработки золошлаковых отходов при термической утилизации

| Наименование | Процесс | Преимущества | Недостатки |
|---|--|--|--|
| Цементирование | Смешение с минеральными/ гидравлическими вяжущими веществами. Реакция с образованием гидроксидов/ карбонатов металлов. | Снижение контакта между водой и отходами; образование менее растворимых гидроксидов/ карбонатов Me; выщелачивание амфотерных металлов. | Распад цементированных отходов за счёт вымывания растворимых солей; увеличение объёма обрабатываемых в дальнейшем отходов цемента. |
| Остекловывание и плавление | Электрическая плавка, мобилизация металлов в процессе обработки. | Стабильность к выщелачиванию, разрушение органически загрязнителей диоксинов и фуранов. | Дополнительное удаление солей и металлов; высокое потребление энергии; дополнительная система очистки газов. |
| Экстрагирование кислотой | Экстрагирование тяжёлых металлов, солей мокрой системой газоочистки | Удаление тяжёлых металлов из отходов | Захоронение обработанного остатка на полигоне. Переработка фильтра на металлургических предприятиях. |
| Обработка в системе газоочистки с бикарбонатом натрия | Растворение отходов, пресс-фильтр с образованием соленого раствора и фильтр-пресной лепёшки. | Низкие эксплуатационные расходы. | Захоронение фильтр-пресной лепёшки на полигонах; инвестиционные затраты. |

Наилучшими доступными технологиями обработки золошлаковых отходов, являются: извлечение металлов; просеивание и измельчение; обработка посредством выдерживания; использование систем сухой обработки; использование систем мокрой обработки; термическая обработка; отделение золошлаковых отходов от отходов газоочистки.

При расчётах выбросов загрязняющих веществ предприятия по термиче-

ско́й утилиза́ции твёрдых коммунальных отходов используются модули на основе климатических данных [2], источников загрязнения и их характеристикам, производственном процессе.

Литература:

1. Гинзбург Д.Б. Газификация твердого топлива. – М.: Госстройздат, 1958. – 87 с.

2. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 9-2020 НДТ Утилизация и обезвреживание отходов термическими способами/ Москва. – Бюро НДТ. – 2020 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

http://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=1500&etkstructure_id=1872

3. Gullet, B. Chlorated Dioxin and Furan Formation, Control and Monitoring/ B. Gullet, R.Seeker// – 2002. – Авг/ [Электронный ресурс]: URL: <http://www.Eq.state.ut.us/EQAIR/PERMITS/wes/Reseach97.pdf>.

УДК 628.5

ВЫБОР ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ЗОЛОУЛОВИТЕЛЯ НА ПРИМЕРЕ ВТОРОЙ ОЧЕРЕДИ ДУШАНБИНСКОЙ ТЭЦ-2

Тагоев С.А., кандидат технических наук, доцент
Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими
(г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация: Работа посвящена выбору электростатического золоуловителя (электрофильтра) для очистки отходящих газов Душанбинской ТЭЦ-2 от золы. Приведены результаты расчета часового расхода угля, объемного расхода дымовых газов, концентрация золы до и после очистных сооружений. Произведено выбор электростатического фильтра для очистки отходящих газов от золы.

Ключевые слова: часовой расход угля, объем дымовых газов, концентрация золы, электростатический золоуловитель.

THE CHOICE OF AN ELECTROSTATIC ASH COLLECTOR BY EXAMPLE THE SECOND STAGE OF THE DUSHANBE THERMAL POWER PLANT - 2

Tagoev S.A., candidate of technical sciences, associate professor
Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi
(Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Annotation: The paper is devoted to the selection of an electrostatic ash collector (electrofilter) for cleaning the exhaust gases of the Dushanbe Thermal Power Plant - 2 from ash. The results of calculation of hourly coal consumption, volume flue gas consumption, ash concentration before and after treatment facilities are presented. The choice of an electrostatic filter for cleaning waste gases from ash was made.

Keywords: hourly coal consumption, flue gas volume, ash concentration, electrostatic ash collector.

Душанбинская ТЭЦ-2, проектированная китайской компанией [ТВЕА](#), сдана в эксплуатацию - первая очередь в 2014 году, электрической мощностью 100 МВт, вторая очередь - в 2016 году, электрической мощностью 300 МВт. Суммарная мощность теплоэлектроцентрали составляет 400 МВт электроэнергии и 167 Гкал/час тепловой энергии. Душанбинская ТЭЦ-2 в отопительный сезон (ноябрь-апрель) обеспечивает более 80% потребности города Душанбе в электроэнергии, ежедневно производя 8 млн. кВт/ч или 14% от общего объема, производимой в стране электроэнергии.

Душанбинская ТЭЦ-2 работает на угле, добываемых предприятиями республики в местных месторождениях. Одной из важных экологических проблем при производстве электроэнергии и тепла на ДТЭЦ-2 является унос частиц золы отходящими газами.

Для расчета и выбора очистных сооружений отходящих газов ДТЭЦ-2 от золы необходимо выполнить следующие задачи:

- определить часовой расход угля;
- определить объем дымовых газов, поступающих в очистные сооружения;
- определить концентрацию золы в дымовых газах, поступающих в очистные сооружения;
- произвести расчет и выбор электростатического золоуловителя;
- определить концентрацию золы в дымовых газах, после очистных сооружений.

Айнинский каменный уголь, как твердое горючее вещество (полезное ископаемое) растительного происхождения, представляет собой плотную и каменистую породу черного, иногда серо-черного цвета с блестящей, полуматовой или матовой поверхностью.

Химический состав, теплотворность и выход летучих веществ применяемого угля представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Состав рабочей массы применяемого угля на ДТЭЦ-2

| Состав | Углерод C^p , % масс. | Водород H^p , % масс. | Сера S^p , % масс. | Влажность W^p , % масс. | Зольность A^p , % масс. | Азот N^p , % масс. | Другие элементы O^p , % масс. |
|----------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------|--|
| Значение | 43,36 | 3,68 | 1,13 | 8,4 | 27,54 | 1,5 | 14,39 |

Таблица 2

Теплотворность и выход летучих веществ применяемого угля

| Свойство | Низшая теплота сгорания $Q_{н}^p$, МДж/кг (ккал/кг) | Выход летучих веществ $V_{л}^t$, % масс. |
|----------|---|--|
| Значение | 16,8 (4000) | 27,4 |

Часовой расход топлива определяем по формуле [1]:

$$B_{\text{ч}} = \frac{D(i_0 - i_{\text{пв}})}{Q_{\text{н}}^{\text{п}} \eta_{\text{бр}}}, \quad \frac{\text{т}}{\text{ч}}$$

где: D – номинальная производительность котлов энергоблока мощностью 300 МВт (2 котла мощностью по 150 МВт или 560 т/ч пара каждой), $D=1120$ т/ч; i_0 – энтальпия перегретого пара, при температуре $t_{\text{пн}} = 540^\circ\text{C}$ и давлении $P_{\text{пн}} = 90$ ат (8,8 МПа) $i_0 = 3490$ кДж/кг = 833 ккал/кг; $i_{\text{пв}}$ – энтальпия питательной воды, при температуре $t_{\text{пв}} = 253^\circ\text{C}$ $i_{\text{пв}} = ct_{\text{пв}} = 1100$ кДж/кг = 263 ккал/кг; $Q_{\text{н}}^{\text{п}}$ – низшая удельная теплота сгорания рабочей массы сжигаемого угля, $Q_{\text{н}}^{\text{п}} = 16,8$ МДж/кг = 4000 ккал/кг; $\eta_{\text{бр}}$ – КПД котлоагрегата, принимаем $\eta_{\text{бр}} = 0,8$.

$$B_{\text{ч}} = \frac{1120(3490 - 1100)}{16800 \cdot 0,8} = 199,2 \frac{\text{т}}{\text{ч}} = 4780 \frac{\text{т}}{\text{сут}} = 55,3 \text{ кг/с.}$$

Теоретическое количество уходящих газов при сжигании 1 кг угля [1]:

$$V_{\text{г}}^0 = (0,6\alpha_{\text{т}} + 1,11) \frac{Q_{\text{н}}^{\text{п}} + 6W^{\text{п}}}{1000} + 0,012W^{\text{п}}, \quad \frac{\text{т}}{\text{ч}}$$

где: $\alpha_{\text{т}}$ – коэффициент избытки воздуха в топке, для угля принимаем $\alpha_{\text{т}} = 1,25$; $W^{\text{п}}$ – содержание влаги в рабочей массы угля, $W^{\text{п}} = 8,4\%$ (табл. 1).

$$V_{\text{г}}^0 = (0,6 \cdot 1,2 + 1,11) \frac{4000 + 6 \cdot 8,4}{1000} + 0,012 \cdot 8,4 = 7,5 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$$

Расход дымовых газов, поступающий в очистные сооружения:

$$V = V_{\text{г}}^0 B_{\text{с}} = 7,5 \cdot 55,3 = 415 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Выбираем скорость дымовых газов $u = 1,2$ м/с, число параллельных корпусов $z = 2$. По расходу и скорости газов определяем необходимое расчетное сечение корпуса электростатического золоуловителя:

$$F_{\text{р}} = \frac{V}{zu} = \frac{415}{2 \cdot 1,2} = 173 \text{ м}^2.$$

По каталогу выбираем электрофильтр типа ЭГА. Расчетному сечению соответствуют электрофильтры ЭГА 2-56-12-6-3 и ЭГА 2-56-12-6-4. Выбираем типоразмер ЭГА 2-56-12-6-4 (электрофильтр горизонтальный, модификации А, двухсекционный, с 56 газовыми с 56 газовыми проходами, высотой электродов 12 м, с шестью элементами в осадительном электроде при четырех последовательно установленных полях). Техническая характеристика данного электрофильтра приведена в табл. 3.

Таблица 3

Техническая характеристика электрофильтра ЭГА 2-56-12-6-4

| Площадь активного сечения w , м | Активная длина поля $L_{\text{п}}$, м | Общая площадь осаждения A , м ² | Габаритные размеры, м | | | Масса, т |
|-----------------------------------|--|--|-----------------------|-----------------------|--------|----------|
| | | | Длина | Ширина (по осям опор) | Высота | |
| 181,7 | 3,84 | 21000 | 22,74 | 17,6 | 19,9 | 544,4 |

Фактическая скорость газов в выбранном электрофильтре:

$$u_{\phi} = \frac{V}{zF} = \frac{415}{2 \cdot 181,7} = 1,142 \text{ м/с.}$$

Расход летучей золы, поступающей в золоуловитель, определяем по формуле [1]:

$$M_{з \text{ вх}} = 0,01 B_{\text{ч}} \alpha_{\text{ун}} \left(A^{\text{p}} + q_4 \frac{Q_{\text{н}}^{\text{p}}}{32,7} \right), \quad \frac{\text{кг}}{\text{ч}},$$

где: $B_{\text{ч}}$ - часовой расход угля, кг/с, $B_{\text{ч}} = 199,2 \text{ т/ч} = 55,3 \text{ кг/с}$; $\alpha_{\text{ун}}$ - доля золы в недожоге и уносе, при камерном сжигании угля $\alpha_{\text{ун}} = 0,95$; A^{p} - зольность топлива на рабочую массу угля, $A^{\text{p}} = 27,54\%$ (табл. 1); q_4 - потери тепла с механическим недожогом, принимаем $q_4 = 2,5\%$; $Q_{\text{н}}^{\text{p}}$ - низшая удельная теплота сгорания рабочей массы сжигаемого угля, $Q_{\text{н}}^{\text{p}} = 16,8 \text{ МДж/кг}$; $32,7$ - средняя теплота сгорания горючих в уносе, МДж/кг.

$$M_{з \text{ вх}} = 0,01 \cdot 55,3 \cdot 0,95 \left(27,54 + 2,5 \frac{16,8}{32,7} \right) = 15,14 \frac{\text{кг}}{\text{ч}} = 0,0042 \frac{\text{кг}}{\text{с}} = 4,2 \frac{\text{г}}{\text{с}}.$$

Количество летучей золы, выбрасываемой в дымовую трубу за электрофильтром [1]:

$$M_{з \text{ вых}} = M_{з \text{ вх}} \frac{100 - \eta_{\text{зy}}}{100}, \quad \frac{\text{кг}}{\text{ч}},$$

где $\eta_{\text{зy}}$ - КПД золоуловителя, для электрофильтра.

При КПД электрофильтра $\eta_{\text{зy}} = 98\%$ получим:

$$M_{з \text{ вых}} = 4,2 \frac{100 - 98}{100} = 0,084 \frac{\text{г}}{\text{с}} = 84 \frac{\text{мг}}{\text{с}},$$

Концентрация летучей золы в дымовых газах, поступающих в атмосферу:

$$C_{з} = \frac{M_{з \text{ вых}}}{V} = \frac{84}{415} = 0,2 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}.$$

Предельно-допустимая концентрация золы $C_{\text{ПДК}} = 0,5 \text{ мг/м}^3$. Таким образом, концентрация летучей золы в дымовых газах, поступающих в атмосферу, при очистке электростатическим золоуловителем не превышает ПДК летучей золы в атмосферном воздухе.

Литература:

1. Тремясов В.А. Проектирование технологической части тепловых электростанций. Учеб. пособие. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2003. 107 с.

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА И ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ СОРБЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ОТХОДА ВОДООЧИСТКИ

Шумкова И.Н.¹, соискатель;

Шайхиев И.Г.¹, доктор технических наук, доцент,

Свергузова С.В.², доктор технических наук, профессор

¹ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

(г. Казань, Российская Федерация)

²ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»

(г. Белгород, Российская Федерация)

Аннотация: Рассмотрено изменение элементного состав отхода водоочистки при его химической обработке гидроксидом натрия и серной кислотой. Определено, что способность сорбционного материала на основе отхода водоочистки поглощать влагу снижается при его химической обработке

Ключевые слова: отход водоочистки, водопоглощение, термическая модификация, щелочная и кислотная обработки, водопоглощение.

COMPOSITION AND WATER ABSORPTION OF WATER TREATMENT WASTE AFTER CHEMICAL MODIFICATION

Shumkova I.N.¹, applicant;

Shaikhiev I.G.¹, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,

Sverguzova S.V.², Doctor of Technical Sciences, Professor

Kazan National Research Technological University

(Kazan, Russian Federation)

Belgorod State Technological University

(Belgorod, Russian Federation)

Annotation: Change in the elemental composition of water treatment waste after chemical treatment with sodium hydroxide and sulfuric acids is considered. It is determined that the ability of sorption material based on waste of water treatment to absorb water decreases after its chemical treatment.

Ключевые слова: water treatment waste, water absorption, thermal modification, alkaline and acid treatment.

Активное вмешательство человека в окружающую среду оказывает негативное воздействие на состояние воздуха, почвы, природных ресурсов.

Урбанизация, увеличение числа промышленных предприятий и рост мощностей уже функционирующих заводов, развитие техники и технологии требуют решения существующих экологических проблем и принятия мер по предотвращению ухудшения состояния окружающей среды.

В настоящее время в области экологии образовалось немало проблем,

одной из которых является обращение с отходами. В настоящее время Россия является лидером среди европейских стран по депонированию твердых отходов: 90 % образующихся отходов в нашей стране подвергается захоронению, то время как в Нидерландах и Швейцарии этот показатель не более 1% [1].

Одним из наиболее многотоннажных отходов, которые образуются повсеместно, является шлам от подготовки питьевой воды. С увеличением роста народонаселения, интенсивной урбанизации, во всем мире возрастает потребность в питьевой воде, вследствие чего возрастает количество отходов водочистки, превышающее 10 000 т в сутки [2].

В настоящей работе изучался водоочистки, далее нативный сорбционный материал (НСМ), образованный в результате деятельности станции очистки воды г. Нижнекамск (Республика Татарстан), содержащий (по результатам проведенного рентгенофазового анализа) кварц гауллазит, кальцит, сепиолит, каолинит и анортит [3].

По результатам анализа элементного состава образца отхода водоочистки, элементы, содержащиеся в образце, можно условно разделить на 3 группы: элементы, содержащиеся в количестве от 10,2 до 61,5% - O, C, Al; элементы, содержащиеся в количестве от 4,3 до 0,8% - это Si, Fe, Ca; элементы, содержащиеся в количестве от 0,5 до 0,06 % - это S, P, Mg, Mn, K, Cl, Na, Ti. (таб. 1) [3].

Отход водоочистки может быть использован в качестве адсорбента нефтепродуктов при условии снижения его способности поглощать влагу, в связи с чем рассматриваются способы его модификации. Одним из наиболее распространённых способов обработки сорбционных материалов является термический обжиг и их обработка химическими реагентами (кислотой или щелочью).

Термическая модификация НСМ проводилась путем его нагрева в муфельной печи при температуре 550°C в течение 1 часа. В дальнейшем определялась способность модифицированного образца поглощать влагу. Для этого в чашку Петри наливалась вода и помещалась латунная сеточка. Затем насыпался 1 г НСМ. Через определенные промежутки времени после начала опыта сеточка извлекалась вместе с сорбентом, насыщенным влагой. После стекания избыточного количества воды образец взвешивался на весах и значение водопоглощения.

По результатам определения водопоглощения НСМ и ТСМ (термически модифицированный сорбционный материал) определено, что термическая обработка увеличивает способность исследуемого отхода поглощать влагу, о чем свидетельствует изменение значений от 1,85 г/г (НСМ) до 2,05 г/г (ТСМ).

С целью проведения химической обработки НСМ и ТСМ в плоскодонные колбы помещалось по 100 г адсорбционного материала фракцией 0,6-1,0 мм и смешивалось со 150 см³ 5% растворами серной кислоты или гидроксида натрия. После тщательного перемешивания в течение 15 минут при комнатной температуре модифицированный адсорбент промывался дистиллированной водой до достижения нейтрального значения рН, а затем просушивался в сушильном шкафу при температуре 105-110 °С в течение 8 часов. В дальнейшем определялось изменение элементного состава химически модифицированных НСМ.

Таблица 1

Химический состав нативного и модифицированного серной кислотой и гидроксидом натрия образцов адсорбента.

| Образец адсорбента | Содержание элементов, % | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| | O | Na | Mg | Al | Si | P | S | Cl | K | Ca | Ti | Mn | Fe | C | Cu |
| Исходный ОВ | 46,44 | 0,12 | 0,54 | 29,61 | 7,21 | 0,43 | 0,58 | 0,14 | 0,32 | 1,42 | 0,13 | 0,25 | 2,07 | 10,36 | 0,38 |
| ОВ после обработки H ₂ SO ₄ | 57,11 | 2,91 | 0,39 | 22,99 | 12,55 | 0,27 | 0,46 | 0,03 | 0,48 | 1,05 | 0,01 | 0,02 | 1,72 | 0 | 0 |
| ОВ после обработки NaOH | 51,73 | 0,64 | 0,29 | 21,59 | 11,98 | 0,22 | 2,58 | 0,00 | 0,32 | 1,55 | 0,05 | 0 | 9,6 | 0 | 0 |

При обработке HCM серной кислотой происходит выделение кальция, меди, а также других тяжелых металлов, серы и хлора. Основными компонентами, содержащимися в образце, являются кислород (57,11%), алюминий (22,99%), кремний (12,55%), натрий (2,91%) и железо (1,72%).

При обработке HCM гидроксидом натрия происходит выделение кальция, меди, марганца, хлора. Основными компонентами, содержащимися в образце, являются кислород (51,73%), алюминий (21,59%), кремний (11,98%).

Определение водопоглощения химически модифицированных HCM и TCM проводилось указанным выше способом.

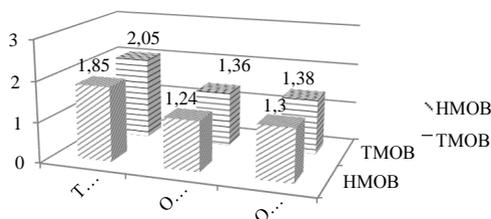


Рис. 1. Значение показателя водопоглощения исходного и модифицированных образцов отхода водоочистки в зависимости от способа модификации [4].

Согласно полученным результатам, кислотная и щелочная обработка CM (рис. 1) эффективно снижают водопоглощение адсорбента. Обработанные образцы HCM серной кислотой обладают меньшим влагопоглощением, чем TCM. Аналогичные результаты представлены при обработке HCM щелочью. Средняя разница между значениями водопоглощения HCM и TCM составляет около 32 %.

Обработка HCM и TCM растворами серной кислоты и гидроксида натрия снижают показатель водопоглощения, что свидетельствует о соответствии модифицированного сорбционного материала требованиям, предъявляемым адсорбентам в части поглощения воды.

Литература:

1. Мазурин И.М. Сжигание мусора несовместимо с концепцией устойчивого развития / И.М. Мазурин, В.В. Поруровская // Система "Планета Земля": 120 лет со дня рождения и 75 лет со дня гибели Юрия Васильевича Кондратюка (1897–1942) / В. Л. Сывороткин, А. Е. Федоров, С. А. Васильев [и др.]. – Москва: Ленанд, 2017. – 528 с.

2. Li X., Wang C.H., Pei Y.S. 6th International conference on sustainable solid waste management «NAXOS2018», 2018. 16 p.

3. Свергузова С.В., Шайхиев И.Г., Сапронова Ж.А., Шумкова И.Н. Определение минералогического состава и сорбционных характеристик отхода от процесса водоочистки по нефтепродуктам // Вода: химия и экология. 2019. № 7-9. С. 48-55.

4. Шумкова И.Н. Некоторые способы модификации адсорбента на основе отхода водоочистки для увеличения адсорбции нефтепродуктов и снижения водопоглощения / И.Н. Шумкова, И.Г. Шайхиев, С.В. Свергузова // Химия и инженерная экология: Сборник трудов международной научной конференции, Казань, 28-30 сентября 2020 г. – Казань, 2020 г. – 380 с.

УДК 504.054

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОЙ СНЕГОПЛАВИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

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

Тунакова Ю.А., доктор химических наук, профессор,
заведующий кафедрой общей химии и экологии

Якунин С.А., обучающийся,

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

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: для очистки снежной массы от выбросов автотранспорта предложена мобильная снегоплавильная установка. Технический результат, на достижение которого направлено предлагаемое устройство – повышение качества очистки собираемых снежных масс за счет реализации механических, химических и ионообменных методов, повышение эффективности и экономичности процесса и улучшение эксплуатационных характеристик аппарата.

Ключевые слова: тяжелые металлы, содержание, атмосфера, депонирующие среды, рассеивание, снег

DEVELOPMENT OF MOBILE SNOW MELTING PLANT

Mingazetdinov I.H., candidate of technical sciences, associate professor,

Tunakova Y.A., doctor of chemistry sciences, professor,
head of the department of General Chemistry and Ecology

Yakunin S.A., the student

Annotation: a mobile snow-melting unit is proposed for cleaning the snow mass from vehicle emissions. The technical result to be achieved by the proposed device is to improve the quality of cleaning the collected snow masses through the implementation of mechanical, chemical and ion-exchange methods, to increase the efficiency and economy of the process and to improve the operational characteristics of the apparatus.

Keywords: heavy metals, content, atmosphere, deposit media, dispersion, snow

В период снеготаяния, находящиеся в снеге токсиканты мигрируют на подстилающую поверхность, причем площадь их распространения значительно превышает контуры геохимических аномалий в снежном покрове. Высокий уровень полиметаллического загрязнения снежного покрова на территории г. Казани, описанный в работах [1-3], требует использования устройств для очистки снеговой воды от металлов.

Известны устройства для очистки снеговых масс с улиц, дорог и внутренних площадок, разработанные для коммунального хозяйства населенных пунктов [4-12]. Но данные устройства производят очистку воды после растаявшего снега от взвешенных веществ и органических соединений в виде масел и нефтепродуктов, но растворенные компоненты при этом не удаляются.

Нами предлагается устройство для повышения качества очистки собираемых снежных масс за счет реализации механических, химических и ионообменных методов и улучшение эксплуатационных характеристик аппарата.

Указанный технический результат достигается тем, что в предлагаемой мобильной снегоплавильной установке (рис.2), содержащей снегоплавильную камеру с термопанелью и термоизоляцией по внешнему корпусу, двухступенчатый гидроциклон-окислитель, гидронасос с электроприводом, ходовую часть, съемную решетку, блок управления с датчиком уровня жидкости, патрубки отвода шлама, пены и чистой воды, внутри установки находится ионообменная камера, расположенная после гидроциклона-окислителя, оборудованная форсункой сплошного орошения, которая выполнена в виде двух усеченных конусов, соединенных малыми диаметрами, с вращающимся валом внутри корпуса форсунки, на валу в верхнем конусе расположены лопасти вращения, в нижнем конусе лопасти распределения, а под ними находится перфорированный сепаратор, а в верхнем конусе, в зоне лопастей вращения имеется тангенциальный патрубок подвода жидкости, а ионообменная камера выполнена в виде блока, вмещающая две сменные ионообменные кассеты с ионитом, одна из которых находится в зоне форсунки сплошного орошения, продвижение сменных кассет производится по свободно вращающимся роликам, а на боковой стенке ионообменных кассет имеется направляющий кольцевой выступ, соответствующий внутренней канавке на стенках ионообменной камеры. Ионообменная камера имеет с двух сторон дверцы, оборудованные с внутренней поверхности упругими уплотнителями и фиксирующими рычажно-шлицевыми замками (рис.2).

Мобильная снегоплавильная установка (рис.2) представляет собой единую передвижную конструкцию с ходовой частью. Пространство установки, предназначенной для сбора снежной массы, имеет термпанель и оборудовано слоем термоизоляции. В верхней части пространства для сбора снега имеется съемная решетка. Пространство под съемной решеткой занимают элементы и агрегаты, необходимые для функционирования установки: озонатор, резервуар сбора загрязнений (шлама), гидронасос, двухступенчатый гидроциклон-окислитель, блок управления, электродвигатель, источник питания. В торцевой части установки расположена ионообменная камера, в которую помещаются две ионообменные кассеты.

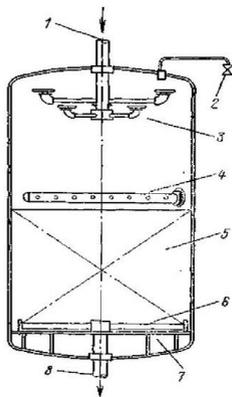


Рис. 1. Схема ионообменной камеры

1 – патрубок ввода исходного раствора; 2 – сдвухка; 3 – распределительное устройство; 4 – перфорированный сепаратор; 5 – ионообменный материал; 6 – коллектор; 7 – опора загрузки; 8 – патрубок вывода очищенного раствора

В верхней части камеры, над одной из кассет расположена форсунка, которая крепится к верхней крышке. Корпус форсунки представляет собой два конуса, соединенных малыми диаметрами. В верхней части верхнего конуса оборудован тангенциальный патрубок подвода. Внутри форсунки коаксиально расположен вал, который вращается в узлах вращения. На валу, в зоне тангенциального подвода патрубка, находятся лопасти вала, в нижней части вала, в зоне нижнего конуса имеются лопасти-распределители. В нижнем конусе корпуса форсунки, по диаметру нижнего среза расположен перфорированный сепаратор. Под сепаратором находится корпус ионообменной камеры, в котором установлены две ионообменные кассеты, одна из которых расположена коаксиально под форсункой. Ионообменные кассеты представляют собой цилиндрические емкости в виде стакана, состоящие из корпуса, внутри которого имеется ионитная засыпка в виде гранул. На боковой стенке корпуса имеется направляющий кольцевой выступ, соответствующий внутренней канавке на боковых стенках ионообменной камеры. Над нижним днищем камеры расположены свободно вращающиеся ролики. Две боковые стенки камеры имеют дверцы. На

внутренней поверхности каждой дверцы имеются упругие уплотнители, выполненные в виде дуги окружности кассеты. Каждая дверца снабжена рычажно-шлицевым замком, который состоит из корпуса замка, имеющего гибкие перемычки с шлицевыми накладками. Над перемычками установлен поворотный кулачок. На боковой стенке корпуса ионообменной камеры, на выступе имеется поворотная планка со шлицами. Ионообменная (рис. 1) камера имеет нижнее днище с патрубком отвода очищенной воды.

Мобильная снегоплавильная установка (рис. 3) работает следующим образом. В бункер сбора снега установки набирается снежная масса и на блоке управления включается режим нагрева от источника питания термopанели. Вся снежная масса начинает нагреваться, защищенная слоем термоизоляции.

Возможные крупные посторонние загрязняющие вещества задерживаются на съемной решетке. На пульте управления включается электродвигатель, начинает работать гидронасос, прокачивающий талую снеговую воду через двухступенчатый гидроциклон-окислитель. Окислитель – озон O_3 подается от озонатора. Вода, проходя через устройство очищается от взвешенных загрязнителей, масел и нефтепродуктов. Задержанные загрязнители собираются в резервуаре. Далее, вода, очищенная на первом этапе в устройстве, насосом начинает поступать через патрубок подвода в корпусе ионообменной камеры. Ионообменная камера, перед началом работы установки, заправлена двумя ионообменными кассетами, которые содержат свежую ионитную засыпку.

Далее, вода, очищенная на первом этапе в устройстве, насосом начинает поступать через патрубок подвода в корпусе ионообменной камеры. Ионообменная камера (рис. 1), перед началом работы установки, заправлена двумя ионообменными кассетами, которые содержат свежую ионитную засыпку. Ионообменные кассеты устанавливаются через открытые дверцы, с использованием замка при повороте кулачка и освобождении планки 36 от шлицевых соединений. Наличие кольцевых выступов обеспечивает правильную установку кассет, а ролики обеспечивают плавное перемещение кассет. После установки кассет в камере дверцы закрываются и используя планки и шлицевые соединения, поворотом кулачка обеспечивается надежная блокировка кассет. Наличие упругих уплотнителей обеспечивает (рис.1) плотный прижим кассет и исключает возможные перемещения при транспортировке, использовании ходовой части. Предварительно очищенная вода подается насосом через патрубок в корпус форсунки. Подвод организован тангенциально, вода попадает на лопасти вала и вал начинает раскручиваться в узлах вращения. Далее, поток воды поступает в нижнюю часть форсунки, где попадает на лопасти-распределители, закрепленные на валу и равномерно распределенные по перфорированному сепаратору. Сепаратор обеспечивает равномерное орошение всей поверхности ионитной засыпки в кассете, исключая образование застойных зон. Вода, проходя через границы засыпки, за счет ионного обмена, очищается от загрязняющих веществ (ионы тяжелых металлов, гидроокислы и др.) и отводится через патрубок. Очищенная вода может быть использована для технических нужд, или сливаться в общую канализацию. В процессе эксплуатации мобильной сне-

гоплавильной установки обменная емкость ионитной засыпки может быть исчерпана и для исключения “проскока” необходимо заменить рабочую кассету.

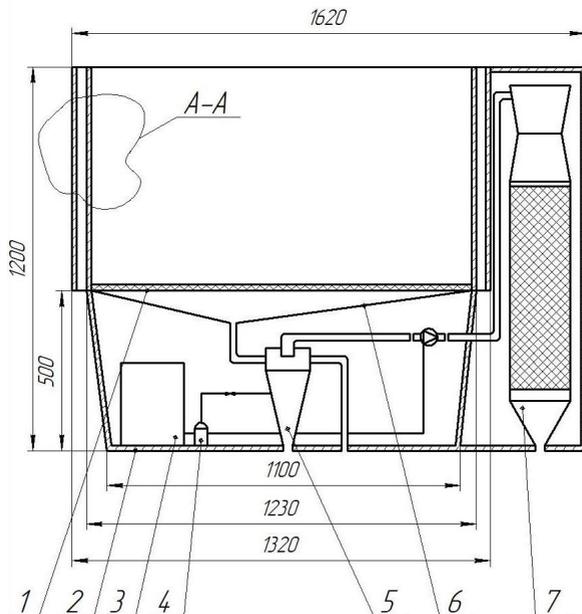


Рис. 2. Мобильная снегоплавильная установка

1 – съемная решетка; 2 – корпус; 3 – аккумулятор; 4 – баллон с озоном; 5 – гидроциклон-окислитель; 6 – планка; 7 – фильтр ионообменный

Очищенная вода может быть использована для технических нужд, или сливаться в общую канализацию. В процессе эксплуатации (рис.3) мобильной снегоплавильной установки обменная емкость ионитной засыпки может быть исчерпана и для исключения “проскока” необходимо заменить рабочую кассету.

Замена кассеты осуществляется через открывание дверцы, используя рычажно-штицевой замок. Исползованную кассету, исчерпавшую свой ионообменный ресурс, удаляют, но ее место перемещают запасную кассету, находящуюся в камере, а на ее место устанавливают новую кассету (рис.3). Далее, закрывают дверцы в обратной последовательности. Исползованную кассету направляют на регенерацию ионита.

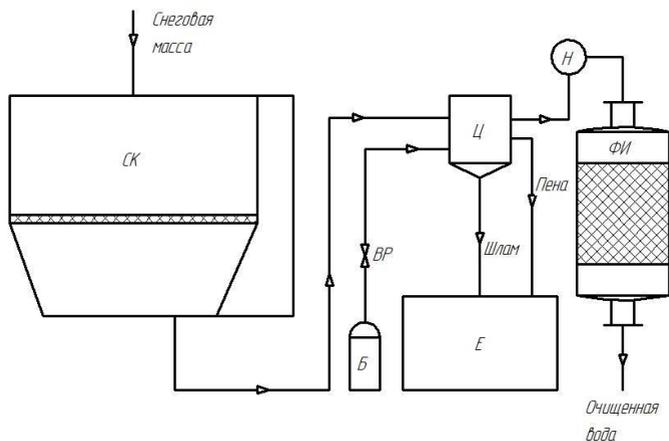


Рис. 3. Технологическая схема очистки снеговой массы

Таким образом, используя мобильную снегоплавильную установку можно повысить качество очистки собираемых снеговых масс, достичь повышения эффективности и экономичности процесса очистки и улучшить эксплуатационные характеристики аппарата.

Научные исследования проведены при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках исполнения обязательств по Соглашению номер 075-03-2020-051/3 от 09.06.2020 (номер темы fzsu-2020-0021).

Литература:

1. 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.
2. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Новикова С.В., Шмакова Ю.А. Оценка вероятности превышения приземных концентраций примесей в зонах действия полимерных производств (на примере г. Нижнекамска) Сообщение 1// Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 16. С. 111-114.
3. Грачева И.В., Зарина Л.М., Нестеров Е.М. Геоэкология снегового покрова урбанизированных территорий // Вестник МАНЭБ. Научно-технический журнал. — Т.15. — № 5. — 2011. — С. 29–42.
4. Мобильная снегоплавильная установка: патент 2 695 676 Рос. Федерация №2018100223 / Смирнова С. В.; заявл. 09.01.2018; опубл. 25.07.2019, Бюл. № 21.
5. Передвижное снегоплавильное устройство: патент 61 302 Рос. Федерация № 2006132449/22 / Шевченко Ю. В.; заявл. 08.09.2006; опубл. 27.02.2007, Бюл. № 6.
6. Снеготаялка: патент 94 985 Рос. Федерация № 2010109097/22 / Дубров-

ский В. А.; заявл. 11.03.2010; опубл. 10.06.2010, Бюл. № 16.

7. Установка для таяния снега: патент 109 155 Рос. Федерация № 2011112338/13 / Холинов А. И.; заявл. 01.04.2011; опубл. 10.10.2011, Бюл. № 28.

8. Снегоплавильная установка: патент 126 015 Рос. Федерация № 2012128011/13 / Ачикасов Р. Р.; заявл. 05.07.2012; опубл. 20.03.2013, Бюл. № 8.

9. Снеготаялка с механизмом выгрузки мусора и осадков: патент 129 111 Рос. Федерация № 2013100120/13 / Беркович А. Ю.; заявл. 09.01.2013; опубл. 20.06.2013, Бюл. № 17.

10. Снеготаялка: патент 2 237 136 Рос. Федерация № 2003106327/03 / Храменков С.В.; заявл. 07.03.2003; опубл. 27.09.2004, Бюл. №22.

11. Установка для подготовки снежной массы к таянию: патент 2 360 067 Рос. Федерация № 2008100169/11 / Богомолов М. В.; заявл. 11.01.2008; опубл. 27.06.2009, Бюл. № 18.

12. Устройство для превращения снежной массы в жидкую фазу: патент 2 520 731 Рос. Федерация № 2011144913/13 / Рыбкин А. П.; заявл. 31.10.2011; опубл. 27.06.2014, Бюл. № 18.

УДК 622.794.254

РАСЧЁТ КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛЕНТОЧНОГО ПРЕСС-ФИЛЬТРА

Гисматуллина А.И., обучающийся

Мальцева С.А., кандидат химических наук, доцент

Мингазетдинов И.Х., кандидат технических наук, доцент

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

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Проведен расчет конструктивных и технологических параметров ленточного пресс-фильтра для обезвоживания гальванического шлама с целью усовершенствования устройства: замены приводного вала-активатора на шнек, установки вариатора скоростей, установки промывных форсунок на нижнее фильтровальное полотно.

Ключевые слова: пресс-фильтр, конструктивные параметры, технологические параметры.

CALCULATION OF DESIGN AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE BELT PRESS FILTER

Gismatullina A.I., the student;

Maltseva S.A., candidate of chemistry sciences, associate professor;

Mingazetdinov I. Kh, candidate of technical sciences, associate professor

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

Annotation: The design and technological parameters of a belt press filter for dewatering galvanic sludge have been calculated in order to improve the device: replacing the drive shaft activator with a screw, installing a speed variator, installing flushing nozzles on the lower filter cloth.

Keywords: press filter, design parameters, technological parameters.

Обезвоживание шлама гальванического производства является одним из этапов подготовки шлама к утилизации. Ленточные пресс-фильтры предназначены для механического обезвоживания осадков сточных вод в непрерывном режиме путем их фильтрования под действием сил гравитации, вакуума и давления [1]. По сравнению с другими аппаратами обезвоживания при применении пресс-фильтров достигается наименьший процент влажности осадка.

Прототипом усовершенствованного ленточного пресс-фильтра является ленточный пресс-фильтр непрерывного действия [2]. Схема устройства показана на рисунке 1.

В предложенное устройство [3] внесены следующие изменения:

1. Замена приводного вала-активатора на шнек. При высокой плотности шлам может поступать на фильтр медленно. Шнек способствует принудительной и равномерной подаче осадка в основной отдел фильтр-пресса;

2. Установка вариатора скоростей. Данное решение облегчит выбор оптимального режима фильтрации. Появится возможность плавного изменения крутящего момента в зависимости от плотности шлама, что будет способствовать снижению влажности осадка.

3. Установка промывных форсунок на нижнее фильтровальное полотно. Данное усовершенствование приведет к более полной регенерации фильтровальной ткани, что позволит повысить качество водоотделения ленточного пресс-фильтра.

Конструктивная схема ленточного регулируемого пресс-фильтра представлена на рис. 1.

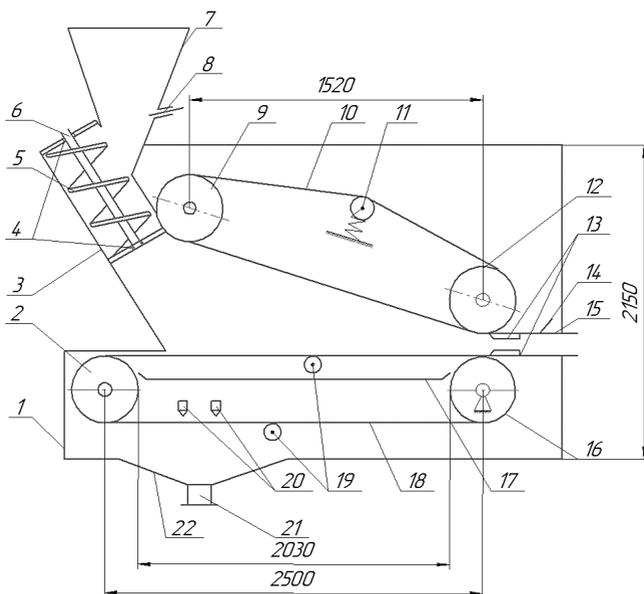


Рис. 1. Схема ленточного регулируемого пресс-фильтра

1 – рама, 2 – ведомый барабан нижнего фильтровального полотна, 3 – корпус уплотняющего шнека, 4 – узлы вращения шнека, 5 – лопасти шнека, 6 – вал шнека, 7 – бункер подачи отжимаемого материала, 8 – подвижная заслонка, 9- ведомый барабан верхнего фильтровального полотна, 10 – верхнее фильтровальное полотно, 11 – натяжной ролик верхнего полотна, 12 – ведущий барабан верхнего фильтровального полотна, 13 – скребковые ножи, 14 – поддон верхнего фильтровального полотна, 15 – отвод отжатого материала (шлама), 16 – ведущий барабан нижнего фильтровального полотна, 17 – поддон нижнего фильтровального полотна, 18 – нижнее фильтровальное полотно, 19 – натяжные ролики нижнего фильтровального полотна, 20 – промывные форсунки, 21 – патрубков, 22 – поддон сбора промывной воды

В таблице 1 в соответствии с методикой расчета ленточного пресс – фильтра [4] при расходе сточной воды $30 \text{ м}^3/\text{сут}$ при производительности по сухому остатку $124,7 \text{ кг}/\text{сут}$ представлены результаты расчета конструктивных и технологических параметров ленточного пресс-фильтра.

Таблица 1

Результаты расчета конструктивных и технологических параметров ленточного пресс-фильтра

| Показатель | Значение |
|--|----------|
| Продолжительность основных операций рабочего цикла фильтра, с | 113 |
| Необходимая площадь общей поверхности фильтрования, м^2 | 1,00 |
| Длина зоны фильтрования, м | 2,00 |
| Ширина ленты, м | 0.50 |

Образовавший гальванический шлам целесообразно использовать как вторичный ресурс для изготовления кирпича, бетонных строительных конструкций, стабилизатора полиолефинов фенолята никеля как вторичного сырья, получаемого при очистке гальванических стоков сернисто-щелочным отходом производства моторных масел [5] и др. Комплексная переработка позволит извлечь все основные составляющие их компоненты с получением товарных продуктов [6]. Разработка таких техпроцессов позволяет решить не только экологические проблемы, но и сделать этот процесс экономически выгодным, сократить затраты на хранение шламов, снизить плату за природопользование.

Литература:

1. Проектирование установок с фильтр-прессами для обезвоживания осадков сточных вод / Всесоюз. комплекс, н.-и. конструкт. - технолог, ин-т водоснабжения, канализации, гидротехн. сооружений и инж. Гидрогеологии - М.: Стройиздат, 1990. - 24 с.;

2. Ленточный фильтр - пресс непрерывного действия: патент 187828 Рос. Федерация №2018140119 / Михеев И.И.; заявл. 13.11.2018; опубл. 19.03.2019, Бюл. № 8;

3. Мингазетдинов И.Х., Мальцева С.А., Григорьева И.Г., Гисматуллина А.И.. Ленточный регулируемый пресс - фильтр: патент 205968 Рос. Федерация №2021114042 / Мингазетдинов И.Х.; заявл. 18.05.2021; опубл. 12.08.2021, Бюл. №23.

4. 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.

5. Кремлева Н.В., Буданов А.Р., Мальцева С.А., Тунакова Ю.А. Стабилизатор полиолефинов фенолят никеля как вторичное сырье, получаемое при очистке гальванических стоков сернисто-щелочным отходом производства моторных масел / Вестник Казанского технологического университета, 2015.– Т.18.– №3. – С. 101-103.

6. 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.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕАГЕНТНОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ОТ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

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

Аннотация: Дана оценка ущербу, причиняемому окружающей среде в результате сброса сточных вод объекта I категории опасности – гальванического предприятия. Приведены результаты расчета экономической эффективности природоохранных мероприятий.

Ключевые слова: сток, гальваническое производство, ущерб, природоохранное мероприятие.

FEASIBILITY STUDY OF REAGENT WASTEWATER TREATMENT OF ELECTROCHEMICAL PRODUCTION FROM POLLUTANTS

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

Annotation: An assessment is given of the damage caused to the environment as a result of the discharge of wastewater from an object of the I hazard category - a galvanic enterprise. The results of calculating the economic efficiency of environmental protection measures are presented.

Keywords: runoff, galvanic production, damage, environmental protection measure.

Гальваническое производство относится к объекту I категории опасности ввиду образования большого объема промывных и сточных вод, содержащих практически все ионы тяжелых металлов, неорганические кислоты и щелочи, поверхностно-активные реагенты, образования твердых высокотоксичных отходов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду [1]. Очистка образовавшихся токсичных производственных сточных вод обычными механическими и биохимическими методами невозможна. Данные стоки подвергаются реагентному методу очистки, который заключается в переводе растворимых веществ в нерастворимые при добавлении различных реагентов с последующим отделением их в виде осадков [2]. Разработанная технологическая схема очистки сточных вод гальванического производства с использованием ленточного регулируемого пресс - фильтра [3] представлена на рис.1.

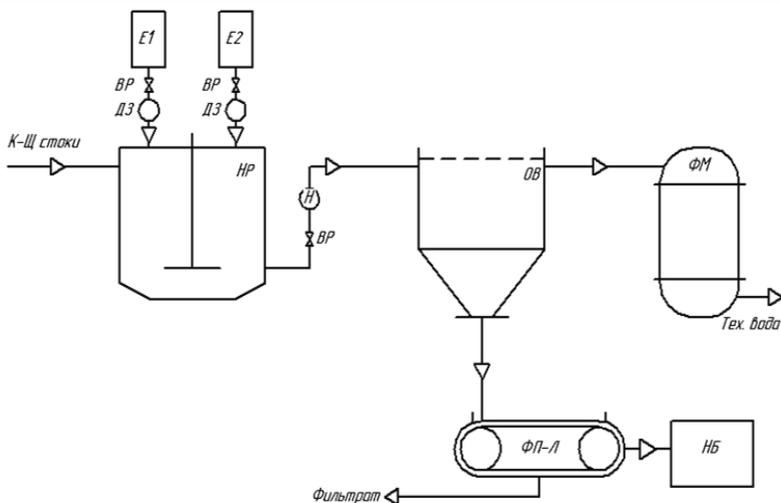


Рис. 1. Технологическая схема очистки сточных вод гальванического производства

НР – нейтрализатор, E1 – емкость приготовления щелочи, E2 – емкость приготовления кислоты, ВР – вентиль регулировочный, ДЗ – дозатор, Н – насос, ОВ – вертикальный отстойник, ФМ – механический фильтр, ФП-Л – ленточный фильтр-пресс, НБ – накопительный блок

Для технико – экономического обоснования очистки сточных вод гальванического производства от ионов тяжелых металлов взяты исходные данные. Предприятие сбрасывает в реку производственные сточные воды в объеме $4,2 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($36\,792 \text{ м}^3/\text{год}$). Исходная концентрация тяжелого металла (Ni^{+2}) в стоке $C_{\text{исх}} = 25,2 \text{ мг/л}$. Сток очищается известковым молоком до $C_{\text{кон}} = 1,26 \text{ мг/л}$. Время, в течение которого поступает загрязнение в водный объект – 243 дня. Оценка влияния загрязненных сточных вод на водные объекты проведена в соответствии с приказом Минприроды России от 13.04.2009 № 87 (ред. от 26.08.2015) «Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства» и постановлением Правительства РФ от 03.03.2017 № 255 (ред. от 17.08.2020) «Об исчислении и взимании платы за негативное воздействие на окружающую среду».

В таблице 1 представлены результаты расчет экономической эффективности природоохранных мероприятий.

Таблица 1

Результаты расчета экономической эффективности очистки сточных вод

| Показатель | Значение |
|---|--------------|
| Масса сброшенного вещества до внедрения природоохранных мероприятий, т/год | 0,1286 |
| Масса сброшенного вещества после внедрения природоохранных мероприятий, т/год | 0,0064 |
| Размер вреда, причиненного водному объекту сбросом вредных (загрязняющих) веществ в составе сточных вод до очистки, руб. | 1 232 910 |
| Размер вреда, причиненного водному объекту сбросом вредных (загрязняющих) веществ в составе сточных вод после очистки, тыс.руб. | 61,12 |
| Плата за причиненный вред до очистки, руб. | 14 188,72 |
| Плата за причиненный вред после очистки, руб. | 706,68 |
| Приведенные затраты на осуществление водоохранных мероприятий, руб. | 2 702 253,84 |
| Суммарный годовой эффект от ПОМ, руб. | 1 185 272,04 |
| Эффективность природоохранных мероприятий | 0,44 |

Из таблицы 1 следует, что ущерб от сброса неочищенных сточных вод в водный объект составляет 1 232 910 руб. Мероприятие по предотвращению ущерба после реализации метода становится прибыльным (0,44 рублей на каждый потраченный руб.). Окупаемость природоохранных мероприятий составляет 2 года и 3 месяца.

Следует отметить, что при эксплуатации очистных сооружений после ре-агентной очистки образовывается шлам. Согласно Федеральному классификационному каталогу отходов шламы нейтрализации известковым молоком смешанных (кислых и щелочных) стоков гальванических производств относятся к 4 классу опасности. Ставка за размещение отхода, согласно постановлению Правительства РФ от 13.09.2016 N 913 (ред. от 24.01.2020) "О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах", составляет 663,2 руб. В связи с этим срок окупаемости внедрения природоохранных мероприятий увеличивается.

Образовавшийся гальванический шлам целесообразно использовать как вторичный ресурс для изготовления кирпича, бетонных строительных конструкций, стабилизатора полиолефинов фенолята никеля как вторичного сырья, получаемого при очистке гальванических стоков сернисто-щелочным отходом производства моторных масел [4] и др. Наиболее оптимальным решением их утилизации может быть их комплексная переработка, которая позволяет извлечь все основные составляющие их компоненты с получением товарных продуктов [5]. Разработка таких техпроцессов позволяет решить не только экологические проблемы, но и сделать этот процесс экономически выгодным, сократить затраты на хранение шламов, снизить плату за природопользование.

Литература:

1. Ярынкина Е.А. Утилизация осадков сточных вод гальванических производств с применением комплексонов / Е.А.Ярынкина, М.В.Бузаева, В.С. Гусарова [и др.] // Вестник Южно-Уральского государственного университета.

Серия: Химия. – 2019. – С. 28-38.

2. Перельгин Ю.П. Реагентная очистка сточных вод и утилизация отработанных растворов и осадков гальванических производств: учеб. пособие / Ю. П. Перельгин, О. В. Зорькина, И. В. Рашевская [и др.]. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2013 – 80 с.

3. Мингазетдинов И.Х., Мальцева С.А., Григорьева И.Г., Гисматуллина А.И.. Ленточный регулируемый пресс - фильтр: патент 205968 Рос. Федерация №2021114042 / Мингазетдинов И.Х.; заявл. 18.05.2021; опубл. 12.08.2021, Бюл. №23.

4. Кремлева Н.В., Буданов А.Р., Мальцева С.А., Тунакова Ю.А. Стабилизатор полиолефинов фенолят никеля как вторичное сырье, получаемое при очистке гальванических стоков сернисто-щелочным отходом производства моторных масел / Вестник Казанского технологического университета, 2015.– Т.18.– №3. – С. 101-103.

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

УДК 661.91-405

СЖИЖЕННЫЕ УГЛЕВОДОРОДНЫЕ ГАЗЫ: ОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ

Желовицкая А.В., кандидат химических наук, доцент;
Слесарева К.В., обучающийся

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

Аннотация: представлен обзор по транспортировке, хранению и опасностям сжиженных углеводородных газов

Ключевые слова: сжиженные углеводородные газы

LIQUEFIED PETROLEUM GASES: HAZARDS OF TRANSPORTING AND STORING

Zhelovitskaya A.V., candidate of chemical science, associated professor;
Slesareva K.V., the student

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

Annotation: an overview of the transportation, storage and hazards of liquefied petroleum gases is presented

Keyword: Liquefied Hydrocarbon Gases

С ростом объемов экспорта нефти, нефтепродуктов, расширения парка

автомобилей возрастает ухудшение экологической ситуации. Следовательно, возникает необходимость поиска компромиссного решения, а, следовательно, актуальной задачей ряда промышленных предприятий. Таким решением является применение природного газа (ПГ) и сжиженного углеводородного газа (СУГ). В действующих государственных стандартах России всю продукцию сжиженных газов называют сжиженными углеводородными газами (СУГ) [1]. Термин соответствует зарубежному – Liquefied Hydrocarbon Gases (LHG).

Различают несколько марок сжиженных углеводородных газов в зависимости от содержания основного компонента и направления использования СУГ. Марки СУГ представлены в таблице 1.

Таблица 1

| Марка | Наименование |
|-------|------------------------------|
| ПТ | Пропан технический |
| ПА | Пропан автомобильный |
| ПБА | Пропан – бутан автомобильный |
| ПБТ | Пропан – бутан технический |
| БТ | Бутан технический |

Технологии получения СУГ: переработка нефти; газового конденсата; природного и попутного нефтяного газа [2].

Области применения СУГ: объекты добычи, переработки и хранения; коммунально-бытовые нужды; в качестве газомоторного топлива (заправка автотранспорта); нефтехимическая промышленность (в качестве сырья и др.); коммерческая торговля (экспорт) [2, 3].

Развитие рынка оборудования для нефтепродуктов и СУГ происходит неравномерно. Системами автоматизации и безопасности объекты по хранению и реализации нефтепродуктов на сегодняшний день оснащены на 100%, хотя степень опасности и рисков не превосходит объекты, использующие СУГ. Очевидно, не менее важно иметь хорошо оснащенные, максимально безопасные и надежные объекты, хранящие и реализующие СУГ [3]. С возрастанием областей использования СУГ возникает (происходит) увеличение развития по разработке специального оборудования и нормативно-правовой базы по приему, хранению и реализации СУГ. К наиболее приоритетному направлению по развитию оборудования для СУГ относятся: обеспечение безопасности технологических процессов; создание и внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами с многоуровневой системой автоматике и безопасности; всесторонний учет и уменьшение потерь продукта; защита экологии и уменьшение влияния на окружающую среду [4].

При технологии получения СУГ текущие уровни выбросов и удельные показатели образования отходов представлены в [2].

Транспортировку СУГ можно осуществлять трубопроводным, морским, автомобильными и железнодорожным путями. Основная часть транспортировки СУГ по Российской Федерации происходит железнодорожным транспортом. Таким способом опасный груз можно доставлять на большие расстояния. Сжи-

женные газы перевозят в специальных вагон-цистернах, которые имеют отличительную окраску, маркировку и знаки опасности, отличительные полосы и трафареты о наименовании груза.

Таблица 3

Уровни выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

| Наименование загрязняющего вещества | Удельные показатели выбросов загрязняющих веществ на тонну продукции (кг/т продукции) | |
|---|---|----------|
| | минимум | максимум |
| Оксиды азота (в пересчете на NO ₂) | 0,02 | 0,06 |
| Оксид углерода | 0,01 | 0,04 |
| метан | 0,02 | 0,05 |
| Диоксид серы | 0,001 | 0,04 |
| бутан | 0,0001 | 0,003 |
| Углеводороды предельные C ₆ -C ₁₀ | 0,0001 | 0,0003 |

ОАО «Уралхиммаш», занимающийся производством шаровых резервуаров для хранения СУГ запустил в 2012 г. гидравлический рамный пресс для холодной штамповки элементов шаровых резервуаров. Была также модернизирована прокатного стана, на котором методом холодной вальцовки производится изготовление элементов шаровой оболочки. Изготовление комплекта новых валков позволило расширить номенклатуру и внедрить в производство новый типоразмер шарового резервуара – шаровой резервуар повышенной единичной емкости 3 тыс. м³ и толщиной стенки 34 мм. Учитывая мировой опыт и тенденцию развития рынка СУГ как внутри страны, так и за рубежом по выпуску оборудования для транспортировки СУГ, ОАО «Уралхиммаш» освоило выпуск контейнеров-цистерн. Использование танк-контейнеров приобретает актуальность в регионах крайнего Севера, которые не имеют железнодорожного сообщения. Контейнеры рассчитаны на работу при низких температурах (температурный диапазон от минус 50 до плюс 50°С) [5].

Выбросы СУГ на объектах их хранения могут произойти по следующим причинам: разрывы или нарушения герметичности резервуаров, технологических аппаратов; разрывы или нарушения герметичности трубопроводов; разрушение предохранительных клапанов; переполнение резервуаров или увеличение давления в них выше предельно допустимых значений, включая неадекватные действия операторов, отказы предохранительных клапанов; пожары, поломки оборудования; отказы загрузочных устройств или неисправности в соединительных устройствах; предумышленные или преднамеренные действия и т.п. [6].

Объекты, где возможны аварии по вышеуказанным причинам, могут быть сгруппированы по территориально-производственному признаку в три основные категории: производственный процесс; зона по загрузке или разгрузке СУГ; зона хранения в резервуарах.

Вычислительная гидродинамика (англ. Computational Fluid Dynamics, CFD) – это раздел науки, решающий проблему моделирования тепломассопереноса в различных технических и природных объектах. CFD-моделирование -

один из подразделов механики сплошных сред. Основной задачей вычислительной гидродинамики является численное решение уравнений Навье-Стокса, описывающих динамику жидкости и газа. Проект рассматриваемой ГНС был реализован на территории г. Тюмени. Максимальные площади зон застоя характерны для скорости ветра 1 м/с при южных, восточных и северных ветрах и для высоты 0,5 м, что обусловлено турбулентностью восходящих воздушных потоков. Используя технологии 3-D моделирования объектов и технологии вычислительной гидродинамики, можем определить зоны застоя для любого объекта. Учитывая физико-химические свойства СУГ и климатические особенности региона расположения газонаполнительной станции, были определены зоны застоя на высоте 0,2; 0,5; 1,5 м. при скорости ветра 0,5; 1; 2; 3 м/с. [6].

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы: наиболее характерными причинами аварий являются: нарушение герметичности резервуаров, технологических аппаратов, трубопроводов вследствие человеческого фактора, износа оборудования и нарушения параметров технологических процессов; построенная 3-D модель ГНС и проведенный расчет в программе FlowVision позволяют выявить зоны застоя вокруг источников их образования. В указанных зонах концентрация паров СУГ может достигнуть НКПВ (для пропана – 2,1 % объема смеси с воздухом, для бутана – 1,5 %). Максимальные площади зон застоя, в зависимости от параметров окружающей среды, соответствуют скорости ветра 1 м/с при южных, восточных и северных ветрах на высоте 0,5 м (7265,625; 6093,75; 5761,719 м² соответственно) [6].

Литература:

1. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Переработка природного и попутного газа. ИТС 50-2017.
2. Барабанов А.А. Безопасность технологических процессов на объектах, использующих СУГ // Транспорт на альтернативном топливе, 2010. – № 6. – С. 64-69.
3. Рачевский Б.С. Сжиженные углеводородные газы – альтернатива нефти и нефтепродуктам // Транспорт на альтернативном топливе, 2009. – № 4. – С. 7-9.
4. Барабанов А.А. Безопасность технологических процессов на объектах, использующих СУГ // Транспорт на альтернативном топливе, 2012. – № 3. – С. 23-26.
5. Самарина Н.Н. хранение и транспортировка углеводородов: оборудование от ОАО «Уралхиммаш» // Территориянефтегаз. Транспорт и хранение нефти и газа, 2013. – № 4. – С. 78-79.
6. Пермяков В.Н., Парфенов В.Г., Омельчук М.В. Применение CFD-технологий для определения зон застоя на объектах хранения сжиженных углеводородных газов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ УГЛЕРОДИСТОГО ОСАДКА В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ ПОЛУПРОДУКТОВ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ БЕТОННЫХ ОТХОДОВ

Гоголь Э.В., кандидат химических наук, доцент

Бурганов А.И., обучающийся

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

Аннотация: Дано описание возможности получения максимально возможного эффекта вторичного использования бетонных отходов и некондиционного бетона с обеспечением экологической безопасности процесса. Приведена оценка бетонных отходов как вторичного сырья и возможности адаптации разработанного устройства для измельчения углеродистого осадка для дробления отходов бетона.

Ключевые слова: отходы бетона, устройство для измельчения

THE USE OF A DEVICE FOR CARBONACEOUS SEDIMENT GRINDING IN THE PROCESS OF THE MANUFACTURING OF THE INTERMEDIATES GOODS DURING THE PROCESS OF THE UTILIZATION OF CONCRETE WASTE

Gogol E.V., candidate of chemical science, associate professor;

Burganov A.I., the student

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

Annotation: The authors describe the possibility of obtaining the highest possible effect of the secondary use of concrete waste and substandard concrete with the provision of environmental safety of the process. The authors estimated the possibility of using a concrete waste as a secondary raw material and the ability to adapt the developed device for grinding carbon sediment for crushing concrete waste.

Keywords: Concrete Waste, Grinding Device

Некондиционные, поврежденные изделия производства бетонной смеси, в том числе и застывшие «проливы», а также бетонные отходы после соответствующей обработки превращаются в полупродукт, а именно – строительный щебень вторичного происхождения, соответствующий [1].

Экономическая эффективность повторного использования вторичных строительных ресурсов позволяет в 2-3 раза снизить себестоимость готового вторичного продукта, а в перспективе позволит снизить себестоимость строительства одного квадратного метра здания.

Основными стадиями переработки некондиционного бетона и отходов бетона в щебень вторичного происхождения являются: 1) разрушение неконди-

ционного бетона и отходов марки бетона до 500 до размеров не более 200 мм, 2) вторичное дробление и фракционирование полученного из дробленого бетона щебня, использование полученного щебня вторичного происхождения в технологии приготовления бетонной смеси.

Для разрушения некондиционного бетона предложено использование устройства для измельчения углеродистого осадка [2 – Мингазетдинов И.Х., Гоголь Э.В., Газеев Н.Х., Гумерова Г.И., Худошина Е.В./ Центробежно-конусная дробилка/ Патент 117319 РФ МПК⁵¹, В02С 13/00, 27.06.2012, Бюл. № 18]. Технический результат, на достижение которого направлено использование данного устройства, это повышение эффективности дробления бетонного материала и отсева измельченного полупродукта по размерам.

Технический результат достигается тем, что в устройстве, содержащем корпус с загрузочным бункером, внутри корпуса находится вал, на котором закреплен ротор с лопастями, спиралеобразный патрубок отвода фракций измельченного материала, отличающийся тем, что ротор установлен внутри статора с зазором. При этом на роторе выполнены конические зубья, а на статоре соосно им выполнены перфорационные отверстия, при этом нижняя часть корпуса выполнена в виде улитки со спиралеобразным патрубком отвода мелкой фракции и патрубком отвода крупной фракции. В устройстве перед патрубком для отвода мелкой фракции в улитке установлена фильтровальная сетка, днище статора выполнено перфорированным, а на валу в нижней части ротора установлен эксцентриковый кулачок, что позволит увеличить эффективность измельчения бетонных отходов до 50-200 мм и одновременно произвести рассев измельченного материала по фракциям различного размера.

Производительность будет зависеть от состава перерабатываемых бетонных отходов и некондиционных изделий. При переработке неармированных бетонных отходов производительность составит 10 куб.м в час. Вложения в установку окупятся за счет экономии первичного сырья и средств, расходуемых на перевозку и захоронение бетонных отходов и некондиционной бетонной продукции на полигоне отходов.

Литература:

1. ГОСТ 25137-82 Группа Ж17 Материалы нерудные строительные, щебень и песок плотные из отходов промышленности, заполнители для бетона пористые. Дата введения 1983-01-01. Введен в действие Постановлением Госкомитета СССР по делам строительства 31.12.1981 № 291.

2. Мингазетдинов И.Х., Гоголь Э.В., Газеев Н.Х., Гумерова Г.И., Худошина Е.В./ Центробежно-конусная дробилка/ Патент 117319 РФ МПК⁵¹, В02С 13/00, 27.06.2012, Бюл. № 18.

СПОСОБЫ ПЕРЕРАБОТКИ 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

METHODS OF PROCESSING FOR SPENT LITHIUM-ION BATTERIES

Gogol E.V., candidate of chemical science, 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.

Keywords: Lithium-ion batteries, recycling, processing

Литиево-ионные аккумуляторные батареи являются самым востребованным источником питания на протяжении нескольких десятилетий из-за простоты производства и эксплуатации [1]. При этом данный тип аккумуляторных батарей содержит в себе вредные и опасные вещества, токсичность которых возрастает при попадании отработанных литиевых аккумуляторов в окружающую среду. В этой связи пристальное внимание к способам их утилизации, а также ужесточение надзора и контроля за обращением литиевых аккумуляторных батарей на каждой стадии их жизненного цикла являются актуальным [2].

Согласно [3] отходы неповрежденных литий-ионных аккумуляторов (неповрежденных) имеют код 48220131532 и, соответственно, 2 класс опасности для окружающей природной среды. Отходы данного класса опасности представляют серьезную угрозу для окружающей среды, здоровья животных и людей. Переработка и рециклинг отходов данного класса опасности должна происходить в соответствии с санитарными нормами и природоохранными стандартами отдельно от переработки твердых коммунальных отходов. Осуществлять переработку отходов 2 класса опасности могут только те компании, которые имеют необходимые лицензию, аккредитацию и оборудование. В составе литий-ионных

аккумуляторных батарей находится активный элемент литий, который может воспламениться на воздухе при взаимодействии с водой. Из-за этого литиево-ионные аккумуляторы часто становятся причиной возгорания на различных свалках и даже на пунктах сбора отходов. При повреждении защитного корпуса литий-ионных аккумуляторов возможна молниеносная реакция с выделением тепла, что может привести к так называемому «взрыву» этих батарей [4].

Авторами были проанализированы различные способы утилизации отработанных аккумуляторных батарей и отмечены наиболее перспективные из них.

В работе [5] предлагается способ утилизации литиевых источников тока или ЛИТ с истекшими сроками эксплуатации, увеличение степени извлечения утилизируемого лития и снижение уровня пожаро-взрывоопасности при проведении работ. Эти задачи достигаются тем, что перевод ЛИТ с истекшими сроками эксплуатации, предполагаемых к утилизации, в литийсодержащие отходы (разгерметизация, вскрытие, измельчение корпусов и анодно-катодной массы) осуществляется в среде, являющейся гидрофобной и малоактивной по отношению к литию и литированным оксидам марганца, далее проводятся алкоголиз литийсодержащих отходов в присутствии катализатора межфазного переноса, отделение органического литийсодержащего слоя и осуществление химической деструкции литийсодержащей анодно-катодной массы водными растворами неорганических кислот. При этом реакционные массы, получаемые в химических процессах алкоголиза и выщелачивания, подвергают сонолитическому воздействию с использованием ультразвука. Сочетание применения сонолиза и катализатора межфазного переноса позволяет осуществлять утилизацию литийсодержащих отходов со степенью измельчения до 20 мкм. Данный способ даёт возможность извлечь из литийсодержащих соединений не менее 85% лития.

В работе [6] предложен способ более безопасной с точки зрения пожаро-взрывоопасности утилизации литий-содержащих батарей. В данном способе утилизации отработанных литиевых источников тока осуществляют предварительную разрядку отработанных литиевых батарей дифференцированным методом с использованием разрядной установки. Далее измельчают и нейтрализуют при pH 10-11 литиевые батареи, продукты нейтрализации выгружают и очищают жидкую фракцию, из которой получают карбонат лития, кроме того твердую фракцию сушат и подвергают магнитной сепарации с отделением металлического лома, твердую неметаллическую фракцию подвергают процессу кислотного гидролиза до pH 4-5, затем отделяют жидкую фракцию от твердой, последнюю промывают. Жидкую фракцию подвергают обработке аммиаком до pH 12 и осаждают из раствора гидроксиды железа и хрома, после чего очищенный от железа и хрома аммиачный раствор нагревают до количественного выпадения в осадок гидроксида галлия. Затем аммиачный раствор фильтруют и сушат, неметаллическую фракцию используют как наполнитель в композитных или строительных, или иных материалах. Предложенный способ утилизации позволяет значительно снизить потребление природных, энергетических и иных ресурсов (чистая вода, воздух, электроэнергия, химреагенты), максималь-

но снизить количество сточных вод, выбросов в атмосферу.

Работа [7] позволяет безопасно утилизировать электрические батареи, в частности литиевые/тионилхлоридные элементы. Процесс включает в себя этапы выгрузки элемента, существенного снижения температуры элемента до температуры, достаточной для значительного замедления любых дальнейших химических реакций (до -180°C) и снижения любого давления, создаваемого в корпусе батареи, разборки батареи и разрезания элементов на мелкие кусочки, подачи кусочков в печь для сжигания, поддерживаемую на уровне не менее 650°C , отдельной промывки твердых и газообразных материалов, выгружаемых из печи для сжигания, водными растворами, смешивания и нейтрализации полученных растворов и удаления любых образовавшихся при этом осадков. Преимуществом данного способа является то, что эта процедура не ограничивается литиевыми/тионилхлоридными или другими батареями на основе лития, но также может использоваться для утилизации других типов батарей или составов, которые могут создавать опасности или токсичные материалы при утилизации, такие как демонтаж определенных взрывчатых или метательных устройств. Кроме того, метод утилизации полезен для любого вещества, обладающего взрывоопасными свойствами или опасной реакцией при воздействии воздуха, воды или водяного пара.

В работе [8] рассматривается гидрохимический метод утилизации литий-ионных аккумуляторов, предложенный специалистами из Южной Кореи. Процесс переработки состоит из нескольких стадий: термической, механической и гидрометаллургической. Для того чтобы выделить электродную массу, а также удалить пластмассовые и металлические корпуса аккумуляторов, используется термическая, а впоследствии механическая обработка. Температура термической обработки не превышает 500°C . После выделения электродную массу обжигают в печи при температуре $700\text{--}900^{\circ}\text{C}$, получая при этом концентрированную катодную массу, которая в основном состоит из LiCoO_2 . Полученный концентрат выщелачивают азотной кислотой с добавлением пероксида водорода, способствующего восстановлению до Co(II) , соединение которого легко переходит в раствор. Из такого раствора нитратов лития и кобальта можно легко получить порошкообразный LiCoO_2 . В основе пирометаллургического метода лежит процесс сжигания раствора электролита, пластмассы и графитного электрода. Конечные вторичные продукты – металлы активного соединения анода (Mn , Ni , Co , Fe), Al и Li – находятся в составе шлака, который используют в качестве добавки для сухих строительных смесей.

Литература:

1. The Lithium-ion battery life-cycle report 2021. Circular Energy Storage. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://static1.squarespace.com/static/587657ddb659497fb46664c/t/5fdaa991dc2ddb6396c30fa6/1608165783527/The+lithium-ion+battery+life+cycle+report+sample.pdf>.

2. К. Ивановская. Влияние использованных батареек на окружающую среду [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Научная статья "Влияние ис-

пользованных батареек на окружающую среду" - экология, разное (есокroshka.ru).

3. Федеральный классификационный каталог отходов: Приказ Росприроднадзора от 22.05.2017 №242 (с изменениями от 2 ноября 2018 года № 451) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kod-fkko.ru/kod-48220131532-othody-litij-ionnyh/>

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

5. Бойко А.Ю., Красильников В.В., Тагаев В.И., Поторопин Е.Б., Серебренников Б.В./ Способ утилизации литиевых источников тока с истекшими сроками эксплуатации/ Патент RU 2531911 С1 МПК⁵¹, Н01М 6/52, 27.10.2014, Бюл. № 30.

6. 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.

7. Stan D. Berry, Frank Bis, Dave T Edelstein, Arpad E. Torma. Method for recycling lithium batteries/ Patent US 005523516A Patent Number 5,523,516 Date of Patent Jun. 4, 1996.

8. Мельникова А.С. Способы утилизации литий-ионных источников тока/ Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития: сборник трудов международной научной экологической конференции, Краснодар, 24-26 марта 2020 г. – Краснодар: Изд-во Кубанского государственного аграрного университета им. И.Т. Трубилина, 2020. С. 202-204.

УДК 631.347

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ВЕРТИКАЛЬНАЯ ГОРОДСКАЯ ФЕРМА ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ НИТРАТОВ В СТОЧНЫХ ВОДАХ

Гоголь Э.В., кандидат химических наук, доцент

Кашина С.К., обучающаяся

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

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Авторами смоделирована вертикальная городская ферма с использованием современных очистных сооружений: системы «нулевого сброса», системой автоматизированного полива и проветривания растений, для создания внутреннего микроклимата, и с использованием только натуральных средств защиты растений – божьих коровок и других насекомых, являющихся естественными врагами для паразитов, для снижения содержания азотистых соединений в поверхностном стоке урбанизированных территорий и, соответственно, евтрофикации принимающих стоков водоемов.

Ключевые слова: вертикальная городская ферма, система автоматизированного полива, микроклимат, нулевые сбросы, евтрофикация, нитраты в поверх-

AUTOMATED VERTICAL URBAN FARM TO REDUCE NITRATE CONTENT IN WASTEWATER

Gogol E.V., candidate of chemical science, associate professor;

Kashina S.K., the master's student

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

Annotation: The authors have modeled a vertical urban farm using modern sewage treatment plants: a «zero discharge» system, an automated irrigation and ventilation system for plants to create an internal microclimate, and using only natural plant protection products - ladybirds and other insects that are natural enemies for parasites, to reduce the content of nitrogenous compounds in the surface runoff of urbanized territories and, accordingly, the eutrophication of reservoirs receiving runoff.

Keywords: vertical urban farm, automated irrigation system, microclimate, zero discharges, eutrophication, nitrates in surface runoff, mathematical modeling.

В настоящее время общеизвестно, что нитраты обладают высокой токсичностью для человека и являются приоритетными загрязнителями поверхностных водных объектов ливневыми и тальными стоками с урбанизированных территорий [1]. Автором предложена модель новой вертикальной городской фермы в рамках развития концепции Smart Cities, на которой растения будут выращиваться при нулевом сбросе пестицидов, гербицидов и синтетических удобрений, за счет современных очистных сооружений, что снизит попадание нитратов в поверхностные водоемы как минимум на 30%, и даст значительный положительный эффект в виде уменьшения евтрофикации водоемов [2-5].

Данная городская ферма отличается от существующих аналогов [6] использованием автоматизированной системы полива и проветривания растений, для создания благоприятного микроклимата внутри самой фермы, а именно, для установки индивидуальных благоприятных условий выращивания для каждого вида растений. Собственный микроклимат, LED-освещение растений 24 часа в сутки и выращивание растений не в почвенном покрове, а в специально предназначенных отдельно на каждое растение кубиках земли [7] приводит к отсутствию вымывания нитратов из почвенного покрова. Все сельскохозяйственные отходы пускаются в производство гумуса, который используется для удобрения почвы, и помогает этому процессу углекислый газ. Опыление растений осуществляется шмелями, что обеспечивает прирост урожая на 20-50%. И такие городские фермы не способны устраивать белые ночи на несколько ближайших километров, так как они оснащены автоматизированными решетками, которые изменяют положение от открытого к закрытому и обратно в зависимости от солнечного освещения на улице.

В том числе, вертикальная городская ферма за счет своего расположения в черте города или на его окраине способствует уменьшению загрязнения атмосферы.

сферы выхлопными газами как минимум на 10%.

Литература:

1. Бульская И.В., Колбас А.П., Волчек А.А. Источники загрязнения поверхностного стока с урбанизированных территорий некоторыми ионами и нефтепродуктами [// Наука – Северному региону: сб. науч. тр. / БГУ имени А. С. Пушкина – г. Брест, Республика Беларусь, 2015. – Вып. № 2 (32). – С. 28-33.

2. Gasanov M., Merculov D. and all. A New Multi-objective Approach to Optimize Irrigation Using a Crop Simulation Model and Weather History/ Computational Science – ICCS 2021. ICCS 2021. Lecture Notes in Computer Science, vol 12745. Springer, Cham. , 75-88, 2021 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://doi.org/10.1007/978-3-030-77970-2_7

3. Shadrin D., Nikitin A., Tregubova P. and all. An automated approach to groundwater quality monitoring – geospatial mapping based on combined application of Gaussian Process Regression and Bayesian Information Criterion/ *Water/ – MDPI Publishing (Basel, Switzerland, Switzerland)*, 13 (4), 400 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.3390/w13040400>

4. Yudina E., Petrovskaia A. and all. Optimization of water quality monitoring networks using metaheuristic approaches: Moscow region use case/ *Water/ – MDPI Publishing (Basel, Switzerland, Switzerland)*, 13 (7), 888 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.3390/w13070888>

5. Gasanov M. et al. (2020) Sensitivity Analysis of Soil Parameters in Crop Model Supported with High-Throughput Computing. In: Krzhizhanovskaya V. et al. (eds) Computational Science – ICCS 2020. ICCS 2020. Lecture Notes in Computer Science, vol 12143. Springer, Cham. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-50436-654>

6. Пантелеев О.Г./ Тепличный комплекс/ Патент 45591 Российская Федерация, МПК Н А01G 31/02, А01G 31/06, 27.05.2005.

7. Кашина С.К. Система автоматизированного полива и проветривания растений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://kpfu.ru/student_diplom/10.160.178.20_NBJVTVXQF0B72WJDYP1RBWL6ZN72VQWP_UBPY9X1LNQRLIOQ20_F_Kashina.pdf

ИЗУЧЕНИЕ ОСУШКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА ОТХОДОМ ЭНЕРГЕТИКИ

Николаева Л.А., доктор технических наук, профессор;

Зайнуллина Э.Р., аспирант

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Природным газом называется смесь газов, которые образовались при разложении различных органических веществ, 98% природного газа составляет метан. Многие углеводородные газы, подлежащие переработке, содержат влагу, что отрицательно сказывается на процессах его переработки.

Ключевые слова: природный газ, адсорбционная осушка, гранулированный сорбционный материал, шлам химводоочистки, адсорбер, влагопоглощение, газовая среда.

ADSORPTION DRYING OF NATURAL GAS WITH CARBONATE SLUDGE

Nikolaeva L.A., doctor of technical sciences, professor;

Zainullina E.R., graduate student

Kazan State Power Engineering University

(Kazan, Russian Federation)

Annotation: Natural gas is a mixture of gases that were formed during the decomposition of various organic substances, 98% of natural gas is methane. Many hydrocarbon gases to be processed contain moisture, which negatively affects the processes of its processing

Keyword: natural gas, adsorption drying, adsorption desiccation granulated sorption materia, chemical water treatment sludge, adsorbent, moisture absorption, gas environment.

Добываемый на месторождениях природный газ не является чистым продуктом, он содержит много примесей. Многие углеводородные газы, подлежащие переработке, содержат влагу. Наличие влаги в природном газе отрицательно сказывается на процессах его переработки. При переработке влажных газов ухудшаются технико-экономические показатели работы установок. В газопроводах наличие воды может приводить к образованию гидратов, в магистрали может появиться обычный лед. И то и другое способно повлечь образование в трубах пробок, препятствуя движению газового потока.

Высокая влажность природного газа приводит к возникновению активных коррозионных процессов на поверхности оборудования. При взаимодействии компонентов углеводородного газа с водой могут образовываться гидраты. Газовые гидраты – твердые кристаллические соединения, образующиеся при определенных условиях из воды и низкомолекулярного газа. По внешнему виду гидраты напоминают лед или снег.

Процесс осушки углеводородных газов можно осуществлять с помощью

четырёх методов: охлаждение, абсорбцией, адсорбцией и комбинированием этих способов [1].

Степень осушки газа оценивают по температуре точки росы, характеризующей степень его насыщения водяными парами. Определение температуры «точки росы» проводится гигрометрами-анализаторами, основанными на конденсационном методе, анализатор измеряет температуру конденсации паров воды на охлаждаемом зеркале в единицах температуры «точки росы».

Для получения низких значений «точки росы» при невысокой влагоемкости углеводородного газа, в работе рассматривается адсорбционный метод осушки.

Адсорбционный метод разделения газовых смесей основан на избирательном поглощении углеводородов, влаги твердыми сорбентами, которые хорошо адсорбируют высшие углеводороды и не поглощают метан.

В работе в качестве адсорбента для осушки природного газа предлагается использовать гранулированный сорбционный материал, разработанный на основе карбонатного шлама Казанской ТЭЦ-1. Карбонатный шлам является отходом тепловых электрических станций (ТЭС).

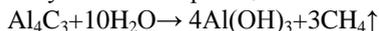
В технологиях осушки природного газа, как правило, применяются адсорберы с зернистой загрузкой. Для получения гранул мелкодисперсный шлам с размерами частиц от 0,01 до 0,09 мм смешивается с жидким натриевым стеклом (ЖНС) при массовом и объемном соотношении 2:1, соответственно. Соотношение подобрано экспериментальным путем. При меньшем соотношении происходит неполное пропитывание шлама ЖНС, и при последующем обжиге гранулы осыпаются; при большем соотношении происходит перерасход связующего. Далее смесь доводится до однородной массы, окатывание происходит в ручную. Гранулы выдерживаются в печи при $t=400^{\circ}\text{C}$ в течение трех часов, далее проводится охлаждение до комнатной температуры в эксикаторе. Гранулы имеют диаметр от 1 до 2,5 мм.

Технологические характеристики полученного гранулированного материала: адсорбционная емкость по влаге – 2,4 г/г; влагоемкость – 49%, насыпная плотность – 536 кг/м^3 , суммарный объем пор – $0,592 \text{ см}^3/\text{г}$, удельная поверхность – $46,2 \text{ м}^2/\text{г}$ [2].

Для исследования сорбционных свойств ГАСМ в газовой среде, приближенной по составу к природному газу, использовалась созданная на кафедре «Технологии в энергетике и нефтегазопереработке» ФГБОУ ВО «КГЭУ» модельная установка с неподвижным слоем шлама.

В установку был включен лабораторный адсорбер, в качестве которого применяли реакционную колонку, изготовленную из нержавеющей стали, что обеспечивало ее стойкость к агрессивным средам. Подвод и отвод газовой смеси осуществлялись с помощью штуцеров 3,13. Подводящий штуцер с помощью резьбового соединения объединялся с диффузионным колпачком. Это обеспечивало равномерное распределение газа по слою ГАСМ, размещенного на сетке, и препятствовало выносу частиц. Для нагрева колонки использовался термостат с электронагревателем 6. Температура газовой среды составляла – 40°C .

Газовая среда в течение экспериментов имела следующий состав, %: O_2 – 4-5,7; CH_4 – 75-79; H_2O – 3. Оставшаяся часть объема газовой смеси составляла CO_2 . При адсорбции влаги, концентрация изменялась в диапазоне 0-10 мг/м³. Расход газов, приведённый к нормальным условиям, составлял 4×10^{-4} м³/с. Метан получали в лабораторных условиях по реакции



Водопоглощение адсорбционного материала определялось гравиметрическим методом.

В работе предлагается данный адсорбер включить в схему рекуперационной установки осушки природного газа. Несмотря на периодичность работы аппаратов с неподвижным слоем, адсорбционные установки работают непрерывно, в них включают несколько адсорберов, причем их число определяется в соответствии с продолжительностью адсорбционно – десорбционного цикла.

Произведен технологический расчет адсорбера периодического действия со следующими исходными данными: за один период проходит $L=2000$ м³ газозвушной смеси с концентрацией метана $C_0=0,0045$ кг/м³. Температура процесса 20 °С, давление атмосферное, скорость потока газозвушной смеси $w_n=13$ м/мин = 0,22 м/с, концентрация смеси после выхода из адсорбера $C=3 \times 10^{-5}$ кг/м³. В качестве адсорбента применяется гранулированный сорбционный материал с диаметром зерен $d_3=1-2,5$ мм и насыпной плотностью $\rho_n=536$ кг/м³. Высота слоя материала $H=0,5$ м, удельная поверхность $a_v=720$ м²/м³, удельный свободный объем $\epsilon_{св}=0,375$. Построена изотерма адсорбции метана при 20°С на разработанном гранулированном материале (рис. 1). Пользуясь этой изотермой, определено количество гранулированного сорбционного материала, необходимое на одну загрузку, диаметр адсорбера и продолжительность поглощения влаги до насыщения адсорбента[3].

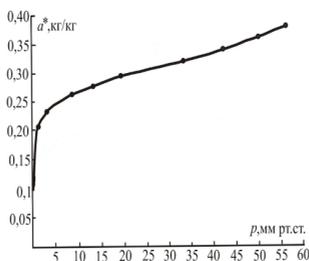


Рис. 1. Изотерма адсорбции паров метана на сорбционном материале в условиях поглощения

Пользуясь этой изотермой, определено количество гранулированного сорбционного материала, необходимое на одну загрузку, диаметр адсорбера и продолжительность поглощения влаги до насыщения адсорбента (табл. 1).

Таблица 1

Технологические характеристики адсорбера периодического действия

| Показатель | Значение |
|--|----------|
| Диаметр, м | 0,52 |
| Площадь поверхности (удельная), м ² /м ³ | 720 |
| удельный свободный объем пор | 0,375 |
| Количество сорбционного материала на одну загрузку, кг | 130,44кг |
| Продолжительность адсорбции, мин. | 306 |
| , ч | 5,1 |
| Высота слоя гранулированного материала, м | 0,5 |
| Влажность гранулированного сорбционного материала, % | 3,0 |

Изучен процесс адсорбционной осушки природного газа разработанным гранулированным материалом на основе шлама химводоочистки Казанской ТЭЦ-1. На лабораторной установке показано, что адсорбционная емкость материала по влаге достигает максимального значения 2,4 г/г. Определены технологические свойства адсорбента.

Рассчитаны технологические характеристики адсорбера периодического действия с неподвижным слоем гранулированного материала: диаметр, количество материала на одну загрузку, продолжительность адсорбции.

Предложена технологическая схема рекуперационной адсорбционной установки осушки природного газа.

Литература:

1. Гриценко А.М. Научные основы промышленной обработки углеводородного сырья. – М.: Недра, 1977, 239 с.
2. Николаева Л.А., Голубчиков М.А., Захарова С.В. Изучение сорбционных свойств шлама осветлителей при очистке сточных вод ТЭС от нефтепродуктов // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. 2012. №9-10. С. 86-91.
3. Лаптев А.Г., Конахин А.М., Минеев Н.Г. Теоретические основы и расчет аппаратов разделения гомогенных смесей. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2007/ 426 с.

УДК 628.4.03

ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЙ МУСОР В ПРИБАЙКАЛЬЕ

Тимофеева С.С., доктор технических наук, профессор

Булашева А.А., обучающийся, магистрант

ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»

(г. Иркутск, Российская Федерация)

Аннотация: Рассмотрена проблема фармацевтического мусора в условия пандемии. Приведены результаты опроса школьников и учителей и установлено, что люди старшего поколения более равнодушны к «зеленым» инициативам по

переработке и утилизации просроченных или же неиспользованных лекарственных препаратов; молодое, новое поколение, не испытывает какого-либо скепсиса в отношении современных тенденций экологической переработки фармацевтического мусора, осознает данную проблему и готово переходить к активным действиям для ее решения.

Ключевые слова: фармацевтические отходы, неиспользованные лекарства, утилизация

PHARMACEUTICAL WASTE IN THE BAIKAL REGION

Timofeeva S.S., Doctor of Technical Sciences, Professor

Bulasheva A.A., student, undergraduate

Annotation: The problem of pharmaceutical waste in the conditions of a pandemic is considered. The results of a survey of schoolchildren and teachers are presented and it is found that older people are more indifferent to "green" initiatives for the processing and disposal of expired or unused medicines; the younger, new generation, does not experience any skepticism about current trends in the ecological processing of pharmaceutical waste, is aware of this problem and is ready to take active action to solve it.

Keyword: pharmaceutical waste, unused medicines, disposal

В последние годы все острее становится проблема фармацевтических отходов. По определению ВОЗ, фармацевтические отходы – это отходы, которые содержат медицинские препараты (лекарства, у которых закончился срок годности или которые больше не нужны, предметы, которые загрязнены фармацевтическими препаратами или содержат их (бутылочки, коробки и т.д.).

Источниками фармацевтического мусора являются в первую очередь клиники, больницы, аптеки фармацевтические склады, где могут накапливаться лекарственные средства с истекшим сроком годности. Медицинским учреждениям категорически запрещено использовать просроченные лекарственные препараты, даже если они хранятся надлежащим образом и могут сохранять свои свойства более длительное время. Чаще всего основанием для утилизации лекарственных препаратов может служить: воздействие солнечных лучей и температуры, нарушение герметичности упаковки, появление резкого запаха, изменение цвета и другие. Опасность представляют не только просроченные лекарства, но и некачественные, фальсифицированные или не прошедшие клинические испытания[1].

Вторым весьма значительным источником фармацевтического мусора население, которое как правило в семье имеет аптечки и просроченные лекарства выбрасывает в контейнеры с бытовым мусором, который вывозится на полигоны для бытовых отходов, или удаляются в коммунальный канализационный коллектор.

По сути дела происходит сознательное загрязнение человеком естественной среды обитания человека и всей биоты, особенно водной, так как на поли-

гонах бытовых отходов образуются в достаточно больших количествах ливневые, талые и дренажные сточные воды, которые распространяют лекарственные средства и в подземные воды[2].

Для лекарственных средств не характерна способность к биоаккумуляции, они отличаются высокой персистентностью, транзитом проходят очистные сооружения и происходит их перераспределение в компонентах окружающей среды и проявление такого феномена как антибиотикорезистентность - антимикробная устойчивость. Вследствие мутации микроорганизмов все труднее становится лечить инфекционные болезни. По прогнозам ВОЗ к 2050 году устойчивые к антибиотикам инфекции будут уносить из жизни 10 млн человек.

Весьма существенным источником поступления антибиотиков в окружающую среду являются использование лекарственных препаратов в животноводстве и птицеводстве, а также аквакультуре. По данным американского агентства Associated Press, в 2008 г. в США было использовано около 15 млн. кг антибиотиков, из них 70 % – в животноводстве.

В России, как утверждает компания Research Techart, в животноводстве потребляется около 3,5 тыс т антибиотиков и это не предел. Среди антибиотиков наиболее потребляемым препаратом является тетрациклин, установлено, например, что его ежедневное потребление составляет 23 кг только для лечения людей [2]

По более поздним оценкам около 4,6 миллиона килограммов антибиотиков было использовано для животноводства в странах Европейского сообщества, а тетрациклины, β-лактамы и цефалоспорины были наиболее потребляемыми продуктами [3-5].

Проблема фармацевтического мусора приобрела еще больше звучание в связи с пандемией коронавируса Covid-19. Объем фармацевтического рынка России в 2020 году превысил 2040 млрд рублей, что на 9,8% выше, чем показатель 2019 года. Объем продаж лекарств в натуральном выражении составил 6,17 млрд упаковок. Наблюдался ажиотажный спрос на препараты, используемые для лечения коронавируса, постоянно менялись протоколы лечения и люди приобретали препараты в запас. А куда их девали после того они оказались ненужными, конечно в мусорный контейнер при отсутствии в России целостной системы управления отходами фармацевтического производства.

По сообщениям ВОЗ в условиях пандемии резко увеличилось производство поддельных лекарств. По всему миру люди запасаются основными лекарственными препаратами. Китай и Индия - два основных производителя товаров медицинского назначения - находятся на карантине, и спрос превышает предложение, из-за чего на рынке лекарств появилось много подделок. Согласно данным ВОЗ, в странах с низким и средним уровнем дохода общий объем торговли поддельными лекарственными средствами, включая лекарства, которые могут быть загрязнены, содержать неподходящие ингредиенты, либо не содержать активные ингредиенты или быть просроченными, оценивается в более чем 30 млрд долларов [6,7].

Проблема фармацевтического мусора в условиях пандемии это не только

рост поступления фармацевтических препаратов, но использованных шприцов, ампул, средств защиты. Сейчас, когда идет всеобщая вакцинация, объемы фармацевтического мусора растут в геометрической прогрессии, а вопросы экологических последствий и утилизации фармацевтических отходов остаются за кадром

Целью настоящей работы является оценка отношения молодых людей к проблеме фармацевтического мусора и разработка предложений по ее решению в Прибайкалье

В работе проведен социологический опрос - анкетирование школьников и учителей одного из лицеев Иркутской области. Учащимся была предложена анкета, включающая следующие вопросы:

Какое количество упаковок лекарственных средств находится в вашей домашней аптечке?

Как часто Вы избавляетесь от ненужных лекарств (в том числе с истекшим сроком годности)?

Число выбрасываемых Вами упаковок лекарственных средств:

Задумывались ли вы ранее над тем, что бесконтрольная утилизация лекарственных средств загрязняет окружающую среду?

Какие пути утилизации неиспользованных лекарственных средств Вы считаете наиболее приемлемыми?

Готовы ли вы к тому, чтобы использовать специальные способы утилизации ненужных лекарств и относить их в специальные места сбора в шаговой доступности?

Оцените Вашу готовность к сортировке бытового мусора и помещению его в различные контейнеры

Оцените Вашу готовность использовать специальные способы утилизации неиспользованных лекарств в зависимости от Вашего возраста

В опросе участвовали 73 обучающихся, из них 45 девушек и 27 мужчин, и 63 преподавателя, из которых 56 женщин и 4 мужчины. Все они принимали участие в опросе добровольно. Возрастной состав обучающихся, участвующих в опросе: в возрасте от 17 до 19 лет -52,1%; 15-16 лет -27,4%; до 14 лет -5,9% . Преподаватели, участвующие в опросе имели возраст 50 лет и более - 41,7%; 40-50 лет -26,7%, 31-40 лет - 20% и 11,7% в возрасте 20-30 лет. Результаты статистически достоверны.

Установлено, что значительная часть обучающихся, в отличие от преподавательского состава, готова ответственно участвовать в решении проблемы утилизации просроченных лекарственных препаратов.

В результате опроса установлено, что практически у 46,6% опрошенных в домашних аптечках имеется от 20 до 50 упаковок лекарственных средств; 37% опрошенных имеют в своих аптечках 10-20 упаковок лекарств и препаратов и у 15,1% в домашней аптечке находится более 50 упаковок лекарственных средств, и всего у 1 респондента до 10 упаковок лекарственных средств. Из опрошенных преподавателей 46,7% хранят в домашней аптечке 10-20 упаковок лекарств; 28,3% до 10 лекарственных средств; 18,3% от 20 до 50 упаковок и у 4

респондентов в домашних аптечках находится более 50 упаковок лекарственных и медицинских препаратов.

При основной масса респондентов сообщила о том, что избавляются от ненужных лекарств раз в год, выбрасывая их в мусорное ведро. При этом участники опроса готовы к сортировке бытового мусора, но пока так не поступали: - это 51,4% школьников и 51,7% учителей, 35,1% обучающихся и 33,3% преподавателей на данный момент уже занимаются экологичными способами сортировки бытового мусора и готовы внедрять такой сбор и для фармацевтического мусора.

Необходимо отметить, что из всех опрошенных респондентов большинство именно обучающихся, отмечают положительную готовность к сортировке бытового мусора и помещению его в различные контейнеры.

В частности готовность использовать специальные способы утилизации неиспользованных лекарств обучающиеся и преподавательский состав оценили примерно в одной пропорции следующим образом: 44 респондента из числа опрашиваемых школьников (59,5%) и 32 преподавателя (52,5%) выразили свою готовность, но пока не занимались специальной эко-утилизацией своих неиспользованных лекарственных препаратов; 19 обучающихся (25,7%) и 17 преподавателей (27,9%) готовы к этому и поступают именно так; 2 школьников и 6 человек из числа преподавательского состава ответили, что не готовы к этому, а затрудняются ответить 9 человек из числа обучающихся и 6 преподавателей соответственно.

Можно заключить, что у обучающихся, в отличие от преподавательского состава, высокая степень готовности и более легкая адаптация к современным способам эко-переработки и утилизации благодаря, скорее всего, личному опыту, свежему молодому взгляду на современные тенденции экологического развития общества и участию в общественной деятельности нынешнего современного мира.

Анализируя результаты опроса можно констатировать, что люди старшего поколения более равнодушны к «зеленым» инициативам по переработке и утилизации просроченных или же неиспользованных лекарственных препаратов;

– молодое, новое поколение, не испытывает какого-либо скепсиса в отношении современных тенденций экологической переработки фармацевтического мусора, осознает данную проблему и готово переходить к активным действиям для ее решения.

В ходе анализа ответов респондентов можно отметить, что низкую готовность можно наблюдать либо у школьников, которые еще не достигли совершеннолетнего возраста и, скорее всего, не до конца сформировалось взрослое и осознанное мышление, либо же у преподавателей, имеющих свои определенные личностные психологические особенности, что не дает им всецело погрузиться в тему экологичного пользования, сортировки и утилизации, либо же, в силу, как раз-таки, своей возрастной категории и уже сформировавшихся жизненных взглядах и устоях.

Литература:

1. Тимофеева С. С., Щуплецова И. Д. Прогнозирование экологических рисков микрополлютантов в Байкальском регионе // XXI век. Техносферная безопасность. 2020. Т. 5. № 3. Р. 269–283. <https://doi.org/10.21285/2500-1582-2020-3-269-283>.

2. Тимофеева С. С., Гудилова О. С. Антибиотики в окружающей среде: состояние и проблемы // XXI век. Техносферная безопасность. 2021. Т. 6. № 3. С. 251–265. <https://doi.org/10.21285/2500-1582-2021-3-251-265>.

3. Sangeda R. Z., Baha A., Erick A., Mkumbwa S., Bitegeko A., Hiiti B., Sillo H. B., et al. Consumption Trends of Antibiotic for Veterinary Use in Tanzania: A Longitudinal Retrospective Survey From 2010–2017 // Front. Trop. 2021. <https://doi.org/10.3389/fitd.2021.694082>.

4. Tiseo K., Huber L., Gilbert M., Robinson T. P., Van Boeckel Th. P. Global Trends in Antimicrobial Use in Food Animals from 2017 to 2030 // Antibiotics. 2020;9(12):918. <https://doi.org/10.3390/antibio-9120918>.

5. Schar D., Klein E. Y., Laxminarayan R., Gilbert M., Van Boeckel T. P. Global trends in antimicrobial use in aquaculture // Scientific Reports. 2020;10:21878. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78849-3>.

6. Фармацевтический рынок России. Электронный ресурс https://dsm.ru/docs/analytics/2020_Report_rus.pdf

7. Из-за коронавируса рынок лекарств заполнили подделки. Особенно в развивающихся странах Электронный ресурс <https://www.bbc.com/russian/features-52207495>

УДК 614.8.084

ПЕРЕДОВЫЕ ПРАКТИКИ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА В РОССИИ

Добродеев С.Н., магистрант

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»
(г. Москва, Российская Федерация)

Аннотация: В работе представлен обзорный анализ корпоративных программ повышения безопасности труда крупных российских компаний. Показаны наиболее перспективные для дальнейшего снижения травматизма и профессиональной заболеваемости направления мероприятий, описаны основные эффекты от внедрения программ повышения безопасности труда на предприятиях различных отраслей.

Ключевые слова: профессиональная заболеваемость, безопасность труда, травматизм, корпоративные программы здоровья.

BEST PRACTICES FOR IMPROVING LABOR SAFETY IN RUSSIA

Dobrodeev S.N., master
National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
(Moscow, Russian Federation)

Annotation: The paper presents a review analysis of corporate programs to improve labor safety in large Russian companies. The most promising directions of measures for further reduction of injuries and occupational disease incidence are shown, and the main effects of the introduction of occupational safety improvement programs at enterprises of various industries are described.

Keyword: Occupational diseases, occupational safety, injuries, corporate health programs.

На данный момент в Российской Федерации (РФ) остро стоит вопрос о снижении производственного травматизма и профессиональных заболеваний при выполнении работником трудовых обязанностей. На законодательном уровне закреплена ответственность работодателя за предоставление достойных условий труда (ст.37 Конституции РФ). Данное требование раскрыто в ст.233 ТК РФ, согласно которой условиями наступления материальной ответственности работодателя являются, во-первых, противоправность поведения (действий или бездействия) работодателя; во-вторых, наличие ущерба, причиненного данным поведением работнику; в-третьих, вина работодателя, причинившего ущерб; в-четвертых, причинная связь между поведением работодателя и ущербом. [1]

Необходимость сохранения здоровья работников – не просто обязательное требование российского законодательства, но и важная составляющая имиджа компании. От отношения к персоналу зависит престиж предприятия в глазах как потенциальных, так и уже работающих сотрудников, а также на рынке в целом. Решение задачи сохранения здоровья может быть найдено при рассмотрении различных направлений мероприятий, среди которых [2]:

- чёткое построение организационной структуры компании;
- соблюдение нормативно-правовых актов в области охраны труда;
- здоровая психологическая атмосфера в коллективе;
- корпоративная культура агитации здорового образа жизни;
- контроль уровней воздействия вредных и опасных факторов труда;
- материальное обеспечение медикаментами, направленными на укрепление здоровья и минимизацию негативного воздействия условий труда и т.д.

Одной из основных проблем при разработке плана мероприятий по снижению травматизма и сохранению жизни и здоровья работников является необходимость рассмотрения всех направлений ввиду комплексности и связности факторов. Так, улучшение управленческой составляющей ведёт за собой налаживание психологического климата в коллективе. Соблюдение требований законодательства и выполнение мероприятий по защите от вредных факторов неразрывно связано с уровнем корпоративной культуры в компании. При низ-

кой ответственности и вовлеченности работников в сохранение собственного здоровья меры, применяемые работодателем, могут исполняться формально, что приведёт к увеличению травматизма.

Соответственно, только организованное, целенаправленное и комплексное введение мероприятий по снижению травматизма на предприятии способно дать значительный результат. В таблице 1 приведен обзорный анализ основных практик повышения безопасности труда, проводимых крупными компаниями.

Таблица 1

Обзор современных практик повышения безопасности труда в России [3-4]

| Название организации | Отрасль | Программа повышения безопасности труда | Краткое описание | Результаты |
|----------------------|-------------------|---|---|--|
| АО «СУЭК» | Энергетика | «Рабочая среда, свободная от курения» | <ul style="list-style-type: none"> - демонстрация фильмов о вреде курения; - проведения месячников отказа от вредной привычки, спортивных соревнований и акций; - в здравпунктах выдача никотиновых пластырей. | <p>За 2 года более 300 сотрудников избавились от никотиновой зависимости.</p> <p>За 4 года продолжительность ЗВУТ снизилась в 2,5 раза.</p> |
| ПАО «Банк Уралсиб» | Финансовый сектор | «Здоровый образ жизни». Кампания «Некурящий офис» | <ul style="list-style-type: none"> - осуществление акций и образования сотрудников; - конкурс картинок с подписью, мотивирующих к отказу от табака; - проведение кампании «Брось курить и победи». | <p>Снижение числа курящих на 5% за 3 года. Экономия 20645156 руб. только за счет перекуров. Затраты равны 26 руб/год на 1 сотрудника, что в 330 раз меньше, чем оказание мед. помощи в рамках ДМС.</p> |
| ГУП «Мосгортранс» | Транспорт | Комната «психоэмоциональной разгрузки» | <p>Дневной отдых работников с 12.00 до 14.00 в комнате психоэмоциональной разгрузки с применением аудиовизуальной терапии, массажа, придания условий для 20-минутного сна.</p> | <p>Снижение уровня сонливости (на 18,9%), рост показателя внимания (на 4,1%), увеличение скорости принятия решений (на 7,1%).</p> |

| Название организации | Отрасль | Программа повышения безопасности труда | Краткое описание | Результаты |
|----------------------------|-------------|---|--|--|
| ООО «Газпром добыча Надым» | Энергетика | Промышленная профилактическая медицина как составляющая социальной политики | <ul style="list-style-type: none"> - профилактические и реабилитационные мероприятия; - динамический мониторинг состояния здоровья; - создание и развитие сети объектов первичной медико-санитарной помощи; - проведение оздоровительных курсов. | Снижение ЗВУТ у работников с тяжелыми и вредными условиями труда по сравнению со средними показателями (на 15–20%). Сокращение смертности и первичного выхода на инвалидность – в 2,5–3 раза ниже показателей региона. |
| ОАО «РЖД» | Транспорт | Программа «Поддержка здоровья и здорового образа жизни» | <ul style="list-style-type: none"> - психологическое сопровождение и диспансеризация; - корпоративная система здравоохранения; - проект по дистанционному контролю над состоянием здоровья; | Для работников 1-й группы зафиксировано кратное снижение: ЗВУТ (в 1,5 раза), числа отстраненных от рейса (в 2,4 раза), числа признанных профнепригодными (в 2,8 раз) за период с 2006 по 2016 гг. |
| ПАО «Северсталь» | Металлургия | Комплексная программа «Здоровье «Северстали» | <ul style="list-style-type: none"> - работа инженерно-врачебной бригады - обеспечение полноценным питанием; - оздоровление средствами физической культуры и спорта; - бесплатная выдача лекарств; - организация санаторно-курортного лечения. | Снижение продолжительности ЗВУТ по заболеваниям органов кровообращения (на 16,4%). Уменьшение количества заболеваний ЖКТ (на 47,1%). Снижение длительности пребывания ра- |

| Название организации | Отрасль | Программа повышения безопасности труда | Краткое описание | Результаты |
|------------------------|-------------------------|---|---|--|
| | | | | ботника на больничном листе (с 11,2 дней до 11 дней). |
| ПАО «СБЕР-БАНК РОССИИ» | Финансовый сектор | Программа: «Здоровье» | <ul style="list-style-type: none"> - массовые акции по отдельным факторам риска; - стимулирование рационального питания; - спортивные мероприятия; - динамическое наблюдение лиц с высоким риском. | За 2 года снижение количества дней ЗВУТ – 0,9 дня на одного сотрудника. Повышение имиджа компании. |
| ООО «ЯСА» | Производство, торговля. | «Коллективный договор – гарант поддержки здоровья работников» | <ul style="list-style-type: none"> - организация отдыха и лечения; - комнаты приема пищи; - вакцинация работников; - спортивные мероприятия; - выплаты пособий и оказание материальной помощи. | Уменьшение количества, как больничных листов, так и нетрудоспособных дней работников. Улучшение условий труда. |

Анализ данных, представленных в таблице, показывает, что наиболее распространёнными мероприятиями являются кампании, направленные на агитацию здорового образа жизни и развитие корпоративной системы здравоохранения. Основным эффектом введения вышеуказанных практик является кратное снижение продолжительности ЗВУТ – до 2,5 крат.

Литература:

1. Актуальные проблемы трудового права: учебник для магистров / А. А. Андреев, М. И. Акатнова и др. ; отв. ред. Н. Л. Лютов. – Москва : Проспект, 2017. – С. 408-413

2. Мустафин Р.В. Анализ снижения производственного травматизма // Тинчуринские чтения. Материалы XIV Международной молодежной научной конференции. В трех томах. – 2019 – С. 192–196.

3. Ковалев С.П., Яшина Е.Р., Ушаков И.Б., Турзин П.С., Лукичев К.Е., Генералов А.В. Корпоративные программы укрепления профессионального здоровья работников в Российской Федерации. // Экология человека. – 2020. – №10. – С. 31–37.

4. Библиотека корпоративных программ укрепления здоровья. Министерство здравоохранения Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/046/753/original/%D0%91%D0%B8%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%B0_%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BF%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC.pdf?1565693486 (дата обращения: 20.09.2021)

УДК 331.45

ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА РАБОТАЮЩЕГО

Петрова В.А., обучающийся

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

Аннотация: Проведена оценка профессионального риска, согласно Р 2.2.1766-03 для работников профессии маляр по физическим и химическим факторам производственной среды. Установлен класс условий труда и показатели относительного риска развития профессионального заболевания.

Ключевые слова: условия труда, профессиональный риск, критерии оценки.

OCCUPATIONAL RISK ASSESSMENT OF AN EMPLOYEE

Petrova V.A., the student

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

Annotation: Occupational risk assessment was carried out according to P 2.2.1766-03 for employees of the profession of painter by physical and chemical factors of the production environment. A class of working conditions and indicators of the relative risk of developing an occupational disease have been established.

Keywords: working conditions, occupational risk, evaluation criteria.

Оценка профессиональных рисков работников — это оценка вероятности причинения вреда здоровью в результате воздействия вредных и опасных производственных факторов при выполнении обязанностей по трудовому договору [1-2].

При проведении оценки профессиональных рисков оценивают не только вредные и опасные факторы, но и другие возможные риски, которые присутствуют на рабочих местах. Как правило, при исследовании рассматривают результаты специальной оценки условий труда, производственного контроля, заключений санитарно-эпидемиологического контроля, предписаний государственных органов.

Для оценки профессионального риска используют следующие критерии:

- гигиенические (предварительные) по Р 2.2.755-99;
- категорирование риска по классам условий труда;
- медико-биологические показатели здоровья работников, в т.ч. репродуктивного и здоровья потомства;
- тяжесть нарушений здоровья работников;
- категорирование риска по степени доказанности;
- степень связи нарушений здоровья с работой по эпидемиологическим данным.

Установим класс условий труда по профессии маляр. Средства измерения: измеритель абсолютного давления Testo 511, прибор комбинированный «ТКА-ПКМ» (24), хроматограф газовый портативный «ФГХ-1», аспиратор сильфонный «АМ-5М», пробоотборное устройство ПУ-4Э, фотометр фотоэлектронный КФК-3-01 «ЗОМЗ».

Во время производственного процесса на маляра действуют химические (загрязняющие вещества в воздухе рабочей зоны) и физические (шум) факторы производственной среды.

Результаты измерений концентраций загрязняющих веществ в воздухе рабочей зоны приведены в табл.1. Измерены концентрации следующих наименований загрязняющих веществ: ксилол изомеры (диметилбензол), толуол (метилбензол), ацетальдегид, бутиловый спирт (бутан-1-ол), уайт-спирит, изобутиловый спирт(2-метилпропан-1-ол).

Таблица 1

Измеренные и нормативные значения по химическому фактору

| Наименование вещества | Измеренное значение | Нормативное значение макс.раз./ ср.см. | Класс опасности | Класс условий труда | Время воздействия, % |
|---|---------------------|--|-----------------|---------------------|----------------------|
| Ацетальдегид+, мг/м ³ | 5.3 | 5 | 3 | 3.1 | 20 |
| Ксилол изомеры (диметилбензол (смесь 2-, 3-, 4- изомеров)), мг/м ³ | 1.37 | 150/50 | 3 | 2 | 20 |
| Толуол (метилбензол), мг/м ³ | 0.75 | 150/50 | 3 | 2 | 20 |
| Уайт-спирит (в пересчете на С), мг/м ³ | 2500.0 | 900/300 | 4 | 3.1 | 20 |
| Изобутиловый спирт (2-метилпропан-1-ол), мг/м ³ | 0.4 | 10 | 3 | 2 | 15 |
| Бутиловый спирт (бутан-1-ол), мг/м ³ | 32.43 | 30/10 | 3 | 3.1 | 15 |

Согласно таблице1 Р 2.2.2006 -05 класс (подкласс) условий труда по химическому фактору -3.1.

Результаты измерения шума приведены в табл. 2.

Таблица 2

Измеренные и нормативные значения по АПФД

| Точка измерения | Результаты измерений | | | Время воздействия, мин |
|-----------------|----------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| | Уровень звука, дБ | Длительность каждого измерения, мин | Эквивалентный уровень за операцию, дБ | |
| Точка 1 | 100;99;99 | 5;5;5 | 99.4 | 72 |
| Точка 2 | 84;83;84 | 5;5;5 | 83.7 | 96 |
| Точка 3 | 79;79;80 | 5;5;5 | 79.4 | 96 |
| Точка 4 | 82;82;81 | 5;5;5 | 81.7 | 192 |
| Точка 5 | 103;103;102 | 5;5;5 | 102.7 | 24 |

Результат:

| Фактор | Фактическое значение | Нормативное значение | Класс условий труда |
|--|----------------------|----------------------|---------------------|
| Эквивалентный уровень звука за 8- часовой рабочий день, дБ | 93.7 | 80 | 3.2 |

Согласно таблице 4 Р 2.2.2006 -05 класс (подкласс) условий труда по шуму – 3.2. Расчет индекса профессионального заболевания (Ипз) производится по формуле:

$$I_{пз} = 1/(K_p \cdot K_t),$$

где:

K_t - категория тяжести выявленного профзаболевания (5-я категория – временная утрата трудоспособности до трех недель; 4-я категория – более трех недель; 3-я категория – постоянная частичная нетрудоспособность и т.д.).

K_p – категория частоты выявления профзаболевания (1-я категория- более 1-% случаев профзаболеваний; 2- я категория -1-10%; 3-я категория – до 1%).

$$I_{пз} = 1 / (3 \cdot 3). \quad I_{пз} = 0.11$$

Строим четырехпольную таблицу сопряженности, исходя из количества исследуемых, имеющих определенные значения факторного и результативного признаков (табл. 3).

Таблица 3

Четырехпольная таблица сопряженности

| | Исход есть (1) | Исхода нет (0) | Всего |
|------------------------------|---|--|---------|
| Фактор риска есть (1) | A | B | A+B |
| Фактор риска отсутствует (0) | C | D | C+D |
| Всего | A+C | B+D | A+B+C+D |
| | <u>Хроническая обструктивная болезнь лёгких</u> | <u>Отсутствие хронической обструктивной болезни лёгких</u> | Всего |

| | | | |
|--|----|----|----|
| Профессиональное заболевание | 2 | 3 | 5 |
| Отсутствие профессионального заболевания | 10 | 50 | 60 |
| Всего | 12 | 53 | 65 |

Находим значение относительного риска по формуле:

$$RR = \frac{A}{A+B} / \frac{C}{C+D} = \frac{A*(C+D)}{C*(A+B)}$$

$$RR = \frac{2}{2+3} / \frac{10}{10+50} = \frac{2*(10+50)}{10*(2+3)} = \frac{2*60}{10*5} = 2,4$$

где, А, В, С, D – количество наблюдений в ячейках таблицы сопряженности.

Находим значения границ доверительного интервала – 95% ДИ (или 95% CI – от англ. «confidence interval»):

Формула расчета верхней границы:

$$e^{\ln(RR)+1,96 \cdot \sqrt{\frac{B}{A \cdot (A+B)} + \frac{D}{C \cdot (C+D)}}}$$

Расчет: $e^{\ln(RR)+1,96 \cdot \sqrt{3/2*(2+3)+50/10*(10+50)}} = 11.23$

Формула расчета нижней границы доверительного интервала:

$$e^{\ln(RR)-1,96 \cdot \sqrt{\frac{B}{A \cdot (A+B)} + \frac{D}{C \cdot (C+D)}}}$$

Расчет: $e^{\ln(RR)-1,96 \cdot \sqrt{3/2*(2+3)+50/10*(10+50)}} = 9.81$

Сравниваем значения относительного риска и границ доверительного интервала с единицей.

Сравнение: Верхняя граница = 11.23 > 1. Нижняя граница = 9.81 > 1.

Показатель относительного риска сравнивается с 1 для того, чтобы определить характер связи фактора и исхода. Если относительный риск равен 1, можно сделать вывод, что исследуемый фактор не влияет на вероятность исхода (отсутствие связи между фактором и исходом). При значениях более 1 делается вывод о том, что фактор повышает частоту исходов (прямая связь). При значениях менее 1 - о снижении вероятности исхода при воздействии фактора (обратная связь). Также обязательно оцениваются значения границ 95% доверительного интервала. Если оба значения - и нижней, и верхней границы - находятся по одну сторону от 1, или, другими словами, доверительный интервал не включает 1, то делается вывод о статистической значимости выявленной связи между фактором и исходом с вероятностью ошибки $p < 0,05$. Если нижняя граница 95% доверительного интервала меньше 1, а верхняя - больше, то делается вывод об отсутствии статистической значимости влияния фактора на частоту исхода, независимо от величины показателя ОР ($p > 0,05$) [1-5].

Интерпретация полученных результатов: показатель относительного риска больше 1, значит фактор повышает частоту исходов. Значения нижней и верхней границы доверительного интервала находятся по одну сторону от 1, статистическая значимость выявленной связи между фактором и исходом с вероятностью ошибки меньше 0.05.

После проведения оценки профессионального риска согласно Р2.2.1766-03 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников.

Организационно- методические основы, принципы и критерии оценки» по профессии маляр, установлен класс условий труда 3.1 т.е. вредный.

Литература:

1. Р 2.2.1766-03 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно- методические основы, принципы и критерии оценки».

2. "Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. критерии и классификация условий труда. Руководство Р 2.2.2006-05.

3. Профессиональный риск для здоровья работников (Руководство) / Под ред. Н.Ф. Измерова и Э.И. Денисова. М.: Тривант, 2003. 448 с.

4. Principles for the assessment of risks to human health from exposure to chemicals. IPCS. Environmental health criteria. N 210. Geneva: WHO, 1999. 495 pp. (Принципы оценки риска для здоровья человека от воздействия химических веществ).

5. 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.

УДК 504.4.054

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ НЕФТИ
КОМБИНИРОВАННЫМИ ОТХОДАМИ ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР
В ДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

Брылякова А.А., обучающийся;
Степанова С.В., кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический
университет»
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Исследована возможность очистки вод от растворенной нефти модифицированными материалами из отходов злаковых культур – пшеницы, овса, ячменя, взятых в различных комбинациях и соотношениях.

Ключевые слова: Очистка вод, растворенная нефть, отходы злаковых культур, обработка кислотой, термообработка.

**STUDY OF WATER PURIFICATION FROM OIL WITH COMBINED
WASTE OF CEREAL CROPS UNDER DYNAMIC CONDITIONS**

Brylyakova A.A., the student;
Stepanova S.V., candidate of technical sciences, associate professor
Kazan National Research Technological University
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The possibility of water purification from dissolved oil with modified materials from waste of cereals - wheat, oats, barley, taken in various combinations and ratios has been investigated.

Keywords: Water treatment, dissolved oil, cereal waste, acid treatment, heat treatment.

Проблема загрязнения нефтью и нефтепродуктами (НП) поверхностных вод является одной из злободневных, и связана, в первую очередь, с антропогенной деятельностью.

В работе [1] проведен анализ состояния водоемов Республики Татарстан на 2017 г. и выявлено, что фактические значения концентрации НП в р. Казанке весной превышают ПДК хозяйственно-питьевого назначения почти в 3 раза. Данное превышение авторами объясняется сбросом неочищенных сточных хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод, а также выбросами выхлопных газов автотранспорта.

Одним из путей решения проблемы загрязнения поверхностных вод НП является создание эффективной, недорогой технологии очистки сточных вод, образующихся в результате добычи, хранения, транспортировки и переработки

нефти.

Нефть и НП в сточных водах могут находиться в различных состояниях: в виде пленки на поверхности воды, в крупно-, средне- и мелкодисперсном состоянии, и даже в растворенном. В зависимости от того, в каком состоянии в воде содержится нефть и НП выбирается оптимальный способ ее очистки. Крупнодисперсные НП удаляются в результате отстаивания. Для удаления мелкодисперсных и связанных НП используют флотационные способы очистки, методы электрокоагуляции и электрофлотации. В результате этих процессов в воде остаются нефтепродукты до концентрации 20 мг/дм^3 [2].

Более глубокая очистка от мелкодисперсных, особенно эмульгированных, НП до 10 мг/дм^3 достигается в процессах фильтрования. Удаление растворенных примесей до $0,5 - 1 \text{ мг/дм}^3$ происходит на стадии сорбционной доочистки [2].

Адсорбция считается единственным физико-химическим методом очистки сточной воды, в котором не происходит вторичного загрязнения воды, к тому же он является недорогим и не требующим высоких эксплуатационных затрат. Определяющим значением в эффективности процесса является использование наиболее оптимального материала, который должен соответствовать ряду требований, в том числе: высокая сорбционная способность по отношению к НП, высокая удерживающая способность, экономичность [3].

В наше время перспективным направлением в техносфере является использование вторичного сырья, что объясняется высокими темпами промышленного развития в мире, и, как следствие, огромными затратами на не возобновляемые ресурсы.

Целью данной работы является исследование эффективности очистки воды от растворенной нефти в динамических условиях кислотообработанными плодовыми оболочками зерен овса (КПОЗО), пшеницы (КПОЗП), ячменя (КПОЗЯ) и термически обработанными плодовыми оболочками зерен овса (ТОПЗО), взятых в различных комбинациях.

Модификация – эффективный способ повысить сорбционную способность, увеличить срок хранения и продолжительность работы материалов. Для получения образцов КПОЗО, КПОЗП, КПОЗЯ использовался 1 % раствор серной кислоты [4]. Для этого в плоскодонную колбу объемом 250 см^3 насыпалось 20 г необработанных образцов и заливалось 200 см^3 1 % раствора серной кислоты. После перемешивания в течение одного часа. Обработанный материал промывался дистиллированной водой до нейтральной среды и сушился при температуре $100 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ до постоянной массы.

Термическая обработка для получения ТОПЗО проводилась при температуре $150 - 160 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 15 мин в присутствии кислорода воздуха [4].

Для проведения фильтровально-сорбционной очистки использовали модельные растворы. Для этого в воду добавляли нефть с расчетом на 3 см^3 нефти на 1 дм^3 воды при постоянно перемешивании. Через каждые 20 мин после начала фильтрации через колонку (высота 20 см и диаметр 3 см), заполненную модифицированными образцами, взятых в различных соотношениях, (расход 10

см³/мин) отбирались пробы очищенной воды через каждые 20 минут, и определялась эффективность очистки воды от нефти для каждой загрузки [4].

В качестве фильтрующей загрузки использовались следующие образцы в различных соотношениях КПОЗП : КПОЗЯ : КПОЗП = 1 : 1 : 1; КПОЗЯ : КПОЗО : КПОЗП : ТПОЗО = 2 : 2 : 2 : 1; КПОЗП : ТПОЗО : КПОЗП = 1 : 1 : 1; ТПОЗО : КПОЗО : ТПОЗО = 1 : 1 : 1 по объему.

В результате эксперимента установлено, что продолжительность работы установки с фильтрующей загрузкой из ТПОЗО : КПОЗО : ТПОЗО составила 180 минут, фильтрующая загрузка из КПОЗЯ : КПОЗО : КПОЗП : ТПОЗП – 140 минут. Продолжительность работы остальных комбинаций была примерно одинаковой и устанавливалась в пределах 100 минут.

Таким образом, в результате проведенных экспериментов показано, что максимальная эффективность очистки модельных вод от нефти была достигнута при использовании комбинации из КПОЗЯ : КПОЗО : КПОЗП : ТПОЗП и равна 98 %.

Литература:

1. Поповнина А.Ю., Умарова Н.Н., Оценка экологического состояния водоемов в Республике Татарстан с помощью методов многомерного анализа // Вестник технологического университета. 2017, т.20, в.19, с.137-142

2. Веприкова Е.В., Терещенко Е.А. и др. Особенности очистки воды от нефтепродуктов с использованием нефтяных сорбентов, фильтрующих материалов и активных углей // Журнал Сибирского федерального университета. Химия. 2010. С. 285-312.

3. Арасланова Л.Х., Латыпова Ф.М., Хуснутдинов М.Р. Модифицированные сорбенты из природного сырья для очистки сточных вод // Уральский экологический вестник. 2014. С. 59-61

4. Брылякова А.А., Яковлева А.В., Степанова С.В. Очистка вод от растворенной нефти комбинированными сорбционными материалами // Инновационные технологии защиты окружающей среды в современном мире: материалы Всероссийской научной конференции с международным участием (Казань, 18–19 марта 2021 г.) / Минобрнауки России; Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2021. – 2030 с. С.81-83.

СИСТЕМА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ТЕКСТИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ОТ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ

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

Аннотация. Рассмотрена технологическая схема очистки сточных вод текстильного производства от взвешенных частиц, рассмотрен принцип работы химического реактора коагуляционной системы очистки, проведен расчет параметров аппарата очистки. Предложено использование емкости подготовки реагента, дозатора, коагулятора с механическим перемешиванием, накопительной емкости, насоса, камеры хлопьеобразования и отстойника. Проведена оценка промышленной, экологической и экономической эффективности данной схемы очистки сточных вод от взвешенных частиц.

Ключевые слова: очистка сточных вод, взвешенные частицы, текстильное производство.

PURIFICATION OF WASTE WATER OF PULP AND PAPER PRODUCTION FROM SUSPENDED PARTICLES

Shavaleeva S.M., candidate of chemical sciences, associate professor,
Burganov A.I., student
Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupoleva - KAI
(Kazan, Russian Federation)

Annotation. The technological scheme of wastewater treatment of textile production from suspended particles is considered, the principle of operation of the chemical reactor of the coagulation purification system is considered, the parameters of the purification apparatus are calculated. The use of a reagent preparation tank, a dispenser, a coagulator with mechanical mixing, a storage tank, a pump, a flocculation chamber and a settling tank is proposed. An assessment of the industrial, environmental and economic efficiency of this wastewater treatment scheme from suspended particles was carried out.

Keywords: wastewater treatment, suspended particles, textile production.

Текстильное производство является одним из самых серьезных источников загрязняющих гидросферу веществ. В сточных водах текстильного производства содержатся до 8000 мг/дм^3 взвешенных частиц, тогда как ПДК составляет 35 мг/дм^3 . Это означает необходимость разработки и внедрения специальной технологической схемы очистки от взвешенных частиц [1].

Загрязнение сточных вод текстильной промышленности зависит от вида используемых технологий, начиная с процесса изготовления и обработки тка-

ней, заканчивая декорированием. От типа выпускаемых тканей (натуральные или синтетические), технологии окраски, растворимости реагентов и красителей в воде зависит количество загрязняющих веществ в сточных водах. Загрязнение сточных вод химически активными красителями является серьезной экологической проблемой. Допустимый уровень фиксации красителей при окрашивании тканей составляет 90%, но, например, при набивке тканей может достигать 60%, в результате чего в сточные воды попадает до 40% красителя.

Анализ научно-технической литературы и справочника наилучших доступных технологий (НДТ) показал, что из существующих рекомендованных технологий очистки сточных вод от взвешенных веществ наилучшей из доступных технологий является коагулирование сульфатом алюминия, позволяющее достичь установленной нормы ПДК для взвешенных веществ 35 мг/дм³ [2].

На основании результатов патентного исследования и материалов справочника НДТ была разработана технологическая схема очистки сточных вод текстильного производства от взвешенных частиц и спроектирован химический реактор коагуляционной очистки (Рис. 1).

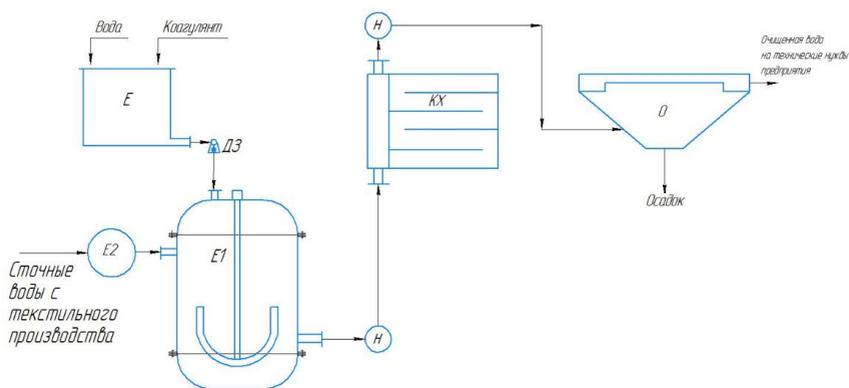


Рис. 1. Технологическая схема очистки сточных вод текстильного производства:

Е - емкость подготовки реагента; ДЗ - дозатор; E1 - химический реактор коагуляционной очистки с механическим перемешиванием; E2 - накопительная емкость; Н - насос; КХ - камера хлопьеобразования; О – отстойник

Технологический процесс очистки сточных вод с текстильного производства заключается начинается с того, что сточные воды с текстильного производства поступают в накопительную емкость (E2), после чего попадают в химический реактор коагуляционной очистки с механическим перемешиванием (E1).

В емкости E осуществляется подготовка реагента, который с применением дозатора ДЗ направляется в химический реактор коагуляционной очистки с

механическим перемешиванием (Е1).

После перемешивания сточных вод с реагентами полученный раствор направляют в камеры хлопьеобразования (КХ), в которых в течение 10-30 минут происходит образование хлопьев. Данная камера представляет собой резервуар, разделенный перегородками на ряд последовательных коридоров, через которые проходит вода. Скорость прохождения воды в коридорах составляет 0,2 - 0,3 м/с.

После камеры хлопьеобразования КХ вода поступает в вертикальный отстойник (О) через верхнюю часть конструкции и движется вниз по центральной вертикальной трубе к находящемуся там растробу. Под трубой находится щит, который отражает и меняет траекторию движущейся воды с нисходящей на восходящую. В этот же момент в отстойной части в осадок интенсивно выпадают диспергированные частицы. Поток воды, который движется вверх перемещается через кромку для переливания воды и попадает в периферийный лоток. Далее очищенная вода поступает на технические нужды предприятия. Осадок с помощью илопровода периодически очищается из отстойной части [3].

Расчетные конструктивные параметры химического реактора коагуляционно-очистки сточной воды объемом 20 м^3 с эффективностью очистки 98%: диаметр корпуса аппарата 2,6 м; диаметр мешалки 2 м; высота аппарата 4,2 м.

Для обеспечения экологического производственного контроля содержания взвешенных частиц до и после очистки предлагается использование нефелометрического метода и устройства портативного многопроцессорного турбидиметра измерителя мутности Н198713-02, работа которого основана на использовании зависимости интенсивности света, рассеянного частицами дисперсной системы, от количества этих частиц. Прохождение светового потока через светорассеивающую среду вызывает рассеяние света частицами этой среды в разных направлениях с той же длиной волны, что и длина волны падающего светового потока. Прибор оснащен современной оптической системой и светодиодным инфракрасным источником света (для устранения влияния цвета), обеспечивающим надежное измерение мутности [4].

Эколого-экономический расчет величины предотвращенного ущерба от сбросов сточных вод, содержащих взвешенные частицы, показал, что суммарный годовой эффект от проведения природоохранных мероприятий составляет 416159 руб/год.

Литература:

1. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология. Человек - Экономика - Биота - Среда: учеб. пособие / Т.А. Акимова, В.В. Хаскин. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. - 566 с.

2. И.Г. Шайхиев, А.И. Мавлетбаева, Ш.М. Ахметшин. Очистка сточных вод войлочного производства. Коагуляционная очистка с сульфатом алюминия // Вестник Казанского технического университета. 2014. №3. - 189-191 с.

3. Гетманцев, С.В., Нечаев И.А., Гандурина Л.В. Очистка производственных сточных вод коагулянтами и флокулянтами / С.В. Гетманцев, И.А. Нечаев, Л.В. Гандурина. - М.: АСВ, 2008. - 271 с.

4. Петерс Д., Хайес Дж., Хифтье Г. Химическое разделение и измерение. Теория и практика аналитической химии. - М.: «Химия», 1978. - 816 с.

УДК 544.6.018.47-036.5-546.62

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ОТ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ

Шавалеева С.М., кандидат химических наук, доцент,
Гараева Э.Ф., обучающийся

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

Аннотация. Рассмотрена технологическая схема очистки сточных вод предприятия молочной промышленности от взвешенных частиц. Предложено совместное применение аппаратов, основанных на процессах усреднения, нейтрализации, флотации, отстаивания, УФ-обеззараживания. Для дополнительного концентрирования и деминерализации получаемой сыворотки предложены аппараты центрифугирования и ультрафильтрации. Оценена эффективность с точки зрения промышленной и экологической безопасности и экономической эффективности предложенной схемы очистки сточных вод, содержащих взвешенные частицы.

Ключевые слова: очистка сточных вод, взвешенные частицы, молочное производство.

PURIFICATION OF WASTE WATER OF PULP AND PAPER PRODUCTION FROM SUSPENDED PARTICLES

Shavaleeva S.M., candidate of chemical sciences, associate professor,
Garayeva E.F., the student

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

Annotation: The technological scheme of wastewater treatment of a dairy industry enterprise from suspended particles is considered. The joint use of devices based on the processes of averaging, neutralization, flotation, settling, UV disinfection is proposed. For additional concentration and demineralization of the obtained serum, centrifugation and ultrafiltration devices are proposed. The efficiency of the proposed wastewater treatment scheme containing suspended particles from the point of view of industrial and environmental safety and economic efficiency is evaluated.

Keywords: wastewater treatment, suspended particles,

Содержание в молочной сыворотке и сточных водах предприятий молочной промышленности большого количества органических соединений, азота, калия делают отходы производства молока ценным сырьем получения полупродукта или вторичного сырья.

Основным компонентом производственных сточных вод на молокоперерабатывающем заводе является остающаяся после удаления тяжелых фракций сыворотка, относящаяся к побочным продуктам, а также вода, образующаяся в процессе мойки тары, оборудования, при уборке производственных помещений. Сыворотка загрязнена органическими загрязнениями (жир, белок, лактоза) в потерях молока, молочных продуктов, отходах производства, нерастворимыми в воде и представляющими собой взвешенные вещества [1].

В соответствии с действующими в настоящее время требованиями стоки молокоперерабатывающих предприятий перед их сбросом на собственные сооружения биологической очистки и/или в городскую канализацию должны проходить локальную очистку. Т.к. состав рассматриваемых сточных вод зависит от вида и объема получаемой продукции, разработать эталонный способ очистки не представляется возможным, необходимо рассматривать каждый объект отдельно.

Для уменьшения нерастворимых в воде загрязнителей, поступающих в стоки предприятия, наилучшие доступные технологии (НДТ) рекомендуют применение различных методов очистки и их сочетания [2, 3]. В случае наличия возможности использования отходов, образующихся в результате очистки, в качестве вторичного сырья или при повышенном содержании полезных веществ в стоках, НДТ рекомендуют внедрение дополнительных аппаратов очистки на соответствующих стадиях технологического процесса. В целом для экономии ресурсов рекомендуется внедрение оборотных технологических схем, т.к. их применение не требует очистки стоков до требуемых ПДК, достаточно достижения заданных производственным процессом значений.

В данной работе в качестве природоохранного мероприятия не только по уменьшению негативного воздействия сточных вод молокозавода на окружающую среду, но и получения вторичного сырья из молочной сыворотки предложено внедрение ультрафильтрационной установки.

При ультрафильтрации внешнее давление 0,1 - 1 МПа, приложенное к системе, больше осмотического, и правильный подбор величины пор мембраны от 10 до 100 нм позволяет улавливать из растворов высокомолекулярные соединения [3]. Довольно большой диаметр пор мембран для ультрафильтрации позволяет уловить довольно крупные частицы белка, в то время как минеральные соли и лактоза могут проходить сквозь поры мембран в фильтрат молочной сыворотки. Ультрафильтрацией возможно отделить от концентрата до 30 % кальция и 50 % фосфора, а степень отделения магния, хлора и калия может достигать 70 - 90 %.

Математическая модель ультрафильтрационной установки определяет значения концентрации и объема пермеата и ретентата в промежуточных камерах и на выходе из ультрафильтрационного аппарата и задает параметры выбо-

ра типа мембраны.

В данной работе предлагается использование установки для ультрафильтрационного концентрирования и деминерализации сыворотки с импульсным подводом тока. Для концентрирования сыворотки можно применять четыре параллельные ультрафильтрационные установки, содержащие соответствующие мембранные аппараты. Схема такой линии представлена на рисунке 1.

В предлагаемой технологической схеме линии ультрафильтрационного концентрирования и деминерализации сыворотки Насос 3, в зависимости от выбранного режима и положения вентиля 5, осуществляет подачу сыворотки в мембранный аппарат 4 или, после достижения необходимой степени концентрирования, - подачу концентрата на распылительную сушилку 8. Подача электрических импульсов на электроды ультрафильтрационного аппарата осуществляется источником электрических импульсов 6. На линии пермеата, между емкостью для сбора пермеата 7 и ультрафильтрационным аппаратом 4, предусмотрен промывной насос 11 для промывки мембранной системы обратным током. Воздух для распылительной сушилки 8 забирается из атмосферы через патронный фильтр 10, не допускающий попадания пыли в пищевое сырье. Воздух нагоняется и нагревается тепловентилятором 9, мощность которого подбирается при расчете сушилки.

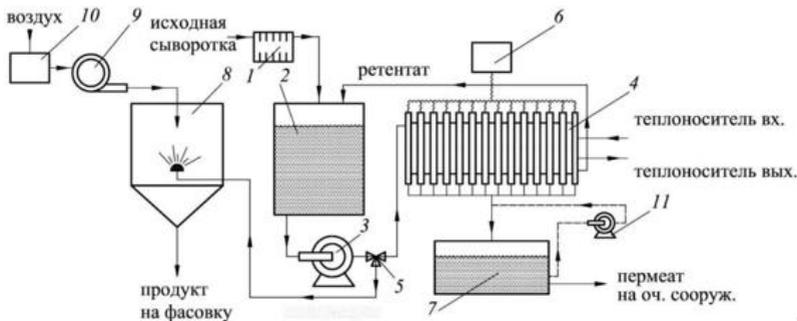


Рис. 1. Технологическая схема линии ультрафильтрационного концентрирования и деминерализации сыворотки:

1 - центрифуга; 2 - исходная емкость; 3 - рабочий насос; 4 - ультрафильтрационный аппарат; 5 - трехходовой вентиль; 6 - источник электрических импульсов; 7 - емкость пермеата; 8 - распылительная сушилка; 9 - тепловентилятор; 10 - патронный фильтр; 11 - промывной насос

Исходная сыворотка поступает в исходную емкость, проходя 30-секундную стадию centrifугирования. Сыворотка концентрируется предложенными ультрафильтрационными аппаратами до содержания белков 40 % масс. По истечению 1,5 часа времени и по достижении заданной концентрации насос переключается для подачи концентрата на сушилку. Параллельно идет заполнение второй (параллельной) исходной емкости новой порцией сыворотки, концентрирование которой начинается по окончании сушки концентрата.

Расчет материального баланса показал массовый расход улавливаемых веществ до/после улавливания: ВВ – 1,102/0,3032 т/сут, БПК₅ – 1,83/0,572 мг/л, ХПК – 2227,2/1,576 мг/л, жиры – 245/2,956 т/сут. Эффективность очистки от взвешенных частиц на ультрафильтрации равна 72,5 % и уменьшение концентрации происходит от 1378 мг/л до 379 мг/л с дальнейшей очисткой при требуемой ПДК 0,75 мг/л.

Исчисление размера вреда, причиненного водному объекту сбросом взвешенных веществ в составе сточных вод показало следующее: платеж за негативное воздействие в виде платежа в пределах установленных нормативов допустимых сбросов составил 65347,51 руб./год, размер вреда, причиненного водному объекту сбросом взвешенных веществ в составе сточных вод, без очистки мог бы составить 1631896,52 руб/год. Предотвращенный экологический ущерб в водную среду составляет 218086,90 тыс. руб/год, эффективность природоохранных мероприятий составляет 2,1 – на каждый потраченный рубль выгода составляет 2,1 рубль, срок окупаемости – 7,5 лет.

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 рациона. использование природ. ресурсов": в 3 т. Т. 2 / А. С. Тимонин . - Калуга : Изд-во Н. Бочкаревой , 2003 . – 881 с.: ил.

3. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник для ВУЗов 14-е изд. / А.Г. Касаткин. – М.: ООО ИД «Альянс», 2008. – 753 с.

УДК 628.544

ПИРОЛИЗ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД УТИЛИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ И БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Исхакова Р.Я., кандидат технических наук, доцент

Травникова А.В., обучающийся

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: в статье рассмотрен процесс пиролиза, условия его проведения, воздействие на окружающую среду, а также возможность объединения отходов биологической очистки сточных вод и отходов нефтяного производства с целью получения новых конечных продуктов.

Ключевые слова: пиролиз, промышленные и бытовые отходы, избыточно ак-

тивный ил, нефтешламы, утилизация, вторичный энергетический ресурс.

PYROLYSIS AS AN EFFECTIVE METHOD OF INDUSTRIAL AND HOUSEHOLD WASTE DISPOSAL

Iskhakova R.Ya., candidate of technical sciences, associate professor
travnikova a.v., student
Kazan State Power Engineering University,
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: the article discusses the pyrolysis process, its conditions, the impact on the environment, as well as the possibility of combining waste from biological wastewater treatment and waste from oil production in order to obtain new end products.

Keywords: pyrolysis, industrial and household waste, excessively active sludge, oil sludge, processing, secondary energy resource.

В связи с быстрыми темпами хозяйственной деятельности в настоящее время актуальным становится вопрос переработки промышленных и твердых коммунальных отходов. Данная проблема имеет особое значение, так как качество атмосферного воздуха и почвы в настоящее время зачастую является неудовлетворительным и оказывает негативное влияние на здоровье человека. Поэтому применение современных технологий переработки отходов производства и потребления, которые позволяют снизить антропогенную нагрузку на окружающую среду, являются перспективными. Одной из подобных технологий является процесс переработки отходов производства и потребления путем пиролиза.

По своей сути, пиролиз – это процесс термического разложения неорганических или органических природных соединений без доступа кислорода, либо же с использованием горячих дымовых газов с целью получения сырья для химической промышленности и переработки твердых бытовых отходов.

Сырье, используемое в процессе пиролиза характеризуется молекулярной массой и строением углеводов. С уменьшением массы сырья, увеличивается выход газообразных компонентов. Такие реакции термического разложения происходят при температуре от 650 С° до 900 С°, а для того чтобы повысить производительность продуктов разложения, необходимо уменьшить время контакта. В связи с этим пиролиз проводится при нормальном атмосферном давлении, а также с добавлением водяного пара, который помогает снизить парциальное давление углеводов.

К достоинствам технологии пиролиза относится то, что он энергонезависим, так как в процессе разложения вырабатывается энергия, которую можно использовать для различных целей, практически автономен, а также оказывает минимальное негативное влияние на окружающую среду и полностью соответствует нормам безопасности.

Принцип работы заключается в том, что углеродосодержащий материал

помещают в реторты, где без доступа кислорода нагревают до требуемой температуры, что приводит к распаду сырья на пиролизный газ и чистый углерод. Далее газ сгорает, а установка переходит в автономный режим, конечные продукты остывают благодаря перегретому водяному газу и затем сливаются по трубам в специальные емкости. При этом выработанную энергию направляют на производство и коммунальные нужды.

В работе предполагается изменение исходного состава веществ, с целью повышения доли органических компонентов в продуктах разложения. Для этого предлагается совместить пиролиз отходов биологической очистки сточных вод и отходов нефтяного производства (нефтешламы).

Данный подход позволит решить вопрос утилизации многотоннажного отхода избыточно активного ила, а также нефтешламов, оказывающих значительное негативное воздействие на окружающую среду, а также получить большой выход новых химических продуктов. При объединении различных отходов производства возможно увеличить скорость реакции распада сырья.

В настоящее время разрабатывается все больше технологий переработки отходов производства и потребления, а применение подобных технологий становится более частым, так как данные подходы являются экологически чистыми и позволяют реализовать принцип энергоресурсосбережения за счет вторичного использования отработанных отходов в качестве вторичных энергетических и материальных ресурсов. Объединение различных отходов производства и потребления может повысить не только эффективность процесса, но и получить ценные конечные продукты.

Литература:

1. Бертокс Г. Стратегия окружающей среды от загрязнений: пер. с англ. / Г. Бертокс, Д. Радд.-М.: Мир, 1980. – 606 с
2. Гвоздев В.Д., Ксенофонтов Б.С. Очистка производственных сточных вод и утилизация осадков. М.: Химия, 1988. 112 с.

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

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА ОТ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ

Шавалеева С.М., кандидат химических наук, доцент,
Каримов Р.Р., обучающийся

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

Аннотация. Рассмотрена технологическая схема очистки сточных вод целлюлозно-бумажного производства от взвешенных частиц. Предложено совместное применение радиального отстойника, смесителя-нейтрализатора, усреднителя-преаратора, смесителя биогенных добавок, аккумулятора АИ, аэротенка-смесителя, вторичных радиальных отстойников, насосной станции, реагентного смесителя, камеры хлопьеобразования, горизонтального отстойника, шламоуплотнителя, гидроциклона, нейтрализатора, шламовой насосной станции. Оценена эффективность с точки зрения промышленной и экологической безопасности и экономической эффективности коагуляционного метода очистки сточных вод, содержащих взвешенные частицы.

Ключевые слова: очистка сточных вод, взвешенные частицы, целлюлозно-бумажное производство.

PURIFICATION OF WASTE WATER OF PULP AND PAPER PRODUCTION FROM SUSPENDED PARTICLES

Shavaleeva S.M., candidate of chemical sciences, associate professor,
Karimov R.R., the student

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

Annotation: The technological scheme of pulp and paper production waste water purification from suspended particles is considered. A joint application of a radial settler, a mixer-neutralizer, a homogenizer-preareator, a mixer of biogenic additives, an AI accumulator, an aeration tank-mixer, secondary radial settling tanks, a pumping station, a reagent mixer, a flocculation chamber, a horizontal settler, a sludge compactor, a hydrocyclone, a pump station, a sludge. The efficiency from the point of view of industrial and environmental safety and economic efficiency of the coagulation method of wastewater treatment containing suspended particles has been evaluated.

Keywords: waste water treatment, suspended particles, pulp and paper production.

Сточные воды предприятий целлюлозно-бумажного производства, содержащие загрязняющие вещества сложного компонентного состава, оказывают негативное воздействие на окружающую среду. Они содержат взвешенные вещества, растворенные неорганические компоненты, растворенные органические

ские компоненты, в том числе плохо пахнущие соединения серы [1]. Так, содержание взвешенных частиц может достигать 4000 мг/л при ПДК 0,75 мг/л. Поскольку потребление воды предприятиями целлюлозно-бумажной промышленности составляет в среднем 300–350 м³/т продукции, по отдельным видам продукции — до 600 м³/т, то их своевременные очистка и контроль качества очистки являются актуальными.

В целях уменьшения поступления в стоки загрязнителей наилучшие доступные технологии (НДТ) для очистки сточных вод от взвешенных частиц применяют различные методы очистки и их сочетания [2, 3]. НДТ рекомендуют внедрение оборотных технологических схем с интенсификацией протекающих процессов использованием коагулирующих добавок [4]. При правильном подборе аппаратов очистки концентрация взвешенных частиц в стоках достигает ПДК. Но при использовании очищенной воды для нужд предприятия в замкнутом цикле достижение ПДК не требуется, достаточно достичь определенного значения, заданного производственным циклом. Это значительно удешевляет природоохранные мероприятия, а также позволяет экономить на используемом ресурсе.

Рассматриваемая в данной работе технологическая схема локальной очистки сточных вод целлюлозно-бумажного производства (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 поле действия центробежных сил - в напорном гидроциклоне конической формы [5].

Предварительная механическая очистка воды от взвешенных веществ происходит в радиальных отстойниках 1, затем вода поступает в смеситель-нейтрализатор 2, где подкисляется серной кислотой до pH=8. Подкисленная вода направляется в усреднитель-преаэротор 3, где в течение 4 часов происходит отдувка сернистых соединений. В усреднитель может быть предусмотрен подвод осадка из первичных отстойников или избыточного активного ила, что снизит показатель БПК на 30%.

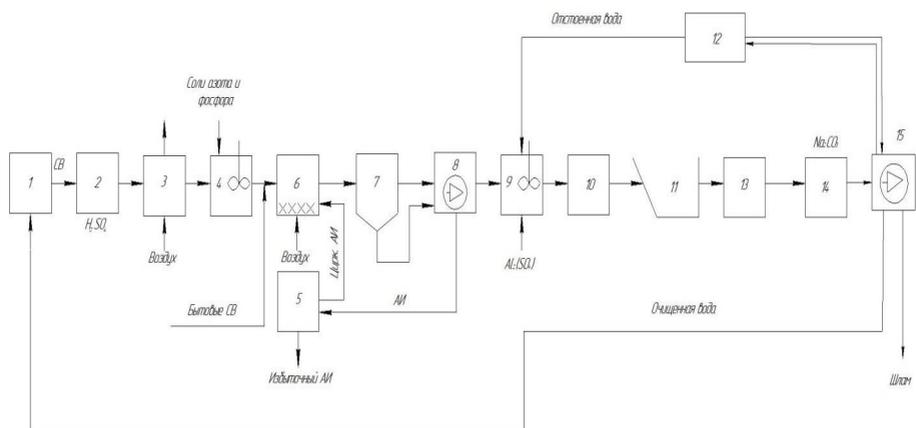


Рис. 1. Схема локальной очистки сточных вод целлюлозно-бумажного производства методом коагуляции:

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

Очищенные таким образом стоки готовы к поступлению на биологические очистные сооружения. Подготовленные стоки через аккумулятор 5 поступают в аэротенки-смесители 6. Сюда же могут подаваться бытовые сточные воды, прошедшие механический этап очистки. Иловая смесь из аэротенков поступает на вторичные радиальные отстойники 7, а затем аккумулируется в емкости для ила. Циркулирующий ил снова участвует в процессе очистки в аэротенках, а избыточный ил отводится для утилизации. После этапа биологической очистки вода насосами 8 подается на физико-химическую очистку. Этот этап проходит в реагентном смесителе 9 и в камере хлопьеобразования 10. Реагентная очистка солями алюминия с полиакриламидом или известью позволяет удалить из воды высокомолекулярные соединения лигнина и его производные.

После физико-химической очистки вода поступает в горизонтальный отстойник 11. Мелкодисперсные взвешенные вещества, неотделенные от сточной воды в отстойниках, удаляются центрифугированием с помощью гидроциклона 13 и затем сток нейтрализуется в нейтрализаторе 14 при помощи каустической соды. Шлам из отстойника отводится на шламоуплотнители 12, где отделенная вода возвращается в смеситель физико-химической очистки, а сгущенный шлам через шламовую насосную станцию 15 отправляется на утилизацию. 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 предусмотрен возврат воды на дополнительную очистку, а также возврат уже очищенной воды в производство для экономии воды. В связи с этим нет необходимости доведения загрязненности стоков до требуемых ПДК.

Для обеспечения экологического производственного контроля содержания взвешенных частиц до и после очистки предложено использование нефелометрического метода и прибора портативного многопроцессорного Турбидиметра измерителя мутности HI98713-02, работа которого основана на использовании зависимости интенсивности света, рассеиваемого частицами дисперсной системы, от числа этих частиц. Прохождение светового потока через светорассеивающую среду вызывает рассеивание света частицами этой среды в различных направлениях с той же длиной волны, что и длина волны падающего светового потока. 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 рублей.

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 природных ресурсов": в 3 т. Т. 2 / А. С. Тимонин. - Калуга : Изд-во Н. Бочкаревой, 2003. – 881 с.: ил.

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. Бауман А.В. Гидроциклоны. Теория и практика.: – Новосибирск, Гормашэкспорт, 2018. – 56 с., ил.

УДК 54.057; 546.05; 544.03

СИНТЕЗ НЕОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ТЕХНОЛОГИИ СВС, ИССЛЕДОВАНИЯ ИХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИК И ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИМЕНЕНИЯ

Кузнецов М.В., доктор химических наук, главный научный сотрудник
ФГБУ Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам
гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций
(федеральный центр науки и высоких технологий) МЧС России
(г. Москва, Российская Федерация)

Аннотация: Представлен обзор современного состояния и перспектив развития самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) – перспективной и экологически чистой технологии получения неорганических материалов в различных экспериментальных условиях. Исследованы физико-химические характеристики продуктов синтеза и возможности их практического использования.

Ключевые слова: СВС, сложные оксиды, экологически чистая технология, электрические и магнитные поля, селективное лазерное спекание, спектроскопические методы, ферриты, датчики потенциально опасных газов.

SYNTHESIS OF INORGANIC MATERIALS USING ENVIRONMENTALLY FRIENDLY SHS TECHNOLOGY, STUDIES OF THEIR PHYSICO - CHEMICAL CHARACTERISTICS AND PRACTICAL APPLICATIONS

Kuznetsov M.V., doctor of chemical sciences, principal researcher
All-Russian Research Institute on Problems of Civil Defense and Emergencies of
Emergency Control Ministry of Russia (EMERCOM)
(Moscow, Russian Federation)

Annotation: An overview of the current state and prospects for the development of self – propagating high-temperature synthesis (SHS), a promising and environmentally friendly technology for the production of inorganic materials under various experimental conditions, is presented. The physicochemical characteristics of the synthesis products and the possibilities of their practical use are investigated.

Keywords: SHS, complex oxides, environmentally friendly technology, electric and magnetic fields, selective laser sintering, spectroscopic methods, ferrites, sensors of potentially dangerous gases.

Самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) сложных оксидных материалов сформировался как самостоятельное научное направление в рамках теории и практики горения, а также современного материаловедения. В результате проведенных исследований с использованием различных экспериментальных подходов в режиме гетерогенного горения конденсированных систем синтезирован широкий спектр сложных оксидных и других неорганиче-

ских материалов, таких как: ВТСП-материалы, различные классы ферритов, пьезоэлектрики, огнеупоры, пигменты, интерметаллиды, карбиды, бориды и т.д. Изучены процессы горения и фазообразования, различные физико-химические характеристики, разработаны лабораторные и промышленные технологии производства.

Были также разработаны принципиально новые подходы к синтезу функциональных оксидных материалов и управлению их свойствами с помощью физико-химических воздействий на процессы горения и фазообразования. Это электрические (до 500 кВ/м), постоянные магнитные и электромагнитные (от 0.2 до 20 Тл) поля и другие факторы. Управление процессом и свойствами продуктов СВС с помощью внешних физических факторов (электрического, электромагнитного, ультразвукового полей, поля инерционных сил, лазерного воздействия и др.) имеет значительные преимущества перед такими традиционными приемами регулирования реакции, как предварительный подогрев, изменение состава, дисперсности, пористости смеси и т.д. Особый интерес вызывает роль нетепловых факторов воздействия электрического и магнитного поля на процесс СВС. Такие поля, бесконтактным образом приложенные в процессе СВС к зоне интенсивных химических реакций, могут оказывать влияние на процессы формирования и микроструктуры продуктов синтеза.

Влияние магнитных полей достигается за счет поляризации магнитных частиц шихты, которые вместе с частицами других компонентов выстраиваются вдоль силовых линий поля, обеспечивая более высокую теплопроводность смеси за счет ее анизотропии, а следовательно, увеличение температуры, скорости реакции, степени дореагирования и формирование однодоменных структур. Тем самым, под действием магнитных полей существенно интенсифицируются процессы кислородного обмена и, соответственно, окислительные процессы при формировании сложных оксидов. Влияние магнитного поля на характеристики процессов и продуктов горения может также определяться следующими факторами: а) фронт волны горения представляет собой плазму, содержащую ионы, возникающие в волне горения. Поляризация ионов под действием магнитного поля приводит к изменению характера распространения волны горения; б) в кислородсодержащих системах часть кислорода воздуха и кислорода, выделяющегося в результате разложения твердых окислителей, находится в парамагнитном состоянии. Влияние поля на парамагнитный кислород приводит к изменению скорости процессов окисления и, как следствие, фазообразования в реагирующих смесях. Имеет место эффект уменьшения параметров элементарных ячеек ферритов, синтезированных в присутствии поля. Это происходит за счет увеличения степени направленной упорядоченности магнитных атомов в структуре магнитных материалов под действием внешних физических полей. Использование магнитных полей в процессах синтеза ферритовых материалов позволило получить продукты, намагнитченность насыщения которых существенно превышает аналогичные характеристики материалов, синтезированных в отсутствие поля. Таким образом в ферритовых материалах реализуется эффект наведенной магнитной анизотропии. Обнаружен эффект

смягчения ферритов, заключающийся в уменьшении их коэрцитивной силы при использовании магнитного поля до 1.1 Тл в процессе их синтеза в режиме СВС. Аналогичным образом управление структурой и свойствами ферритов может быть осуществлено исключительно с помощью химического метода – замещения железа другими элементами с меньшим собственным магнитным моментом. При исследовании ферритовых систем установлено, что формирование продуктов в низкокалорийных слабо экзотермичных СВС – системах возможно при температурах горения ниже t_c Кюри материала. Например, при синтезе ферритов щелочных металлов.

В результате комплексных исследований нами впервые были получены данные о динамике процессов горения и фазообразования в системах, взаимодействие в которых протекает в режиме гетерогенного горения, с помощью таких уникальных методов, как проникающее синхротронное излучение (с разрешением до 10 мс), а также высокочувствительный ИК-спектроскопический метод (с разрешением до 0.033 с). Также впервые в практике процессов горения нами был применен чрезвычайно чувствительный оптико-пирометрический метод, основанный на непрерывной регистрации всего процесса горения с использованием инфракрасной (ИК) камеры и программного обеспечения фирмы MIKRON Instrument Co., Inc. (M9100 Pyrovision Series – Imaging Pyrometer) (США). Полученная информация позволяет регистрировать значения температуры в данный конкретный момент в любой точке сканируемой поверхности + максимальная температура + скорость распространения волны горения + динамика процессов нагрева и остывания. Впервые в практике исследования продуктов СВС на примере СВС-ферритов и СВС-интерметаллидов с использованием возможности Мессбауэровской спектроскопии изучена стадийность заполнения подрешеток ферритовых материалов атомами железа и замещающих его элементов, критические концентрации замещающего элемента для каждой конкретной системы, а также особенности формирования магнитных подрешеток материалов под действием магнитного поля.

Разработаны технологические процессы, совмещающие в себе подходы гетерогенного горения и селективного лазерного спекания (СЛС) и позволяющие получать трехмерные функциональные изделия непосредственно в процессе синтеза. Они позволяют осуществлять реакцию СВС точно в пятне лазерного излучения при сканировании лазером поверхности порошковой композиции. С помощью изменения концентрации и степени связности порошковой композиции к настоящему времени данная технология реализована применительно к созданию интеллектуальных микроустройств – сенсоров, фильтров, пьезодетекторов, пьезонасосов и т.д. Однако наиболее интересные перспективы в области практического использования данной технологии открываются применительно к созданию объемных биосовместимых функциональных имплантатов. С помощью специальных технологических подходов удалось получить объемные функциональные имплантаты – штифты для челюстно-лицевой хирургии, ортопедии, элементы зубных протезов и искусственные зубы и т.д. Для каждого конкретного изделия были экспериментально определены параметры лазерного

воздействия (ЛВ), режимы укладки порошков и характеристики исходных материалов. Были исследованы физические и механические свойства полученных функциональных имплантатов, их микроструктура и коррозионные свойства, а также эффекты памяти формы изделий (shape-memory effects – SME). Соблюдение баланса между необходимой пористостью изделия и требуемыми прочностными характеристиками является сложной самостоятельной технологической задачей, также успешно решенной применительно к каждому изделию. Формирование заданной пористости способствует созданию в объеме материалов необходимых пространств для введения в их структуру соединений (таких, например, как гидроксипапатит), которые, будучи абсолютно безвредными для живых тканей, способствуют вживляемости имплантатов в организмы человека и животных.

В рамках СВС сложных оксидных материалов успешно ведутся работы по синтезу и исследованию свойств материалов для альтернативных источников энергии – SOFC (анодов, катодов, а также интерконнектных элементов); компонентов литий-ионных батарей и др. Впервые синтезированы сложные оксиды, перспективные с точки зрения их использования в качестве материалов для датчиков различных потенциально опасных газов. Исследована газочувствительность таких микродисперсных порошков. Электрический отклик образцов представлял собой увеличение их электросопротивления (обычного для материалов р-типа), имевшее место в связи с тем, что насыщение поверхности ионами адсорбированного кислорода уменьшается в присутствии газавосстановителя. Это приводило к уменьшению концентрации носителей заряда и, как следствие, к уменьшению проводимости. Все это открывает широкие возможности в области определения взрывоопасных, токсичных и горючих газов в рамках борьбы с терроризмом и другими незаконными действиями.

УДК 620.3

ТЕСТИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НАНОЧАСТИЦ ДЛЯ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ НА ПРИМЕРЕ СЕМЯН РАСТЕНИЙ

Шавалеева С.М., кандидат химических наук, доцент,

Уланова А.А., обучающийся

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

Аннотация. В данной работе рассмотрена взаимосвязь свойств материалов с размерами структурных элементов. Рассмотрен вопрос безопасности действия наночастиц на живые организмы и необходимости регламентации их использования в товарах народного потребления. Для определения влияния содержания наночастиц на живые организмы предлагается использовать метод биологического тестирования.

Ключевые слова: Наночастицы, размер наночастиц, биотестирование, влияние

наночастиц, живые организмы, товары народного потребления, семена растений.

TESTING THE SAFETY OF NANOPARTICLES FOR LIVING ORGANISMS USING THE EXAMPLE OF PLANT SEEDS

Shavaleeva S.M., candidate of chemical sciences, associate professor,
Ulanova A.A., the student

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

Annotation: The relationship of the materials properties with the dimensions of structural elements is considered. The issue of the nanoparticles action safety on living organisms and the need to regulate their use in consumer goods is considered. To determine the effect of the content of nanoparticles on living organisms, it is proposed to use the method of biological testing.

Keywords: Nanoparticles, nanoparticle size, biotesting, nanoparticle effect, living organisms, consumer goods, plant seeds.

Взаимосвязь свойств материалов с размерами их структурных элементов изучаются давно [1]. Доказано, что размер частиц влияет на кристаллическую структуру вещества, симметрию кристаллической решетки, а также на различные термодинамические параметры, механические, магнитно-электрические и химические свойства.

Размерно-зависимые эффекты особенно значительны в интервале наноразмеров, т.е. для ультрадисперсных систем. Эти интервалы являются характеристичными: для каждого физического или химического свойства характерен свой интервал, где размерные эффекты достигают значительных размеров [2].

В общем виде влияние размера частиц на их свойства можно изобразить следующей зависимостью (рис. 1).

Из рисунка видно, что, с уменьшением размера и переходом от макроскопического тела к агломерациям нескольких сот или даже тысяч атомов, свойства частиц могут отличаться кардинально. Даже в случае наночастиц, образованных неметаллами, в частности углеродом С, поведение электронов по причине изменения плотности состояний в валентной зоне и в зоне проводимости резко изменяется, что отражается, в первую очередь, на магнитных и электрических свойствах. Непрерывная плотность состояний, наблюдаемых в макромасштабе, становится дискретной, расстояния между ними зависят от размеров частиц. В результате этого возникает размерно-зависимое поведение свойств наночастиц.

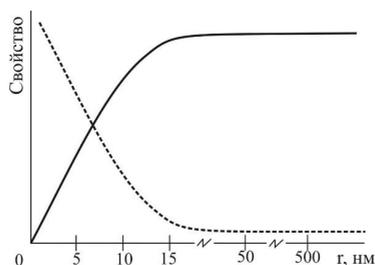


Рис.1. Зависимость свойств частиц от их размера.

Наночастицы различных материалов широко применяются в разных отраслях промышленности: от лакокрасочной до пищевой [3]. Наиболее распространены частицы из углерода (нанотрубки, фуллерены, графен), оксида кремния, золота, серебра, а также оксида цинка и диоксида титана. Например, антибактериальное, противовирусное и противогрибковое действие наночастиц серебра используется, в пищевых продуктах и их упаковках; фотокаталитическая активность и поглощение света в ультрафиолетовом диапазоне наночастиц оксидов цинка и титана - в качестве антисептиков в зубной пасте и косметике, краске, пластике и текстиле.

Однако актуальным остается вопрос безопасности действия наночастиц на живые организмы [4]. Основными органами-мишенями являются ткани дыхательной, интестициальной, иммунной, кожной систем, критичными по последствиям действия наночастиц являются головной мозг, репродуктивные и выделительные органы. Можно полагать, что мишенями для наночастиц являются биологические макромолекулы, биологические мембраны, системы окисления-восстановления. Соизмеримость наночастиц с биологическими молекулами и вирусами может иметь новые химические и биологические свойства, обеспечивая повышенную проникающую во внутримолекулярное пространство организма способность, недоступную для больших частиц [5]. Особенно серьезную озабоченность вызывают пищевые продукты, содержащие нанодобавки [6].

Наноразмерные частицы могут иметь непредсказуемое влияние не только на людей и животных, но и в целом на окружающую среду вследствие высвобождения из утилизируемой упаковки, остатков косметических средств, лакокрасочных изделий. Такие частицы могут аккумулироваться в природных водах и почве, нарушая естественную микрофлору, впоследствии попадая через растения в пищевую цепь [7].

Чтобы определить безопасность воздействия тех или иных наночастиц на человеческий организм следует выяснить, до какого определенного размера можно уменьшать частицы до того, как они приобретут опасные для организма свойства, а также разработать специальные регламенты по составу и содержанию наночастиц в товарах народного потребления.

В данной работе для определения влияния содержания наночастиц на живые организмы предлагается использовать метод биологического тестирования

– изучение прорастание семян различных растений в водных растворах, содержащих наночастицы разной концентрации.

Литература:

1. В. Ф. Марков, Т. А. Алексеева, Л. А. Брусницына, Л. Н. Маскаева ; науч. ред. В. Ф. Марков Коллоидная химия: примеры и задачи : [учеб. пособие] /– Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 188 с.

2. А.Н.Глебов, С.М.Шавалеева, Е.П.Сидорова; науч. ред. А.Н.Глебов Физико-химия кластеров и наночастиц: [учеб. пособие]/ Казань: Изд-во «Экоцентр», 2012. – 104 с.

3. Наночастицы и новые свойства известных материалов/
<http://newnano.ru/nanotehnologii-kak-nauka/nanomaterialy/nanochastitscy-i-novye-svoistva-izvestnyh-materialov.html>

4. Каркищенко Н.Н. Альтернативы биомедицины. Т.1. Основы биомедицины и фармако-моделирования. – М.: Изд-во ВПК, 2007.

5. Методологические проблемы изучения и оценки био- и нанотехнологий (нановолны, частицы, структуры, процессы, биообъекты) в экологии человека и гигиене окружающей среды / под ред. Ю.А.Прахмина. – М., 2007.

6. Горбунова Н.А., Тюниева Е.К. Риски и безопасность использования нанотехнологий пищевых продуктов: обзор / - Теория и практика переработки мяса, №3 – 2016.

7. Klaine S. J., Alvarez P. J. J., Batley G. E., Fernandes T. F., Handy R. D., Lyon D. Y., Nanomaterial's in the environment: behaviour, fate, bioavailability, and effects // Environmental Toxicology and Chemistry, 2008. — Vol. 27. — P. 1825–1851.

УДК 678.07

УСТОЙЧИВОСТЬ БИОДЕГРАДИРУЕМЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА К ФОТОТЕРМИЧЕСКОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

Янов В.В., кандидат технических наук, доцент;

Хуппиев И.Р., обучающийся;

Зенитова Л.А., доктор технических наук, профессор

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Экологические проблемы, связанные с утилизацией полипропилена и композиций с его использованием актуальны. В данной работе рассматривается устойчивость биоразлагаемых композиций полипропилена к фотохимическому воздействию.

Ключевые слова: полипропилен, натуральный каучук, фосфолипидный концентрат, показатель текучести расплава, фотохимическое воздействие.

STABILITY OF BIODEGRADABLE COMPOSITIONS BASED ON POLYPROPYLENE TO PHOTOTHERMAL EXPOSURE

Janov V.V., candidate of technical sciences, associate professor;

Huppiev I.R., the student;

Zenitova L.A., doctor of technical sciences, associate professor

Kazan National Research Technological University

(Kazan, Russian Federation)

Annotation: Environmental problems associated with the disposal of polypropylene and compositions with their use are urgent. This paper examines the resistance of biodegradable polypropylene compositions to photochemical exposure.

Keyword: polypropylene, natural rubber, phospholipid concentrate, melt flow rate, photochemical effect.

В данной работе объектом исследования служил полипропилен (ПП). Изделия из ПП нашли широкое распространение в мире как отличный заменитель таких традиционных материалов, как металлы, дерево, стекло, натуральные волокна, бумага, в строительстве и машиностроении, упаковке, текстильной промышленности и других отраслях.

Тем не менее, экологические проблемы, связанные с утилизацией ПП все еще актуальны. Одним из наиболее перспективных подходов к получению биоразлагаемых материалов является введение малых добавок веществ, ускоряющих их способность к биодеструкции микроорганизмами почвы после утилизации. Среди полимеров, способных к биологическому распаду, относится натуральный каучук (НК). НК вырабатывается растениями и не накапливается в природе, что свидетельствует об его микробиологическом разрушении под действием бактерий и грибов. Так как присутствие липидов и белков в НК ускоряет процесс деградации основного полимера, то целесообразно использовать не только неочищенный НК, но и фосфолипидный концентрат (ФЛК), а также их смеси. При этом стоимость композиции существенно уменьшается, поскольку ФЛК намного дешевле НК.

В этой связи для производства биodeградируемого ПП в основную полимерную матрицу вводили НК или ФЛК и их смеси. ФЛК, как и НК, биологически разлагаемый материал. Поэтому предположительно, что его присутствие может усилить деградацию.

Однако, прежде чем обрабатывать технологию получения биodeградируемого ПП, необходимо убедиться, что композиции с использованием НК и ФЛК позволят эксплуатировать такой материал длительное время в жестких условиях без существенной потери основного комплекса показателей. В качестве имитации процесса эксплуатации изделий использовали кооперативное воздействие УФ – облучения и повышенной температуры.

В качестве основного полимера применялся ПП производства ООО "Омский завод полипропилена" марки РР Н 030GP 38/01-17 С 30 В. В качестве добавок использовался НК - производства Вьетнам и ФЛК, ОАО «Казанский жи-

ровой комбинат». Композиции готовились на смесители роторного типа "Brabender PL 2000", при следующих условиях: температура смешения 180°C, скорость вращения роторов 60 об/мин, время смешения 5 минут. НК добавляется в ПП в измельченном виде до размера гранул ПП.

В таблице 1 представлен состав исследуемых ПКМ.

Таблица 1

Состав ПКМ, % масс.

| Серия 1 | | | Серия 2 | | | Серия 3 | | |
|---------|------|-----|---------|----|------|---------|------|------|
| ПП | НК | ФЛК | ПП | НК | ФЛК | ПП | НК | ФЛК |
| 100 | 0 | - | 100 | - | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 99,0 | 1,0 | - | 99,0 | - | 1,0 | 99,0 | 0,5 | 0,5 |
| 95,0 | 5,0 | - | 95,0 | - | 5,0 | 95,0 | 2,5 | 2,5 |
| 92,5 | 7,5 | - | 92,5 | - | 7,5 | 92,5 | 3,75 | 3,75 |
| 85,0 | 15,0 | - | 85,0 | - | 15,0 | 85,0 | 7,5 | 7,5 |

Для определения показателя текучести расплава (ПТР) полученных композиций применялся автоматический экструзионный пластометр фирмы GOTECH UGT-7100-MI, Тайвань. Фототермическое воздействие осуществлялось в камере искусственного климата с ультрафиолетовым облучением QUV 80-spray QLab Corporation (США). Образцы подвергались излучению при температуре 70°C в течение 315 часов (~ 13 суток). По сути, данный вид испытания является ускорением действия естественных факторов. С целью определения исключительного влияния НК и ФЛК в композиции не включались компатибилизаторы и другие ингредиенты.

ПТР связан с вязкостью полимера и, как следствие, с его молекулярной массой. Чем выше ПТР, тем менее вязкий полимер с низкой молекулярной массой.

Из данных рисунка 1 очевидно, что фототермическое воздействие на ненаполненный ПП приводит к незначительному уменьшению вязкости композиции за счет реакций деструкции основной цепи полимера. С увеличением количества НК в композиции в нормальных условиях растет величина ПТР и вязкость уменьшается. НК играет роль мягчителя, нарушая регулярную структуру ПП. После фототермического воздействия ПТР как ненаполненного ПП, так и с НК в количестве до 5 % масс. существенно возрос. То есть вязкость композиции значительно уменьшилась. А при введении НК более 5 % масс. ПТР уменьшился и при 15 % масс. введения НК даже стал ниже, чем до воздействия УФ и температуры, что свидетельствует о разных механизмах воздействия условий испытаний, происходящих в ПКМ. Вероятно, что после 5% масс. введения НК начинается структурирование как НК, так и ПП. Вследствие наличия третичных углеродных атомов полипропилен чувствителен к действию кислорода, особенно при воздействии ультрафиолета и повышенных температур.

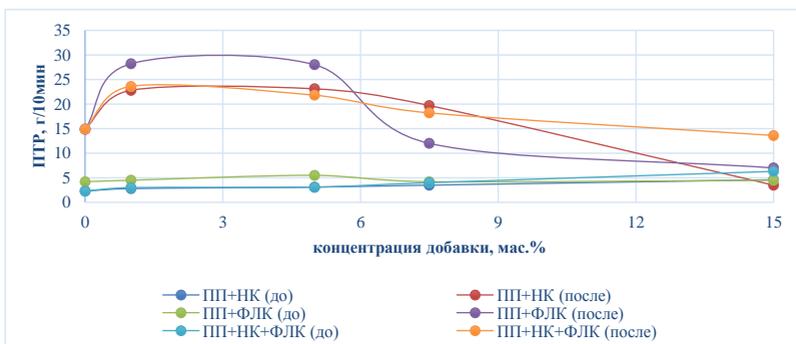


Рис. 1. Влияние состава ПКМ на ПТР при наполнении НК, ФЛК и их смесей до и фототермического воздействия

При нормальных условиях испытания с увеличением количества ФЛК вплоть до 5 % введения в композицию величина ПТР растет и соответственно уменьшается ее вязкость. Вероятно, ФЛК, как и НК играет роль мягчителя, нарушая регулярную структуру ПП. При большем количестве ФЛК ПТР ПКМ начинает падать, за счет некоторого структурирования. После воздействия УФ и температуры как на ненаполненный ПП, так и на композиции с ФЛК в количестве до 5% масс. ПТР существенно возрастает, далее он уменьшается, что указывает на разные механизмы, происходящие в процессе воздействия температуры и УФ. Вероятно, в небольших количествах до 5% масс. ФЛК способствует увеличению вязкости как мягчитель, а после 5% масс. добавки начинается структурирование ПП.

УДК 620.92

ГИБРИДНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

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

Аннотация: Наряду с преимуществами возобновляемых источников энергии, существуют и некоторые недостатки, которые возможно решить с помощью гибридизации двух или более источников энергии в одной электростанции.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, взаимодополняемость, гибридные энергетические системы.

HYBRID POWER SYSTEMS

Gumerova G.I., student

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

Annotation: Along with the advantages of renewable energy sources, there are some disadvantages that can be solved by hybridizing two or more energy sources in one power plant.

Keywords: renewable energy sources, complementarity, hybrid energy systems.

Источники производства электроэнергии, такие как уголь, нефть и природный газ внесли свой вклад в одну треть глобальных выбросов парниковых газов. Очень важно повысить уровень жизни путем обеспечения более чистой и надежной электроэнергии. Согласно прогнозу Всемирного энергетического совета, пик мирового спроса на электроэнергию придется на 2030 год. Энергия является необходимым элементом социально-экономического развития. Растущий экономический рост развивающихся стран в последние десятилетия вызвал ускоренное увеличение потребления энергии. Ожидается, что эта тенденция будет усиливаться [1]. Считается, что ветроэнергетика имеет наименьшее потребление воды, наименьшие относительные выбросы парниковых газов и наиболее благоприятные социальные последствия. Она считается одним из наиболее устойчивых возобновляемых источников энергии, за ним следуют гидроэнергетика, фотоэлектричество, а затем геотермальная энергия. Поскольку эти ресурсы считаются чистыми энергоресурсами, они могут быть полезны для смягчения парникового эффекта и эффекта глобального потепления. Улучшение здоровья, создание рабочих мест, выбор потребителя, повышение уровня жизни, создание социальных связей, развитие доходов и развитие сообщества могут быть достигнуты при правильном использовании системы возобновляемых источников энергии. Наряду с выдающимися преимуществами этих ресурсов, существуют и некоторые недостатки, такие как колебания мощности из-за сезонных изменений, что является обычным явлением для ветряных и гидроэлектростанций [2].

Глобальные и региональные тенденции указывают на то, что в скором времени спрос на энергию будет покрываться за счет повсеместного внедрения возобновляемых источников энергии. За последние годы переменные возобновляемые источники энергии (ПВИЭ) стали конкурентоспособной по стоимости и экологически чистой альтернативой для энергоснабжения изолированных и центральных энергосистем по всему миру. Тем не менее, из-за своей прерывистой, переменной, стохастической, недиспергируемой характеристики, они не могут предоставить энергосистеме различные дополнительные и обязательные услуги, кроме поставки определенного объема энергии. Погодно-климатические источники энергии характеризуются значительной пространственной и временной изменчивостью. Одним из часто упоминаемых решений для преодоления несоответствия между спросом и предложением, обеспечиваемым возобновляемыми источниками энергии, является гибридизация двух или более источников энер-

гии в одной электростанции (например, ветро-солнечная, солнечно-гидро или солнечно-ветро-гидро). Работа гибридных источников энергии основана на взаимодополняющей природе возобновляемых источников.

Чаще всего возобновляемые гибридные энергетические системы состоят из комбинации солнечных и ветряных генераторов. Такие системы часто рассматриваются как жизнеспособный вариант энергоснабжения для автономных сообществ, поскольку они уменьшают проблемы, связанные с одиночными источниками, такие как ярко выраженный режим «день-ночь» солнечной генерации, который приводит к большим потребностям в хранении энергии. Использование гибридных систем может, таким образом, повысить общую надежность и снизить стоимость электроэнергии. основополагающим принципом гибридных источников энергии (использующих недиспергируемые возобновляемые источники) является взаимодополняющий характер их схем выработки энергии.

Различная степень взаимодополняемости может привести к различным уровням надежности гибридной системы. Энергетические системы, разработанные с учетом взаимодополняемости, могут также повысить участие на рынках энергии, используя частичную диспетчерскую способность гидроэлектростанций в сочетании с ветряными или солнечными генераторами. Как указывают [3], выходная мощность переменных генераторов может быть сглажена за счет их совместной работы. Например, соответствующая стратегия управления энергией для совместной солнечно-гидрогенерации может сгладить структуру генерации и улучшить работу энергосистемы в отношении колебаний мощности, по сравнению с генерацией только от фотоэлектрической системы.

Другим примером является совместная эксплуатация и планирование работы гидроэлектростанций, солнечных и ветряных электростанций с установками по производству биомассы. Известно, что засушливые годы приводят к снижению урожая сельскохозяйственных культур, что, как следствие, может вызвать проблемы со снабжением электростанций, использующих биомассу. В таких ситуациях может быть выгодно заменить часть гидроэнергетики ветром/солнцем и использовать воду, когда это необходимо, для орошения. Энергия все равно будет вырабатываться гидроэлектростанцией, хотя и не таким гибким образом по сравнению с обычной схемой работы.

Взаимодополняемость играет особенно важную роль, когда речь идет о планировании энергосистемы и решениях/исследованиях, принимаемых на границе двух (или более) секторов. Пространственная и временная способность дополнять друг друга является основой, поддерживающей полученные результаты.

В реальности дополнительное проектирование и эксплуатация возобновляемых источников энергии сталкиваются с экономическими препятствиями, но они также зависят от стимулов и государственной поддержки. Во многих странах расширение использования возобновляемых источников энергии поддерживается льготными тарифами и схемами нетто-измерений, которые дают мало стимулов для интеграции возобновляемых источников энергии [4]. Однако некоторые страны адаптировали финансовые схемы, которые лучше подхо-

дят для интеграции дополнительных возобновляемых источников энергии, благоприятных для системы, например, рыночная премия, недавно введенная в Германии. Другим вариантом поддержки интеграции дополнительных возобновляемых источников энергии может стать реформа тарифов на передачу электроэнергии по сетям, включая стимулы для вливания энергии, ослабляющей сеть.

Литература:

1. Wang W, M Zhang. P. Li Exploring temporal and spatial evolution of global energy production and consumption. 2014. *Renew Sustain Energy Rev* 30:943–949
2. J. Jurasza, F.A. Canalesc, A. Kiesd, M. Guezgouze, A. Belucof. A review on the complementarity of renewable energy sources: Concept, metrics, application and future research directions. 2020. *Solar Energy* 195 (2020) 703–724
3. Jurasz, J., Ciapała, B. Integrating photovoltaics into energy systems by using a run-of-river power plant with pondage to smooth energy exchange with the power grid. 2017. *Appl. Energy* 198, 21–35. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.04.042>.
4. Kougias, I., Szabó, S., Monforti-Ferrario, F., Huld, T., Bódis, K. A methodology for optimization of the complementarity between small-hydropower plants and solar PV systems. *Renew. Energy* 87, 1023–1030. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.09.073>.

УДК 536.544.2.665.76(575.3)

ТЕРМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ LUMIX ATF-ИД-AVTOMATIC-TRANS OIL И 20W-50BP SUPER

Холиков М.С.¹ с.н.с.;

Халилов И.Х.², кандидат технических наук, старший преподаватель;

Шарифов Д.А.², кандидат технических наук, доцент

Бадалов А.², чл-корр. НАН Таджикистана, профессор

¹Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистан
(г. Душанбе, Республика Таджикистан)

²Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими
(г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация. Методом тензиметрии установлено, что процесс парообразования технических жидкостей Lumix ATF-ИД-AVTOMATIC -TRANS OIL состоит из трёх стадий ($\Delta T = 300-530$ К) и 20W-50BP SUPER -четырёх ($\Delta T = 300-600$ К). Рассчитаны их термодинамические брутто- характеристики.

Ключевые слова: техническая жидкость, парообразование, тензиметрия, термодинамические характеристики.

THERMAL STABILITY OF TECHNICAL FLUIDS LUMIX ATF-III-D-AVTOMATIC-TRANS OIL AND 20W-50BP SUPER

Kholikov M.S.¹s.ns.;

Khalilov I.H.², candidate of technical sciences, senior lecturer;

Sharifov D.A.², candidate of technical sciences, associate professor;

Badalov A.², corresponding member. NAS of Tajikistan, Professor

¹Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy
of Sciences of Tajikistan, Dushanbe

²Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi, Dushanbe

Annotation: It was found by tensimetry that the process of vaporization of technical liquids Lumix ATF-III-D-AVTOMATIC -TRANS OIL consists of three stages ($\Delta T = 300-530$ K) and 20W-50BP SUPER-four ($\Delta T = 300-600$ K). Their thermodynamic gross characteristics have been calculated.

Keywords: technical liquid, vaporization, tensimetry, thermodynamic characteristics.

В продолжение исследований [1-4], ниже приведены результаты исследования процесса парообразования технических жидкостей марки Lumix ATF-III-D-AVTOMATIC-TRANS OIL (I) и марки 20W-50BP SUPER (II) методом тензиметрии с мембранным нуль-манометром 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. Экспериментальные данные приведены в таблице 1.

Первая стадия процесса парообразования технической жидкости марки Lumix ATF-III-D-AVTOMATIC-TRANS OIL протекает в интервале температур 320-360 K и соответствует процессу десорбции поглощённой влаги и воздуха (рис.1). Последующие две стадии относятся к процессу термического разложения технической жидкости, которые протекают в интервалах 443-478, 519-529 K, соответственно.

Барограмма процесса парообразования масла марки 20W-50BP Super состоит из следующих ступеней: первая ступень протекает в интервале температур 300-375 K, вторая – 385-440 K, которые соответствуют процессу десорбции поглощённой влаги и воздуха. Третья и четвёртая ступени процесса, которые протекают в температурных интервалах 458-470 K и 480-515 K соответствуют процессу термического разложения масла.

Таблица 1

Давление пара процесса парообразования технических жидкостей

| Lumix ATF-III-D AVTOMATIC-TRANS OIL | | | 20W-50BP Super | | | | | |
|--|------|---------------------------------|----------------|------|----------------------------------|-------|------|----------------------------------|
| T, °C | T, K | P _{общ.} , мм.рт.ст | T, °C | T, K | P _{общ.} , мм.рт.ст. | T, °C | T, K | P _{общ.} , мм.рт.ст. |
| Первая ступень | | | 45 | 318 | 53 | 211 | 484 | 16 |
| 52 | 325 | 8 | 67 | 214 | 487 | 214 | 487 | 18 |
| 64 | 337 | 18 | 61 | 334 | 102 | 215 | 488 | 20 |

| | | | | | | | | |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| 75 | 348 | 25 | 75 | 348 | 168 | 228 | 501 | 48 |
| 87 | 360 | 42 | 96 | 369 | 356 | 233 | 506 | 70 |
| Вторая ступень | | | 125 | 398 | 14 | 235 | 508 | 79 |
| 170 | 443 | 46 | 145 | 238 | 511 | 238 | 511 | 87 |
| 191 | 464 | 68 | 160 | 433 | 72 | 240 | 513 | 94 |
| 198 | 471 | 86 | 164 | 437 | 93 | | | |
| 205 | 478 | 108 | 167 | 440 | 110 | | | |
| Третья ступень | | | 190 | 460 | 11 | | | |
| 246 | 519 | 163 | 195 | 465 | 34 | | | |
| 247 | 520 | 166 | 200 | 473 | 94 | | | |
| 250 | 523 | 224 | 203 | 476 | 116 | | | |
| 256 | 529 | 288 | 210 | 483 | 15 | | | |

Из рисунков 1 и 2 видно многоступенчатый характер кривых зависимости давления пара от температуры (барограмма) процесса парообразования технических жидкостей в изученном интервале температур.

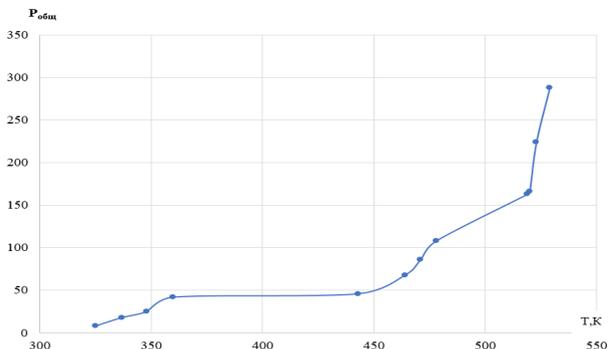


Рис. 1. Барограмма процесса парообразования технической жидкости марки Lumix ATF-IIID-AVTOMATIC-TRANS OIL.

Экспериментальные данные, приведённые в виде зависимости $\lg P$ от обратной температуры, являются прямыми линиями, соответствующие ступеням процесса парообразования исследованных жидкостей. Давление паров второй и последующих ступеней процесса определено путём вычета давлений предыдущих ступеней в точке перехода в области простого газового расширения, свидетельствующий об окончании предыдущей стадии.

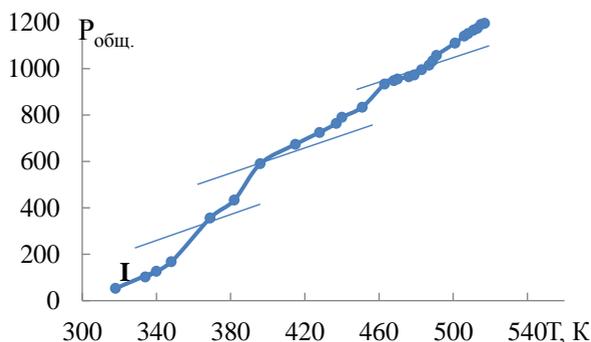


Рис. 2. График зависимости давления паров, образующихся при нагреве технического масла марки 20W-50BP Super.

Уравнения отдельных ступеней процесса парообразования жидкостей получены методом наименьших квадратов с использованием значения t -коэффициента Стьюдента при 95% доверительном уровне. При расчётах неттодавление последующих ступеней определено за вычетом предыдущих ступеней из общего давления. По уравнениям прямых линий рассчитаны термодинамические брутто – характеристики – энтальпия, энтропия и энергия Гиббса всех ступеней процесса парообразования исследуемого масла, которые приведены в таблице 2.

Таблица 2

Коэффициенты уравнения барограммы и термодинамические брутто-характеристики процесса парообразования технических жидкостей

| № ступеней | $\Delta T, K$ | Уравнение барограммы $LgP_{(ar)} = B - A \cdot 10^3/T$ | | Термодинамические брутто-характеристики | | |
|--|---------------|---|------------|---|-----------------------------------|--------------------------------------|
| | | A | B | ΔH_T° , кДж/моль | ΔS_T° , Дж/моль·К | ΔG_{298}° , кДж/моль |
| LUMIX ATF-IID-AVTOMATIC-TRANS OIL | | | | | | |
| I | 325-360 | 1,13±0,04 | 2,31±0,08 | 6,12±0,2 | 10,58±0,04 | 3,00±0,2 |
| II | 443-478 | 6,18±0,05 | 11,86±0,09 | 28,29±0,2 | 54,26±0,4 | 12,13±0,4 |
| III | 519-529 | 35,47±0,04 | 66,42±0,08 | 162,31±0,2 | 303,88±0,4 | 72,01±0,4 |
| 20W-50BP SUPER | | | | | | |
| I | 300 – 375 | 1,65±0,04 | 4,08±0,08 | 7,6±0,2 | 18,7±0,4 | 5,4±0,2 |
| II | 385 – 440 | 3,69±0,05 | 7,52±0,09 | 17,5±0,2 | 47,6±0,4 | 3,3±0,2 |
| III | 458 – 470 | 13,8±0,04 | 28,3±0,08 | 63,1±0,1 | 148±0,4 | 18,9±0,2 |
| IV | 480 – 515 | 6,93±0,06 | 12,6±0,13 | 31,7±0,2 | 70,9±0,5 | 10,5±0,3 |

Проведённые исследования показали, что процесс парообразования технической жидкости марки LUMIX ATF-IID-AVTOMATIC-TRANS OIL в интервале температур 320-530 К имеет трёхступенчатый характер. Первая стадия соответствует процессу дегазации и удалению влаги. Изученная техническая жидкость термически устойчива до температуры 440 К и процесс её термического разложения протекает при более высоких температурах в две стадии.

Процесс парообразования технической жидкости 20W-50BP Super в ин-

тервале температур 320-530 К состоит из четырёх ступеней. Первые две ступени соответствуют процессу дегазации и удалению влаги. Изученная Техническая жидкость марки 20W-50BP Super термически устойчива до температуры 450 К и процесс её термического разложения протекает в две стадии.

Определены термодинамические брутто-характеристики ступеней процесса парообразования изученных технических жидкостей. По значению стандартной энергии Гиббса по формуле $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$ можно определить начальную температуру самопроизвольного протекания отдельных стадий процесса. Этому состоянию соответствует нулевое значение энергии Гиббса.

Литература:

1. Халилов И.Х., Холиков М.С., Шарипов Д.А., Нажмудинов Ш.З., Бадалов А. Процесс парообразования моторного масла марки ROLF ОПТИМА 20W-50 / Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования, 2019. –№ 3 (47). –С.78-82.

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., Нажмудинов 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. Гордон А., Форд Р. Спутник химика. –М.: Мир. 1976. –541 с.

УДК 624.012

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПЫТА СОЗДАНИЯ АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ПОМБАЛИНО ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЙСМОЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Морайш А.Ж.¹, доктор архитектуры, профессор;

Морайш (Иванова) С.Ю.², аспирант

Тунакова Ю.А.³, доктор химических наук, профессор

Новикова С.В.³, доктор технических наук, профессор

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. Рассмотрены способы обеспечения комплексной безопасности зданий в сейсмоактивных районах с использованием преимуществ архитектурно-конструктивной системы Помбалино и градостроительных традиций португальских городов. Показаны преимущества нейросетевых технологий для выявления определяющих факторов, обеспечивающих сейсмозащиту зданий и сооружений

Ключевые слова: архитектурно–конструктивные системы, Помбалино, сейсмозащита, нейросетевые технологии

USING THE EXPERIENCE OF CREATING THE POMBALINO ARCHITECTURAL AND STRUCTURAL SYSTEM TO ENSURE SEISMIC PROTECTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES

Moreish A.J.¹, doctor of architecture, professor;

Moraysh (Ivanova) S.Y.², PhD student;

Tunakova Yu.A.³, doctor of chemical sciences, professor;

Novikova S.V.³, doctor of technical sciences, professor

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 methods of ensuring the integrated safety of buildings in seismicallly active areas using the advantages of the Pombalino architectural and structural system and the urban planning traditions of Portuguese cities are considered. The advantages of neural network technologies for identifying the determining factors providing seismic protection of buildings and structures are shown

Keywords: architectural and structural systems, Pombalino, seismic protection, neural network technologies

В результате землетрясений возникают колебания земной поверхности, которые вызывают сейсмические нагрузки в зданиях и сооружениях. Сейсмические нагрузки формируют различные повреждения в несущих конструкциях зданий, вплоть до частичного или полного разрушения не сейсмостойких сооружений. В связи с этим на территориях, подверженных землетрясениям, необходимо принимать меры, которые приводят к повышению сопротивления конструкций к сейсмическим воздействиям. На основе анализа повреждений зданий и сооружений при землетрясениях в целом ряде источников выделяются основные принципы обеспечения сейсмостойкости:

—равномерное распределение сейсмических сил посредством применения простых форм с равномерным и симметричным распределением масс и жесткостей несущих элементов;

—применение материалов, которые рассеивают энергию сейсмических усилий, ослабляя тем самым их воздействие на несущие конструктивные элементы зданий;

—увеличение допустимой гибкости несущих элементов;

—допущение пластических деформаций в отдельных узлах и соединениях конструкций;

—обеспечение совместной пространственной работы всех несущих элементов зданий при сейсмическом воздействии [1-8].

Точное определение величин и направлений сейсмических сил, действующих на сооружение во время землетрясения, невозможно, т.к. колебания земной коры носят случайный характер, что затрудняет их описание в виде математической модели. Горизонтальная устойчивость зданий в сейсмически активных районах, обеспечивается рядом мероприятий, которые повышают горизонтальную жесткость зданий и сооружений. Здания и сооружения, проектируемые в сейсмических районах, требуют неразрывности элементов и конструкций, которые передают нагрузку на основание, и, тем самым, обеспечивают согласованность передачи нагрузок для каждого этажа. Несущие системы сейсмостойчивых зданий представляют собой прочные жесткие элементы, располагаемые преимущественно в вертикальной плоскости, в которых перераспределение горизонтальных сил осуществляется за счет специфической структуры, устойчивой по высоте [2-6].

Высокую сейсмостойкость могут иметь крупнопанельные здания с применением специальных технологий и здания с монолитными многослойными железобетонными стенами. В крупнопанельном строительстве для повышения сейсмостойкости здания проектируют таким образом, чтобы в них было большое количество вертикальных диафрагм, играющих роль несущих стен. Эти диафрагмы несут функцию жестких связей и способны гасить энергию землетрясения. При строительстве высотных зданий, чтобы в них не возникали недопустимые деформации, конструкции должны иметь так называемое ядро жесткости. В центре объекта возводят жесткий пространственный стержень из монолитного железобетона. Именно эта конструкция считается удерживающей высотное здание во время колебаний основания. Высокую сейсмостойкость обеспечивают системы междуэтажных перекрытий, работающие как диафрагмы жесткости, обеспечивающие синхронное распределение сейсмической перегрузки на вертикальные несущие конструкции таким образом, чтобы происходили одинаково направленные смещения вертикальных несущих элементов зданий, поскольку их движение в разных направлениях приводит к разрыву или сминанию перекрытий, что привело бы к их обрушению. [7-10].

Однако анализ португальской архитектурно-конструктивной системы Помбалино (АКСП), разработанной вскоре после Лиссабонского землетрясения 1755 года, позволяет выделить несколько другие особенности сейсмостойких зданий. Данная система является особым феноменом, показавшим высокую эффективность на практике в части обеспечения сейсмоактивности 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 (рис. 1).

АКСП стала первой обоснованной антисейсмической системой. Она была разработана с применением научного анализа, как феномена землетрясения, так и поведения строительных конструкций при сейсмических нагрузках с помощью их практических испытаний, хотя и без применения инженерных расчетов, так как таковых на момент Лиссабонского землетрясения 1755 года еще не существовало.

В 2006 году группа исследователей Факультета архитектуры Лиссабонского Университета и при участии Государственной Лаборатории Строительных Технологий под руководством профессора Антонио Морайш [11] провела практические исследования типового здания Помбалино. Испытания и последующие расчеты показали, что оно до сих пор отвечает современным европейским антисейсмическим нормам. 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.

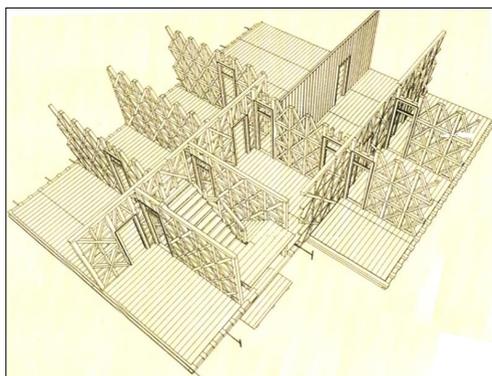


Рис. 1. Схема внутренней деревянной структуры «Клетка Помбалино»

В современном антисейсмическом строительстве традиционно выбирают отдельные антисейсмические технологии, не связывая между собой антисейсмические мероприятия в единую систему безопасности городской среды. 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 в сейсмоактивных районах.

При проектировании зданий и сооружений для массового строительства в сейсмически активных районах с использованием детерминированных подходов невозможно получить достоверную оценку сейсмостойкости конструкций. Это связано с тем, что сейсмическое воздействие представляет собой нестационарный случайный процесс, который характеризуется большой изменчивостью. 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.

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. Для выявления архитектурно-конструкционных особенностей зданий с высоким уровнем сейсмозащиты, разработки системы комплексной оценки сейсмобезопасности городов необходимо учитывать наборы параметров различной размерности и уровня значимость, 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 ставилась задача выявления способов обработки разнородных данных 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 получают, 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.

Поскольку необходимо одновременно учесть при интегральной оценке разнородные и разноразмерные показатели, имеющие различную степень влияния на интегральную оценку, существующие методы вычислительной интегральной оценки не эффективны. Нами предлагается подход, заключающийся в комплексной оценке состояния объектов на основе выделения «похожих» групп данных, и анализа основных общих свойств в группе. Для решения таких задач эффективны методы кластерного анализа.

Однако при анализе полученных группировок показателей специалистами часто выявляется, что данные в одних группах обладают достаточной степенью однородности, тогда как в других метод кластеризации не позволяет отделить разнородные данные друг от друга. Такая ситуация возникает, когда часть наборов данных резко различается между собой, а другая часть имеет меньшие различия. Для решения данной проблемы предлагается использовать авторскую методику каскадной кластеризации, которая заключается в многократном повторении процедуры декомпозиции данных неким алгоритмом кластеризации для тех групп данных, детализация в которых недостаточна с точки зрения специалистов. Таким образом, использование нейросетевых подходов в данной предметной области позволит:

- строить множественные нелинейные регрессионные зависимости между значащими факторами, обеспечивающими устойчивость конструкции в сейсмоактивных зонах;

- учитывать качественные и количественные данные о архитектурно-

конструкционных особенностях строительных объектов;

-проводить классификацию выработать общие для выделенных классов рекомендации для проектирования зданий и сооружений с высоким уровнем сейсмозащиты.

Литература:

1. Федеральный закон от 29 декабря 2004 г. N 190-ФЗ "Градостроительный кодекс Российской Федерации".

2. СНиП II-7-81 Строительство в сейсмических районах.

3. СП 442.1325800.2019 СВОД ПРАВИЛ. ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ. Оценка класса сейсмостойкости. Утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 28 января 2019 г. N 48/пр и введен в действие с 29 июля 2019 г. М.: Стандартинформ, 2019.

4. Сейсмостойкость зданий и сооружений. Расчетные положения СТО НИУ МГСУ 2015;

5. Сеницын С. Б. Теория сейсмостойкости. Курс лекций. М.: Изд-во МГСУ, 2014.;

6. Абдыкеева Ш. С. Некоторые вопросы сейсмостойкости несущих железобетонных конструкций зданий и сооружений // Вестник КРСУ. 2015. Т. 15. No 1. С. 84-85;

7. Чигринская Л. С., Щербин С. А. Использование обрамленных металлическим профилем панелей при строительстве сейсмостойких зданий // Вестник ТГАСУ. 2013. No 3. С. 140-149.;

8. Чылбак А. А. Воздействие сейсмических сил на здания и сооружения // Вестник Технические и физико-математические науки. 2016. No 3. С. 100-104;

9. Brunesi E., Nascimbene R., Casagrande L. Seismic analysis of high-rise mega-braced frame-core buildings // Engineering Structures. 2016. No 115. pp. 1-17;

10. Мкртычев О.В., Дорожинский В.Б., Сидоров Д.С. Исследование сейсмостойкости железобетонных зданий различных конструктивных схем // Вестник МГСУ. 2015. No 12. С. 66-75.

11. Морайш А.Ж., Морайш С.Ю., Тарасова И.В. Португальская конструктивная система Помбалино или чему научили руины //Екатеринбург. - Архитектон: известия вузов. №3 (63) Сентябрь. – 2018 (на рус.)

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В СИСТЕМЕ ОБРАБОТКИ ОБЪЕКТОВ ВОДНОЙ СРЕДЫ ОТ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

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

Заляев А.И., обучающийся

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

Аннотация: приведён обзор новых композиционных материалов для обработки водных сред от органических и неорганических соединений

Ключевые слова: композиционные материалы, наноразмерное железо нулевой валентности, очистка воды, углеродные материалы

COMPOSITE MATERIALS IN THE SYSTEM OF TREATMENT OF OBJECTS OF THE AQUATIC ENVIRONMENT FROM POLLUTANTS

Zhelovitskaya A.V., candidate of chemical sciences, associate professor;

Zalyaev A.I., student

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

Annotation: an overview of new composite materials for the treatment of aqueous media from organic and inorganic compounds is given

Keyword: composite materials, nanoscale-zero-valent iron, treatment wastewater, carbon materials

Традиционными методами и способами обработки сточных вод являются: окисление, фотокатализ, адсорбция, фильтрация, биологическая обработка, химическое осаждение и др. [1]. Широкое использование в настоящее время данных методов и способов не эффективны для удаления как классических, так и новых загрязняющих веществ присутствующих в воде, что сказывается на загрязнении водных объектах окружающей среды. Методам окисления присущи такие недостатки как: токсичность (например, хлор); высокие энергетические затраты, а также стоимость их производства и транспортировки (например, H_2O_2 , O_3); условия проведения реакций, которые зачастую требуют высокой температуры и давления. Фотокаталитические процессы позволяют эффективно разрушать галогенированные и негалогенированные органические соединения; некоторые металлы; полихлорированные органические соединения [1]. Однако их необходимо совмещать с другими методами обработки. Процесс фильтрации ограничивается размерами извлекаемых частиц. Часто не эффективен для удаления (извлечения) металлов. Биологическая обработка способна извлекать (удалять) органические, неорганические и неметаллические соединения из водных растворов с использованием метаболических процессов микроорганизмами. На активность микроорганизмов влияет: состав воды, условия окружающей среды,

загрязнение биофильтров. Большая изменчивость получаемых результатов делает этот метод подходящим только в случае его применения в сочетании с др. методами и техниками. Химическое осаждение (коагуляция) используется как для удаления неорганических неметаллов, так и для металлов. Недостаток метода – затраты на реагенты и управление опасными отходами (образованные осадки) [1]. Поскольку все вышеперечисленные способы имеют специфические недостатки, важно найти альтернативные методы, способные улучшить или заменить существующие технологии [2-4]. Углерод и металлические наноматериалы могут решить данный вопрос. Преимуществом наноматериалов является высокая (развитая) площадь поверхности, регулируемый размер пор, функционализация поверхности, фотокаталитические, оптические, электрохимические и магнитные свойства [1-2, 4]. Кроме того, они могут инактивировать патогенные и трансформировать опасные материалы в нетоксичные или малотоксичные соединения. Различные типы наноматериалов, такие как, наноструктурированные оксиды (оксиды железа, титана или диоксид титана), органические полимеры различной природы и состава, натуральные волокна (целлюлоза, хитин, хитозан) используются в технологиях извлечения загрязняющих веществ из окружающей среды с целью восстановления последней. Однако, использование нанотехнологий для обработки объектов окружающей среды может создавать ряд опасностей, например, поступление их в состав окружающей среды. Поэтому прежде, чем использовать их крупномасштабно, нанотехнологии должны быть протестированы.

Углеродные наноматериалы. Углеродные наноматериалы (углеродные нанотрубки и оксид графена) можно использовать в качестве адсорбентов в процессах адсорбции органических веществ и стойких загрязняющих веществ благодаря их высокой площади поверхности и химической стойкости поверхности. Эти материалы имеют высокую адсорбционную способность и легко восстанавливаются (извлекаются) из окружающей среды. Графен имеет гидрофобную поверхность и может адсорбировать химические вещества, тогда как оксид графена – сильная кислота и имеет различные функциональные группы, которые могут адсорбировать катионы и соединения, относящиеся к классу оснований. Помимо графена можно использовать и др. углеродсодержащие соединения – фуллерен, углеродные нанотрубки для сорбции металлов и органики [1].

Наноразмерные оксиды металлов. Особый интерес в области защиты окружающей среды представляют наноразмерные оксиды металлов, нанофотокатализаторы и частицы наноразмерного железа благодаря высокому соотношению поверхности к объему [5]. Активные места в этих системах тесно взаимодействуют с загрязняющими веществами, демонстрируя улучшенную реакционную способность по отношению к сыпучим материалам. Полупроводниковые оксиды металлов – CeO_2 , ZnO , TiO_2 , CuO и др. используются в качестве эффективных фотокатализаторов. Fe_2O_3 и Fe_3O_4 применяют в качестве сорбентов для металлов: Cr(VI) , Pb(II) , Hg(II) , Cu(II) , Cd(II) , Ni(II) , и токсичных ионов As(III) , и As(V) . Кроме того, магнитные наночастицы на основе оксидов железа

могут использоваться для фотокаталитического удаления различных галогенированных органических пестицидов (атразин, азо- и антрохиноновые красители) из воды и почв с возможным их последующем восстановлением и повторным использованием. Эти материалы обладают большой площадью поверхности, магнитными свойствами, высокой устойчивостью к коррозии. Они могут подвергаться поверхностной модуляции и модификации [2-4]. Наноразмерное железо нулевой валентности (nanoscale-zero-valent iron – nZVI) одно из наиболее популярных неорганических наностистем. Оно очень эффективно удаляет различные органические вещества и стойкие токсичные примеси, имеет низкую себестоимость производства. Однако, недавние исследования показали, что наноразмерное железо – материал токсичный для пресноводных и морских организмов. Поэтому необходимо после использования проводить их восстановление. До настоящего времени это требование не удовлетворено. Преодолеть данную проблему можно путем модификации поверхности наноразмерных частиц железа, что улучшает стабилизацию, уменьшает агрегацию и снижает биологическую токсичность nZVI [5].

В последнее время научное сообщество привлекают внимание ферраты – высоковалентные состояния железа Fe(IV), Fe(V), Fe(VI). Еще их называют «зеленые» наносистемы [6]. Эти соединения могут быть использованы в качестве «зеленых» окислителей в реакциях превращения синтетических органических соединений, катализаторов окисления воды, эффективных агентов для рекультивации отходов. Ферриты были признаны наноматериалами с низким риском для водных систем. Поскольку ферриты обладают сильномагнитными свойствами, то после использования их легко извлечь путем наложения внешнего магнитного поля, обеспечивая повторное использование материала.

Для оптимизации nZVI можно использовать низкосортные угли (low rank coals – LRCs). LRCs – вид угля с низкой степенью углеобразования, характеризуется высоким содержанием влаги, низкой теплотворной способностью и высоким содержанием летучих веществ, поэтому его сжигание ограничено. Поскольку LRCs богат кислородсодержащими функциональными группами, он обладает высокой эффективностью адсорбции как для органических загрязнителей, так и металлов. Тем не менее адсорбционное исполнение LRCs неудовлетворительно. Поэтому невозможно эффективно использовать его просто как абсорбционный материал. Авторы [6] получали композиционный материал на основе активированного низкосортного угля и наноразмерного нулевалентного железа карботермическим восстановлением. Результаты показали, что удельная поверхность ARLCS/nZVI достигает $2908 \text{ м}^2/\text{г}$. Структурные параметры образцов приведены в табл. 1. Микросферы nZVI удачно насыщаются (наполняются) на поверхность ARLCs с диаметром около 500 нм. Полученный наноконпозиционный материал в дальнейшем использовали для извлечения Cr(VI) из водного раствора. Адсорбция Cr(VI) следует модели Фрейндлиха и кинетической модели псевдо-второго порядка. Основными механизмами процесса удаления Cr(VI) являются: электростатическое притяжение, восстановление и поверхностное осаждение [6].

Сравнение структурных параметров LRCs и ARLCS/nZVI

| параметры | образцы | |
|---|---------|------------|
| | LRCs | ARLCS/nZVI |
| Удельная площадь поверхности, м ² /г | 12,47 | 2908,63 |
| Общий объем пор, см ² /г | 0,076 | 1,81 |
| Средний диаметр пор, нм | 24,38 | 2,62 |

Литература:

1. Stefania Mura, Luca Malfatti, Gianfranco Greppi, Plinio Innocenzi Ferrates for water remediation // *Rev Environ Sci Biotechnology* (2017), V. 16, pp. 15-35.

2. Желовицкая А.В., Ермолаева Е.А., Дресвянников А.Ф. Окисление органических соединений с помощью гидроксид-радикала, генерируемого химическим и электрохимическим методами // *Вестник Казанского технологического университета*, 2008. – № 6. – С. 211-229.

3. 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.

4. Желовицкая А.В., Дресвянников А.Ф. Электрохимическая деструкция ароматических соединений // *Вестник технологического университета*, 2014. – Т. 17. – № 9. – С. 262-266.

5. Yi Xu, Chao Wang, Jun Hou, Peifang Wang, Guoxiang You, Lingzhan Miao, Bowen Lv. Yangyang Yang. Fei Zhang. Application of zero valent iron coupling with biological process for wastewater treatment: a review // *Rev Environ Sci Biotechnol* (2017), V. 16, pp. 667–693.

6. 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 Preparation of Novel ALRCs/nZVI Composite and Its Removal of Cr(VI) from Aqueous. // *International Journal of Environmental Research* (2020), V. 14. – pp. 123–133.

УДК: 504.064

**РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ
ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ РТ**

Тунакова Ю.А.¹, доктор химических наук, профессор

Байбакова Е.В.^{1,2}, аспирант, доцент

Валиев В.С.³, с.н.с.

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

²Казанский инновационный университет им. В.Г. Тимирязова,

³Институт проблем экологии и недропользования АН РТ
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: показаны преимущества оценки уровня загрязнения поверхностных вод с помощью удельного комбинаторного индекса загрязнения поверхностных вод, приведены результаты оценки данного индекса для водных объектов на территории РТ.

Ключевые слова: индекс загрязнения поверхностных вод, качество поверхностных вод, интегральная оценка состояния поверхностных вод

**RESULTS OF CALCULATION OF THE SPECIFIC COMBINATORIAL
INDEX OF WATER POLLUTION OF THE RIVERS OF TATARSTAN**

Tunakova Yu.A.¹, doctor of chemical sciences, professor,

Baibakova E.V.², associate professor

Valiev V.S.³, senior researcher

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

²Kazan Innovation University named after V.G. Timiryasova

³Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use
of Tatarstan Academy of Sciences
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: the advantages of assessing the level of surface water pollution using a specific combinatorial index of surface water pollution are shown, the results of evaluating this index for small water bodies in the territory of the Republic of Tatarstan are presented.

Keyword: surface water pollution index, surface water quality, integral assessment of surface water condition

Целью данной работы является обзор методов интегральной оценки качества поверхностных вод и расчет показателей удельного комбинаторного индекса загрязнения воды рек РТ.

Система нормирования и регулирования антропогенного воздействия на

водные объекты в нашей стране основана, в первую очередь, на предельно допустимых концентрациях (ПДК) загрязняющих веществ. Основной принцип оценки качества вод, используемый уже длительное время в водоохранной практике состоит в сопоставлении результатов определения в отдельных точках водного объекта химического состава воды и сравнения с соответствующим значением ПДК. При всей своей кажущейся простоте этот метод не может стать рабочим инструментом оценки качества воды в повседневной практике, с помощью которого исчерпывающим образом можно было бы относить исследуемую воду к какому-либо определенному классу по качеству. Поскольку природные поверхностные воды представляют собой сложные динамичные системы, характеризующиеся переменным химическим составом и колебанием физических показателей, количественная оценка их качества представляет собой сложную задачу. На практике количественные результаты интегральной оценки качества природных вод применяются для обоснования водоохраных мероприятий, прогнозирования последствий намечаемой деятельности, связанной с водопользованием и решения других задач.

Работы, посвященные комплексной оценке качества природных вод, публикуются уже более 40 лет. В России вопросами комплексной оценки качества природных вод занимались такие ученые как А.В. Караушев, С.М. Драчев, А.И. Борисов, А.И. Ицкова и др.[1]. В Республике Татарстан вопросы, оценки и нормирования качества природных вод нашли отражение в трудах [2-4]. Современные исследования в основном посвящены усовершенствованию отдельных методов оценки качества природных вод.

На основании определения гидрохимических показателей качества поверхностных вод могут быть рассчитаны следующие интегральные показатели качества воды: комбинаторный индекс загрязненности воды (КИЗВ), удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ), индекс качества воды (ИКВ), общесанитарные индексы качества воды, индекс потенциального загрязнения воды; индекс качества воды для хозяйственно-питьевых и культурно-бытовых нужд, индекс токсичности. Наиболее информативным комплексным показателем является удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ), позволяющий определить класс качества воды.

Одним из ключевых является вопрос о перечне гидрохимических показателей, которые необходимо учесть при интегральной оценке качества природных вод. Мнения авторов по этому вопросу существенно расходятся: от показателей, по которым есть необходимые данные, до показателей, которые целесообразно учитывать с точки зрения их влияния на здоровье человека (отраженным в научной литературе). Есть методики, согласно которым перечень гидрохимических показателей необходимо формировать с учетом их токсичности, растворимости, устойчивости, органолептических свойств и др.

На наш взгляд перечень гидрохимических показателей для интегральной оценки качества природных вод необходимо формировать исходя из перечня загрязняющих веществ, поступающих в водный объект, а так же из целей оценки качества природных вод.

Так же научной проблемой остается вопрос о выборе нормативных показателей качества воды по отдельным веществам. В большинстве подходов при расчете интегральных показателей качества воды ориентируются на значения ПДК для веществ с учетом категории водного объекта. Но есть работы, в которых авторы предлагают при расчете интегральных показателей качества воды использовать фоновые концентрации веществ [5-6].

В данной работе приведены результаты расчета удельного комбинаторного индекса загрязненности воды для водных объектов РТ. Расчет проведен с использованием результатов мониторинга состояния следующих рек Татарстана: Ашит, Казанка, Волга (1 км выше Казани); Волга (Кзыл Байрак); Куйбышевское водохранилище (створ выше Зеленодольска); Кама (Сорочьи горы), Меша (с.Карадули); Свяга (мост М7); Сулица. Расчет проводился по следующим гидрохимическим показателям: содержанию ионов аммония, железа, марганца, меди, никеля, нитратов, сульфатов, хлоридов, цинка, содержанию фенола, кислорода, нефтепродуктов, значениям БПК 5, ХПК.

Расчет удельных комбинаторных индексов качества воды проведен согласно РД 52.24.643-2002 [7]. Значение УКИЗВ может варьировать в водах различной степени загрязненности от 1 до 16. Большому значению индекса соответствует худшее качество воды в различных створах, пунктах и т.д. Классификация качества воды, проведенная на основе значений УКИЗВ, позволяет разделять поверхностные воды на 5 классов в зависимости от степени их загрязненности: 1-й класс — условно чистая; 2-й класс — слабо загрязненная; 3-й класс — загрязненная; 4-й класс — грязная; 5-й класс — экстремально грязная. Результаты расчетов показаны в таблице 1 (столбец 2).

Таблица 1

Значения удельного комбинаторного индекса загрязненности воды для рек Татарстана (по ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения)

| | S уд | Скомб | К среднее | Характеристика вод |
|---------------------------------|------|-------|-----------|--------------------|
| Р.Ашит | 4,17 | 62,57 | 31,3 | Грязная, 4 а класс |
| Р.Казанка | 3,7 | 55,57 | 25,93 | Грязная, 4а класс |
| Волга, 1 км выше Казани | 3,09 | 46,3 | 18,18 | Очень загрязненная |
| Волга, Кзыл Байрак | 3,39 | 50,91 | 25,83 | Очень загрязненная |
| Волга, створ выше Зеленодольска | 3,09 | 46,03 | 18,18 | Очень загрязненная |
| Р.Кама, Сорочьи горы | 3,4 | 50,98 | 20,61 | Очень загрязненная |
| Р. Меша, с.Карадули | 3,28 | 49,16 | 23,89 | Очень загрязненная |
| Р. Свяга, мост М7 | 3,89 | 58,31 | 30,56 | Грязная, 4а класс |
| Р. Сулица | 4,41 | 66,1 | 36,24 | Грязная, 4а класс |

В дальнейшем планируется оценить качество поверхностных вод с применением дифференцированного подхода и с использованием фоновых значений концентраций, что позволит выявить нетипичные для исследуемого водного объекта отклонения качества воды и более гибко подойти к выбору направлений водоохранной деятельности.

Литература:

1. Зубарев В.А. Гидрохимические индексы оценки качества поверхностных вод: Региональные проблемы, 2014. Том 17, №2. С.71-77

2. Габдрахманова Г.Н., Валиев В.С., Тунакова Ю.А. Комплексная оценка степени загрязненности воды реки Волга района г. Казани // Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология–2018): материалы XIV Международной научно-технической конференции: в 2 томах / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа : РИК УГАТУ, 2018, Т-2, С. 130-136.

3. Габдрахманова Г.Н., Валиев В.С., Тунакова Ю.А. Комплексная оценка уровня загрязненности поверхностных вод реки Волга в районе г. Казани/ Инновационные пути решения актуальных проблем природопользования и защиты окружающей среды: сб. докл. Между-нар. науч.-техн. конф., Алушта, 4–8 июня, 2018 г. /Белгор. гос. технол. ун-т. – Белгород, 2018. – Ч. III. С. 296-299.

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. Федорова В.А. Региональные нормативы содержания главных ионов в воде рек севера Русской равнины / В. А. Федорова, Р. Р. Гилязутдинова // Гео-системы: факторы развития, рациональное природопользование, методы управления : сб. науч. ст. по материалам II Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 15-летию со дня основания фил. РГГМУ в г. Туапсе (4-8 окт. 2011 г.). - Краснодар, 2011. – С. 367-369.

6. Данилова В.Н., Емельянова В.П., Шварцман А.Я., Скакальский А.Б. О некотором усовершенствовании метода комплексных оценок загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям/Состояние и перспективы развития методологических основ химического и биологического мониторинга поверхностных вод суши: тез.докл XIX всесоюз. гидрохим. сов.г. Ростов-на-Дону, 28-30 октября; 1987. Т.1. С.387-389.

7. РД 52.24.643-2002 Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям

**ИНДИКАТОРНЫЕ ФУНКЦИИ СНЕЖНОГО ПОКРОВА
ДЛЯ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА
АВТОТРАНСПОРТНЫМИ ВЫБРОСАМИ**

Якунин С.А.¹, обучающийся,
Шипилова Р.Р.¹, старший преподаватель,
Валиев В.С.², с.н.с.,

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

² Институт проблем экологии и недропользования АН РТ
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: использовались индикаторные функции снежного покрова для оценки полиметаллического загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха автотранспортными выбросами. Исследование проводилось на территории города Казани с доминирующим аэрогенным поступлением металлов от множественных стационарных и передвижных источников загрязнения. Установлена высокая полиметаллическая нагрузка под действием передвижных источников загрязнения.

Ключевые слова: металлы, содержание, снежный покров, уровень загрязнения

**INDICATOR FUNCTIONS OF SNOW COVER FOR ESTIMATING
THE LEVEL OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTION
BY AUTOMOTIVE EMISSIONS**

Yakunin S.A.¹, the student,
Shipilova R.R.¹, senior lecturer,
Valiev V.S.², senior researcher biogeochemistry laboratories,

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

² Institute of Ecology and Subsoil Use
of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: the indicator functions of the snow cover were used to assess the polymetallic pollution of the surface layer of the atmospheric air from motor vehicle emissions. The study was carried out on the territory of the city of Kazan with a dominant air input of metals from multiple stationary and mobile sources of pollution. A high polymetallic load was found under the influence of mobile sources of pollution.

Keywords: metals, content, snow cover, pollution level

Снежный покров является эффективным накопителем аэрозольных загрязняющих веществ, поступающих из нижних слоев атмосферного воздуха [1].

Химический состав снежного покрова формируется в результате поглощения снежным покровом газов, водорастворимых аэрозолей и взаимодействия со снежным покровом твердых частиц, оседающих из атмосферы. Можно вы-

делить два пути поступления загрязняющих веществ в снежный покров - в результате влажного вымывания и сухого осаждения загрязняющих веществ из нижнего слоя атмосферного воздуха. Под влажным вымыванием понимается захват загрязняющих веществ снегом во время его образования в облаке и последующее выпадение на подстилающую поверхность. Сухое выпадение загрязняющих веществ, происходит под действием гравитационных сил, за счет захвата частичек аэрозоля выпадающими осадками непосредственно по мере осаждения [2].

Соотношения между сухим осаждением и влажным вымыванием зависит от многих факторов: длительности холодного периода, частоты снегопадов и их интенсивности, физико-химических свойств загрязняющих веществ, размера аэрозолей и др. В связи с большой интенсивностью процессов влажного вымывания доля сухого осаждения обычно составляет 30%. Однако вблизи локальных источников выбросов грубодисперсных аэрозолей на долю сухого осаждения приходится от 70 до 90% [2-3].

Оценка уровня загрязнения снежного покрова проводилась по геохимическим показателям в зонах действия выбросов стационарных источников выбросов (ТЭЦ) и передвижных источников выбросов (автомагистралей) на территории г. Казани. Была выбрана для исследования зона влияния выбросов ТЭЦ №2 в Авиастроительном районе, которая находится рядом с жилой зоной и нагруженными автомагистралями. Исследуемая территория показана на рисунке 1 с выделенными зонами влияния стационарных и передвижных источников выбросов и точек пробоотбора.

Отбор проб снега проводился на всей глубине снежного покрова огибающим методом со стороны 10 м. Пробы снега массой до 6 кг каждая помещали в полиэтиленовые мешки и растапливали в лаборатории при комнатной температуре для оценки содержания металлов в растворимой фракции и твердом осадке снега.

Определение содержания металлов проводилось в снежном покрове согласно рекомендациям РД 52.04.186-89. Определение металлов Cd, Pb, Cu, Zn проводилось методом атомно-абсорбционной спектрометрии на приборе «AAAnalyst 400», что позволило определять широкий диапазон концентраций металлов и проводить обработку данных с использованием программного пакета AA WinLab32 в среде Microsoft Windows 2000.

Содержание металла в пробе снега рассчитывалось по формуле:

$$X=A \cdot V_1/V$$

где А - содержание металла в анализируемой пробе снеговой воды, найденное по градуировочному графику, мг/дм³; V₁ - объем пробы после разбавления (концентрирования), см³; V - объем пробы анализируемой снеговой воды.

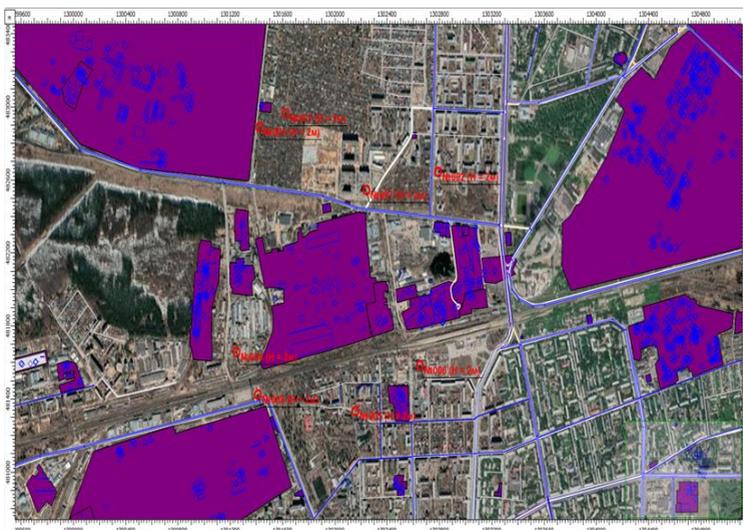


Рис. 1. Визуализация источников загрязнения и точек пробоотбора на исследуемой территории

В настоящее время в основу любых систем оценок окружающей среды заложен принцип сравнения с гигиенически обоснованными предельно-допустимыми уровнями концентрации отдельных компонентов. Снежный покров не является средой обитания живых организмов, в отличие от воздуха, воды и почвы, а его существование носит временный сезонный характер. Поэтому для снега пока не разработаны государственные нормативы содержания загрязняющих веществ (предельно-допустимые концентрации или предельно-допустимые поступления).

Определяли степень накопления металла в снежном покрове по сравнению с природным фоном, что подробно описано в работах [4-5].

Были определены коэффициенты концентраций металлов, которые представляют собой отношение измеренного содержания металла в снеге к его фоновому содержанию. Рассчитывались коэффициенты концентрации (K_c) по формуле: $K_c = C_i / C_{k1}$, где K_c – коэффициент концентрации; C_i – концентрация элемента в твердом осадке снега, отобранного в черте города; C_{k1} – концентрация элемента в твердом осадке снега фоновой территории K_1 . Расчет K_c показал, что в снежном покрове в зоне влияния автомагистралей обнаруживаются повышенные концентрации металлов, превосходящие фоновые для Pb в 2,2-3,6 раза; для Cd в 3-12,1 раз, для Cu в 0,9-4,1 раз; для Zn в 1,45-8,25 раз.

Для определения степени полиметаллического загрязнения снежного покрова использовался (формула 1) суммарный показатель загрязнения [3,6]:

$$Z_c = \sum K_{ci} - (n-1), \quad (1)$$

где Z_c – показатель суммарного загрязнения; K_{ci} – коэффициенты концентрации элементов, n – число определяемых металлов в снежном покрове.

Исследование полиметаллического загрязнения снега в зоне действия источников выбросов ТЭЦ 2 показало максимальные значения $Z_c = 28$, что позволяет характеризовать уровень загрязнения снега, как умеренно-опасный. В зонах действия автомагистралей установлено максимальное значения $Z_c = 32$, что позволяет характеризовать уровень загрязнения снега, как опасный. Таким образом, нами установлено значительное поступление металлов в приземный слой атмосферы с передвижными источниками загрязнения, что требует мероприятий для снижения полиметаллического транспортного воздействия.

Литература:

1. Демиденко Г.А., Жирнова Д.Ф. Экологический мониторинг загрязнения окружающей среды // Вестник КрасГАУ, 2013. №10. С. 109-110.
2. Шутов В.А. Приложение результатов исследований снежного покрова// Известия АН. Серия Географическая. - 2003. - № 5. - С. 34 – 42.
3. Сает Ю.А., Ревич Б.А. Эколого-геохимические подходы к разработке критериев нормативной оценки состояния городской среды// Серия географическая. - 1988. - № 4. - С. 37-46.
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. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Новикова С.В., Шмакова Ю.А. Оценка вероятности превышения приземных концентраций примесей в зонах действия полимерных производств (на примере г. Нижнекамска) Сообщение 1// Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 16. С. 111-114.
6. 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.
7. Методические рекомендации, по геохимической оценке, загрязнения территории городов химическими элементами. - М.: ИМГРЭ, 1982. - 112 с.

УДК 621.865.8

МОНИТОРИНГ РАЗЛИВОВ НЕФТИ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕДОБЫЧИ И ПРИ НЕФТЕТРАНСПОРТИРОВКЕ

Гоголь Э.В., кандидат химических наук, доцент

Фаткузаманов А.Р., обучающийся

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

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Авторами рассмотрены виды мониторинга объектов нефтедобычи и транспортировки, что позволяет снизить вероятность возникновения аварий-

ных ситуаций и угрозы разлива нефти в окружающую среду.

Ключевые слова: Нефть, нефтедобыча, мониторинг, разливы нефти.

MONITORING OF OIL SPILLS AT OIL PRODUCTION FACILITIES AND DURING OIL TRANSPORTATION

Gogol E.V., associate professor;

Fatkuzamanov A.R., the master's student

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

Annotation: The authors consider the types of monitoring of oil production and transportation facilities, which reduces the likelihood of accidents and the threat of oil spills into the environment.

Keywords: Oil, oil production, monitoring, oil spills.

Достижения технического прогресса все больше приносит губительных последствий для окружающей среды, вызывая угнетение экологических систем и исчезновение уникальных природных комплексов. Особое место в этом вопросе отводится нефтяной промышленности, которая вносит свой немалый вклад в отравление природы. Выбросы токсичных веществ переработанной нефти, аварии танкеров, взрывы нефтяных платформ, аварии на буровых установках и скважинах. Предупредить все возможные катастрофы в нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей отрасли на сегодняшний день практически невозможно.

Добыча нефти объединена целым комплексом производственных сооружений, которые взаимосвязаны различными системами трубопроводов и энергопередач, а также организацией самим процессом работы. Из основных сооружений этого комплекса выделяют: скважины (добывающие, разведочные, наблюдательные и нагнетательные), станции, нефтехранилища, трубопроводы, площадки и другое. И каждое из них несет потенциальную угрозу разлива нефти и нефтепродуктов [1].

Ни одна стадия нефтедобычи не является безотходной. Чем больший объем работ выполняется, тем интенсивнее образуются на этих стадиях нефтенные потоки. Аварийные ситуации при этом лишь усиливают и концентрируют это влияние.

Наиболее распространенным видом отрицательного воздействия человека на биосферу является разлив нефти и нефтепродуктов. Исследования последствий нефтяных разливов проводятся уже несколько десятилетий и нашли отражение в научной и технической литературе. Научная оценка типичных последствий нефтяного разлива показывает, что, хотя на уровне отдельных живых организмов наносимый вред может быть достаточно весомым. При геологическом изучении, разведке и добыче углеводородного сырья, а также при переработке (производстве), транспортировке, хранении, реализации углеводородного сырья

и произведенной из него продукции должны предусматриваться меры по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов и иного негативного воздействия на окружающую среду.

Необходим постоянный мониторинг за состоянием технических систем на каждом этапе добычи, хранения, переработки и транспортировки нефтепродуктов. Основные моменты мониторинга изложены в Положении о государственном экологическом мониторинге (государственном мониторинге окружающей среды) и государственном фонде данных государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды) [2]. Экологический мониторинг призван обеспечивать природоохранные органы достоверной, оперативной и репрезентативной информацией при разумных экономических затратах, расходуемых на её получение.

Целью экологического мониторинга впоследствии является:

- сохранение, восстановление и (или) оздоровление окружающей среды;
- снижение (предотвращение) вредного воздействия на окружающую среду;
- применение малоотходных, энерго- и ресурсосберегающих технологий;
- рациональное использование природных ресурсов;
- предотвращение аварий и иных чрезвычайных ситуаций.

Мониторинг объектов нефтедобычи и транспортировки обеспечивает - выявление фактов аварийного разлива нефти; - информационное обслуживание работ по предотвращению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов; - исследование, анализ и оценку экологических последствий возникших разливов.

Виды мониторинга:

1) Геотехнический мониторинг (виды наблюдений, осуществляемых в рамках выполнения геотехнического мониторинга, и их периодичность должны обеспечивать получение необходимого набора параметров, позволяющих достоверно определить текущее состояние объекта и спрогнозировать возможное изменение ситуации в течение ближайших лет с целью выработки необходимых мероприятий по стабилизации ситуации.

2) Мониторинг с помощью летательных аппаратов. Ввиду большой площади расположения объектов нефтедобычи и транспортировки, а также их труднодоступности, самым оптимальным методом мониторинга состояния этих объектов является мониторинг с использованием летательных аппаратов. Летательные аппараты (ЛА) — самое выгодное средство мониторинга объектов на обширных территориях. Проводить мониторинг нефтяной отрасли становится возможным в экстремальных климатических условиях, непрерывно. Мониторинг ЛА нефтепроводов включает следующие аспекты: постоянное патрулирование с воздуха трубопроводов и объектов нефтедобычи; локализация утечек нефтепродуктов с помощью тепловизора, установленного на ЛА; составление цифровой карты наземных объектов нефтяной промышленности; получение фотографических планов местности; своевременное обнаружение незаконного вмешательства в нефтепроводы.

На сегодняшний день наиболее эффективным методом обследования

нефте и газотрубопроводов является применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). БПЛА в режиме реального времени получают качественные изображения, позволяющие обнаруживать нефтяные разливы, выявлять акты несанкционированной деятельности (свалки, врезки, проведение работ в охраняемых зонах и т.д.). Аэрофотоснимки позволяют анализировать техническое состояние трубопроводов и служат основой для создания цифровых карт местности [3].

3) Спутниковый мониторинг. Основными задачами спутникового мониторинга нефтяного загрязнения являются: обнаружение нефтяных пятен; обнаружение источников загрязнения; прогноз направления и скорости переноса пятен; систематизация и хранение информации. В спутниковом мониторинге используются следующие методы и информация: оперативный мониторинг нефтяных загрязнений на поверхности моря по спутниковым радиолокационным изображениям; анализ метеорологической и спутниковой информации о скорости ветра и высоте ветровых волн, необходимой для интерпретации радиолокационных изображений и оценки скорости и направления нефтяных пятен; ежедневный мониторинг поверхности по данным спутниковых изображений в инфракрасном и оптическом диапазонах спектра. [4, 5].

Таким образом, с целью предупреждения и своевременного выявления экологических отклонений разных направлений и степеней необходимо проводить постоянный мониторинг на нефтяных месторождениях. Соблюдение действующих правил и норм ведения технологий и эксплуатации оборудования, охраны недр, атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, почвенного покрова, охраны труда ведет к обеспечению безаварийного процесса разработки месторождений и их дальнейшей экологической безопасности.

Литература:

1. РД 03-418-01 Методическое указание по проведению анализа риска опасных производственных объектов. Дата введения 2001-09-01. Введен в действие Постановлением Госгортехнадзора России 10.07.2001 № 30

2. Федеральный закон Об охране окружающей среды от 10.01.2002 № 7-ФЗ (последняя редакция)

3. Чистяков Д.А., Нечаева О.А. Экологический мониторинг разливов нефти и нефтепродуктов с использованием летательных аппаратов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://russiandrone.ru/publications/ekologicheskiiy-monitoring-razlivov-nefti-i-nefteproduktov-s-ispolzovaniem-letatelnykh-apparatov/>

4. Лебедев С.А. Костяной А.Г. Спутниковый мониторинг трансграничных вод России и Эстонии/ Материалы II Международной научно-практической конференции «Прикладные аспекты геологии, геофизики и геоэкологии с использованием современных информационных технологий», посвященной 20-летию МГТУ/ Майкоп. Россия. 14-17 мая 2013. Ат: Майкоп: Изд-во Магарин О.Г., 2013. С. 152-169. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/280562850_Sputnikovyy_monitoring_transgranichnyh_vod_Rossii_i_Estonii?enrichId=rgreq-

[219cd14f78d6f6d08cdfaf6c7fdb5dd2-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzI4MDU2Mjg1MDtBUzoyNTY4Mjk5NzIyODMzOTJAMTQzODI0NDQ0NTYzMw%3D%3D&el=1_x_2&esc=publicationCoverPdf](https://www.researchgate.net/publication/319cd14f78d6f6d08cdfaf6c7fdb5dd2-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzI4MDU2Mjg1MDtBUzoyNTY4Mjk5NzIyODMzOTJAMTQzODI0NDQ0NTYzMw%3D%3D&el=1_x_2&esc=publicationCoverPdf)

5. Спутниковый мониторинг Юго-Восточной части Балтийского моря. Отчет 2004 Нефтяной Компании ЛУКОЙЛ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lukoil.ru/FileSystem/9/155747.pdf>

УДК 556.555.6 : 504.064.36

ФОРМЫ МИГРАЦИИ СВИНЦА, МЕДИ И ЦИНКА В ВОДАХ НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. КАЗАНКА

Иванов Д.В., кандидат биологических наук, зам. директора по научной работе;
Валиев В.С., старший научный сотрудник;

Маланин В.В., научный сотрудник;

Зиганшин И.И., кандидат географических наук, старший научный сотрудник
Институт проблем экологии и недропользования АН РТ

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Изучено содержание меди, цинка и свинца в водах нижнего течения р. Казанка в сезонной динамике. Металлы мигрируют в воде преимущественно в растворенной форме. Доля антропогенного свинца, поступающего в Куйбышевское водохранилище со стоком р. Казанка, составляет 78%, меди – 55%, цинка – 5%.

Ключевые слова: тяжелые металлы, формы миграции, сезонная динамика, мониторинг, река Казанка.

FORMS OF MIGRATION OF LEAD, COPPER AND ZINC IN THE WATERS OF THE LOWER CURRENT OF THE KAZANKA RIVER

Ivanov D.V., candidate of biological sciences, deputy director

Valiev V.S., senior researcher

Malanin V.V., researcher

Ziganshin I.I., candidate of geographical sciences, senior researcher

Annotation: The content of copper, zinc and lead in the waters of the lower reaches of the river was studied. Kazanka in seasonal dynamics. Metals migrate in water mainly in dissolved form. The share of anthropogenic lead entering the Kuibyshev reservoir with the river. Kazanka accounts for 78%, copper - 55%, zinc - 5%.

Keywords: heavy metals, forms of migration, seasonal dynamics, monitoring, Kazanka river.

В водоемах Республики Татарстан систематически отмечаются превышения концентраций растворенных форм тяжелых металлов (ТМ) – меди, цинка, марганца. В число водных объектов, на которых периодически наблюдаются

отклонения от ПДК, входит и р. Казанка в ее нижнем течении. Важное внимание, которое в последние несколько лет уделяется экологическому состоянию Казанки на государственном уровне, диктует необходимость организации и проведения здесь детальных исследований качества вод по гидрохимическим показателям, включая содержание приоритетных загрязняющих веществ. Цель исследования: определить соотношение миграционных форм и уровень загрязнения ТМ (Pb, Cu и Zn) вод нижнего течения р. Казанка на участке от Голубых озер до г. Казани.

Пробы для химического анализа отбирали ежемесячно в 2017-2018 гг. г. из поверхностного горизонта на двух станциях, расположенных ниже Большого Голубого озера и в Казанском заливе Куйбышевского водохранилища (КВ), у третьей транспортной дамбы. Из Голубых озер в р. Казанка поступает порядка 1 м³/с минерализованных подземных вод. Станция, расположенная в черте г. Казани, подвержена влиянию сбросов промышленных предприятий и ливневых сточных вод с территории города. Данный участок реки находится в подпоре водохранилища, водные массы формируются здесь не только за счет стока р. Казанка, но и периодического «захода» волжских вод при высоких уровнях воды.

Пробы объемом 1 фильтровали через мембранный фильтр с диаметром пор 0.45 мкм с использованием вакуумной установки. Фильтрат упаривали до влажного осадка. Осадок растворяли в 0.1н HNO₃. Взвеси, оставшиеся на фильтре, разлагали 5н HNO₃. Концентрацию металлов в растворе измеряли пламенным атомно-абсорбционным методом на приборе Analyst-400.

Содержание растворенных и взвешенных форм ТМ в речной воде за период наблюдений было весьма вариabельным, что можно объяснить влиянием как природных, так и антропогенных факторов (табл. 1).

Таблица 1

Показатели вариabельности растворенных и взвешенных форм ТМ
в водах р. Казанка

| ТМ | Формы миграции | Me | Min | Max | LQ | UQ |
|----------------------|---------------------------|-----|------|------|-----|-----|
| Голубые озера | | | | | | |
| Pb | Растворенные формы, мкг/л | 1.8 | 0.1 | 17.0 | 0.5 | 6.6 |
| | Взвешенные формы, мкг/л | 0.8 | 0.2 | 11.9 | 0.5 | 3.2 |
| | Растворенные формы, % | 62 | 0.4 | 95 | 25 | 87 |
| Cu | Растворенные формы, мкг/л | 0.7 | 0.2 | 2.8 | 0.3 | 1.9 |
| | Взвешенные формы, мкг/л | 0.3 | 0.03 | 1.4 | 0.1 | 0.6 |
| | Растворенные формы, % | 80 | 23 | 93 | 57 | 89 |
| Zn | Растворенные формы, мкг/л | 3.8 | 1.5 | 9.4 | 2.1 | 5.8 |
| | Взвешенные формы, мкг/л | 1.8 | 0.1 | 3.5 | 0.5 | 1.9 |
| | Растворенные формы, % | 76 | 45 | 95 | 62 | 93 |
| 3 транспортная дамба | | | | | | |
| Pb | Растворенные формы, мкг/л | 5.6 | 0.01 | 14.4 | 3.9 | 8.4 |
| | Взвешенные формы, мкг/л | 3.9 | 0.2 | 13.2 | 2.0 | 8.4 |
| | Растворенные формы, % | 61 | 0.3 | 97 | 29 | 77 |
| Cu | Растворенные формы, мкг/л | 1.3 | 0.1 | 3.3 | 0.6 | 1.5 |
| | Взвешенные формы, мкг/л | 0.9 | 0.03 | 1.9 | 0.2 | 1.2 |
| | Растворенные формы, % | 61 | 24 | 91 | 49 | 87 |

| | | | | | | |
|----|---------------------------|-----|-----|------|-----|-----|
| Zn | Растворенные формы, мкг/л | 4.2 | 1.4 | 11.6 | 3.2 | 5.8 |
| | Взвешенные формы, мкг/л | 1.2 | 0.2 | 2.5 | 0.8 | 1.6 |
| | Растворенные формы, % | 74 | 58 | 96 | 67 | 80 |

Примечание: Me – медиана, Min и Max – минимальное и максимальное значения, LQ и UQ – нижний и верхний квартили

В створе у транспортной дамбы содержание ТМ было выше, чем на расположенном выше по течению створе, особенно по растворенным и взвешенным формам Pb и Cu (табл. 1). Однако сравнение выборок (критерий Манна-Уитни) показало, что разница между концентрациями Pb, Cu и Zn в створах наблюдений была статистически недостоверна ($p < 0.05$).

Свинец, медь и цинк в водах нижнего течения р. Казанка в основном мигрируют в растворенной форме. В среднем за год доля растворенных форм Pb и Zn составляет 60–75%. Количество Cu, мигрирующей в растворе, вниз по течению снижается с 80 до 60% (табл. 1).

Для ТМ характерна сезонная цикличность их концентраций в воде. Оба участка реки обладают однотипным, «синхронизированным» во времени характером изменения растворенных форм меди и цинка. По свинцу выраженной синхронности изменения концентраций не наблюдалось, его поведение в водах р. Казанка отличалось от двух других металлов. Это подтверждается величинами коэффициентов корреляции между ТМ: Cu-Zn (0.39), Cu-Pb и Zn-Pb (0.05) при $p < 0.05$. Для цинка и меди выделено два характерных периода, когда содержание их растворенных форм в воде достигало максимума: февраль и август-сентябрь (рис.). Зимой рост концентраций растворенных форм ТМ обусловлен снижением водности, поступлением с подземными водами, а также ремобилизацией из донных отложений. В августе и сентябре появление в воде Cu и Zn в концентрациях выше, чем в предшествующий период, можно объяснить происходящим в это время активным разрушением клеток фитопланктона, который служит мощным концентратором металлов из водной среды.

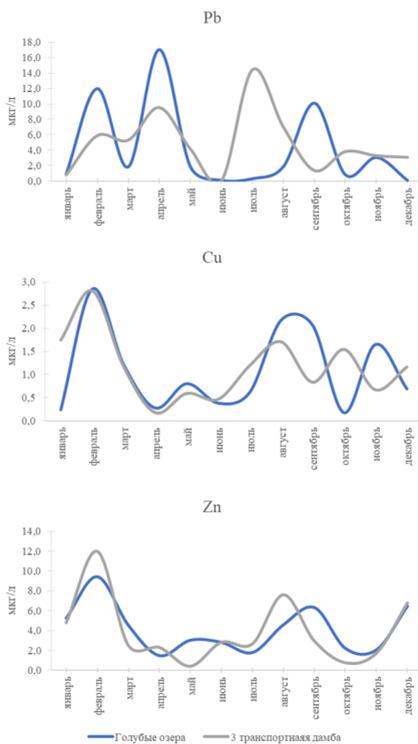


Рис. Динамика растворенных форм Pb, Cu, Zn на створах наблюдений

Наиболее заметный пик растворенных форм Pb (более 15 мкг/л) отмечен в районе Голубых озер в апреле, в период прохождения половодья на р. Казанка. Данный участок реки расположен ниже автодорожного моста на трассе М7 с высокой интенсивностью транспортных потоков. Не исключено, что поступление свинца здесь связано со смывом загрязненного грунта с придорожных полос. По цинку и меди аналогичные пики в апреле на обоих постах наблюдений отсутствовали.

Расчет уровней загрязнения вод р. Казанка металлами проводили по отношению к их ПДК в водоемах рыбохозяйственного значения, которые составляют: Pb 6 мкг/л, Cu 1 мкг/л, Zn 10 мкг/л. На створе, расположенном у Голубых озер, среднегодовые концентрации не превышали ПДК ни по одному из ТМ (табл. 1). При этом максимально наблюдаемые концентрации Pb были выше допустимых почти в 3 раза, Cu – в 2.8 раза. По цинку в течение всего периода наблюдений наличие загрязнения воды не выявлено.

В Казанском заливе среднегодовые концентрации Pb и Zn также были ниже ПДК, а по Cu – находились незначительно выше ПДК (табл. 1). Максимальные обнаруженные концентрации растворенных форм ТМ были выше ры-

бохозяйственных нормативов по свинцу – в 2.5 раза, меди – в 3.3. раза, цинку – в 1.2 раза.

Таким образом, в загрязнение р. Казанка наибольший вклад вносят соединения меди. При этом полученные нами данные о превышении ПДК меди не соответствуют данным государственного мониторинга. По официальным данным [1,2], превышения среднегодовых концентраций Cu в Казанском заливе составили в 2017 г. 6.0 ПДК, максимальные – 20.1 ПДК; в 2018 г. средние превышения ее растворенных форм составили 4.2 ПДК, а максимальные – 11.6 ПДК. Столь существенные различия в данных могут быть связаны с применяемой в системе Росгидромета методикой отделения растворенных форм металлов от взвешенных при помощи фильтра «белая тента». Это ведет к «росту» нормируемых концентраций растворенных форм и, соответственно, к занижению оценок качества воды по критерию УКИЗВ [3].

Результаты расчетов стока ТМ, мигрирующих в р. Казанка в растворенной и взвешенной формах, представлены в таблице 2. Они показывают, что из р. Казанка в р. Волга (Куйбышевское водохранилище) в год выносятся около 1 т свинца, более 200 кг меди и более 550 кг цинка.

Таблица 2

Сток растворенных и взвешенных форм ТМ в р. Казанка и его антропогенная составляющая

| ТМ | Голубые озера, т/год | З транспортная дамба, т/год | Антропогенный вклад, % | |
|----|----------------------|-----------------------------|------------------------|----|
| | | | т/год | % |
| Pb | 0.25 | 0.97 | 0.72 | 78 |
| Cu | 0.10 | 0.22 | 0.12 | 55 |
| Zn | 0.53 | 0.56 | 0.03 | 5 |

Из разницы между общим количеством металла, переносимого рекой в верхнем (Голубые озера) и расположенном ниже по течению (в черте г. Казань) створах наблюдений, следует, что на этом участке реки в Казанку в течение года поступило более 700 кг Pb, 120 кг Cu и 30 кг Zn. Вероятно, большая их часть привнесена в водный объект с промышленными и коммунальными сточными водами напрямую, а также с водами притоков (Солонки, Сухой, Ноксы) с территории городской застройки.

Литература:

1. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2018 году. Казань, 2019. 402 с.
2. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2019 году. Казань, 2020. 406 с.
3. Иванов Д.В., Давлетзянов И.И., Маланин В.В. Сравнительный анализ способов фильтрации при определении концентраций растворенных форм металлов в природных и сточных водах // Российский журнал прикладной экологии. 2020. №3. С. 17–22.

БИОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ИСКУССТВЕННОЙ ЭКОСИСТЕМЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРУДОВ НА ОЗ. НИЖНИЙ КАБАН Г. КАЗАНИ

Шурмина Н.В., научный сотрудник

Богданова О.В., научный сотрудник

Иванов Д.В., кандидат биологических наук, зам. директора по научной работе
Институт проблем экологии и недропользования АН РТ
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Рассмотрена динамика содержания биогенных элементов в искусственной экосистеме фитоочистных сооружений на оз. Нижний Кабан г. Казани. Дана оценка эффективности очистки воды от биогенных элементов, предложены рекомендации по оптимизации работы сооружений.

Ключевые слова: фитоочистные сооружения, биологическая очистка, биогенные элементы, озеро Кабан.

BIOGENIC ELEMENTS IN AN ARTIFICIAL ECOSYSTEM BIOLOGICAL PONDS AT NIZNIY KABAN LAKE OF KAZAN CITY

Shurmina N.V., Researcher

Bogdanova O.V., Researcher

Ivanov D.V., candidate of biological sciences, Deputy Director

Annotation: The dynamics of the content of biogenic elements in the artificial ecosystem of phyto-purification facilities on the lake. Lower Boar of Kazan. An assessment of the efficiency of cleaning from biogenic elements is given, recommendations for optimizing the operation of structures are proposed.

Keyword: phyto-treatment facilities, biological treatment, nutrients, Kaban Lake.

Озера системы Кабан расположены в центральной части г. Казани и являются одними из крупнейших водоемов Республики Татарстан. Начиная с XIX в. озера Нижний и Средний Кабан выступают в качестве приемников сточных вод промышленных предприятий, строящихся на их берегах. Вода в оз. Нижний Кабан на протяжении последних двух десятилетий характеризовалась как «грязная» 4 класса качества. В воде наблюдаются превышения предельно допустимых концентраций биогенных элементов: ионов аммония, нитритов, фосфатов (табл. 1). Периодически отмечаются превышения и по другим показателям качества воды, что связано с систематическим поступлением в озеро ливневых сточных вод с городской территории.

Таблица 1

Средние значения показателей качества воды оз. Нижний Кабан по содержанию биогенных элементов [1], мг/л

| Контролируемые показатели | ПДК _{рх} | ПДК _{кб} | Среднее значение (С _х) | С _х / ПДК _{рх} | С _х / ПДК _{кб} |
|--|-------------------|-------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Аммоний (NH ₄ ⁺) | 0.5 | 1.5 | 1.95 | 3.9 | 1.3 |
| Нитриты (NO ₂ ⁻) | 0.08 | 3.3 | 0.57 | 7.2 | 0.2 |
| Нитраты (NO ₃ ⁻) | 40 | 45 | 34.2 | 0.9 | 0.8 |
| Фосфаты (PO ₄ ³⁻) | 0.2 | 3.5 | 0.59 | 3.0 | 0.2 |

В 2015 г. китайской компанией «Turenscape» была разработана концепция «Эластичная лента», направленная на формирование экологичного ландшафта пространства по берегам оз. Нижний Кабан. Концепция включала создание на одном из участков прибрежной зоны системы фитоочистных сооружений (ФОС), предназначенных как для выполнения эстетических функций, так и для ознакомления населения с возможностями использования высшей водной растительности в качестве эффективного природного фильтра и нейтрализатора различного рода загрязнений, поступающих в водоемы в составе стоков. В 2017-2018 гг. на набережной озера было выполнено строительство каскадного фитокомплекса, который начал функционировать в июне 2018 г.

ФОС состоят из двух каскадных систем: «левой», которая объединяет 8 бассейнов, и «правой», состоящей из 5 бассейнов. Бассейны-биопруды представляют собой бетонные сооружения и имеют ширину от 3 до 15 м, длину от 10 до 40 м и глубину до 0.5 м. Водозабор ФОС расположен в прибрежной зоне. Вода из озера насосом подается в верхние бассейны левого и правого каскадов и затем путем перелива поступает в расположенные ниже секции. Из бассейна №4 левой системы вода также при помощи насоса подается в расположенный выше по рельефу бассейн №5, откуда вновь самотеком поступает в бассейны №6-8. После прохождения через всю систему очищенная вода возвращается в оз. Нижний Кабан. Аналогичным образом осуществляется циркуляция воды в правой системе.

В статье приводятся результаты оценки эффективности очистки воды оз. Нижний Кабан с применением каскадной ФОС по показателям содержания биогенных элементов. Объектом исследования являлся левый каскад прудов ФОС. Пробы воды отбирались еженедельно с 3 июля по 26 сентября 2018 г. в трех точках каскада: 1 – место забора воды из оз. Нижний Кабан, 2 – на выходе из бассейна №4 с рогозом узколистным; 3 – на выходе из бассейна №7 с манником зеленолиственным и аиром болотным. В перечень анализируемых показателей входили азот нитратный, нитритный и аммиачный, фосфор фосфатов (минеральный).

Как показали результаты мониторинга вод озера, по большинству исследуемых показателей они не выходили за пределы нормативных величин для водоемов рыбохозяйственного значения (табл. 2). В районе водозабора за весь период наблюдений отмечались 5-6-кратные превышения ПДК нитритов. Осенью

отмечено накопление в воде ионов аммония (до 9.5 ПДК), что можно связать с начавшимися в этот период процессами разложения биомассы водорослей и высшей водной растительности. Показатели содержания ионов азотной группы и фосфатов имели тенденцию к увеличению в сентябре, когда потребность в них растений и водорослей существенно сокращалась.

После прохождения ФОС исходные концентрации аммонийного и нитритного азота, характерные для оз. Нижний Кабан, практически не претерпели изменений. Напротив, их концентрации в воде бассейнов №4 и №7 оказались даже выше, чем в поступающей в систему озерной воде. Возможно, экосистема биоплато на начальном этапе функционирования в полной мере не сбалансирована по потокам вещества между отдельными ее элементами.

Таблица 2

Динамика показателей качества воды
в оз. Нижний Кабан в июле-сентябре 2018 г., мг/л

| Показатели | Июль | Август | Сентябрь | ПДК _{рх} ² |
|--|----------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------------|
| Аммоний (NH ₄ ⁺) | 0.34 ¹ 0.18 - 0.47 | 0.30 0.23 - 0.34 | 1.22 0.68 - 1.76 | 0.50 |
| Нитриты (NO ₂ ⁻) | 0.42 0.33 - 0.51 | 0.41 0.36 - 0.45 | 0.52 0.42 - 0.70 | 0.08 |
| Нитраты (NO ₃ ⁻) | 19.5 15.5 - 20.5 | 23.3 20.5 - 26.0 | 18.7 15.5 - 20.5 | 40.0 |
| Фосфаты (PO ₄ ³⁻) | 0.04 0.03 - 0.05 | 0.02 0.01 - 0.03 | 0.13 0.03 - 0.3 | 0.63 |

¹ Числитель – среднее, знаменатель – пределы колебаний;

² Предельно допустимые концентрации для водоемов рыбохозяйственного значения.

Другой, более вероятной причиной роста концентрации восстановленных форм азота может являться падение содержания в водах ФОС по сравнению с подаваемой водой растворенного кислорода, который используется на окисление органического вещества иловых отложений, формирующих искусственные субстраты для растений комплекса. Начиная с конца июля, по мере роста и развития растений, падение концентрации O₂ в воде на выходе из секции №4 происходит синхронно с изменениями его концентрации в воде озера, примерно на 50% от изначальной.

Несколько иначе выглядела картина изменения концентрации нитратного азота (рис. 1). При прохождении биоплато происходит снижение содержания N-NO₃⁻ в результате бионакопления. Это снижение незначительно (2-8% от исходного) и статистически может быть недостоверно, но его системный характер указывает на изъятие из водной среды определенной части биогенных элементов.

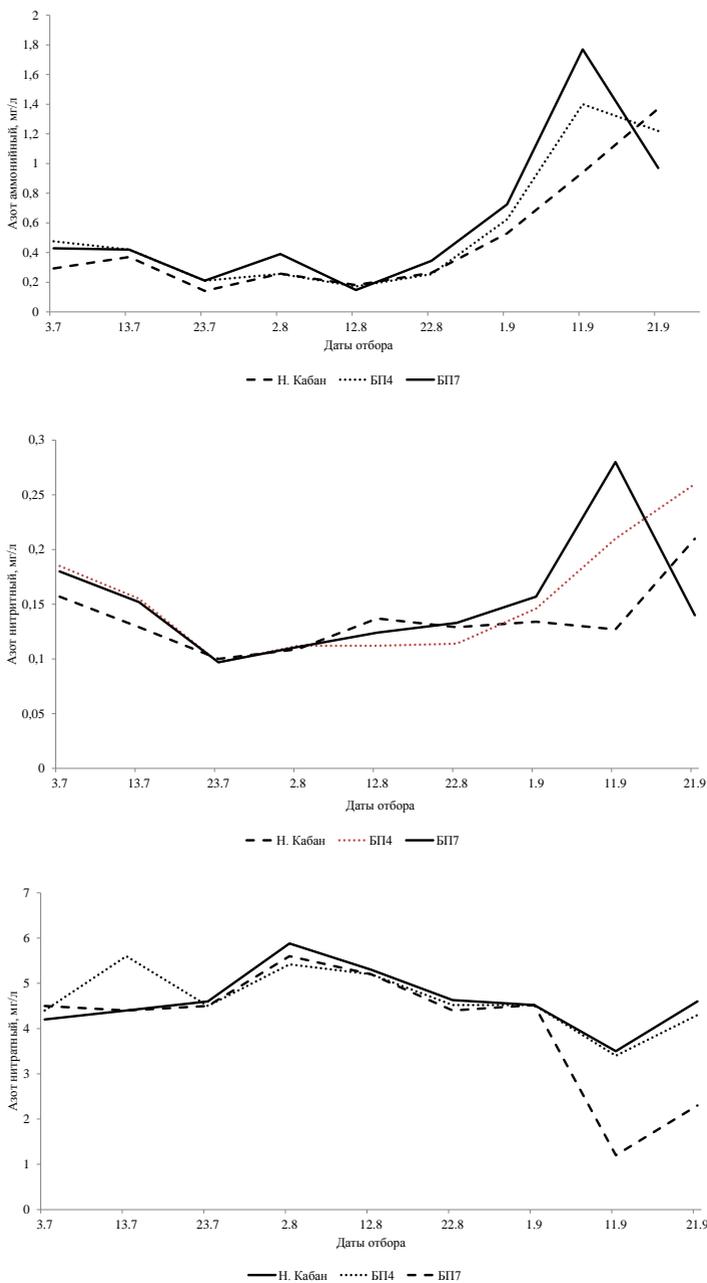


Рис. 1. Динамика содержания соединений азота в ФОС оз. Нижний Кабан: БП4 – вода на выходе из секции №4, БП7 – вода на выходе из секции №7

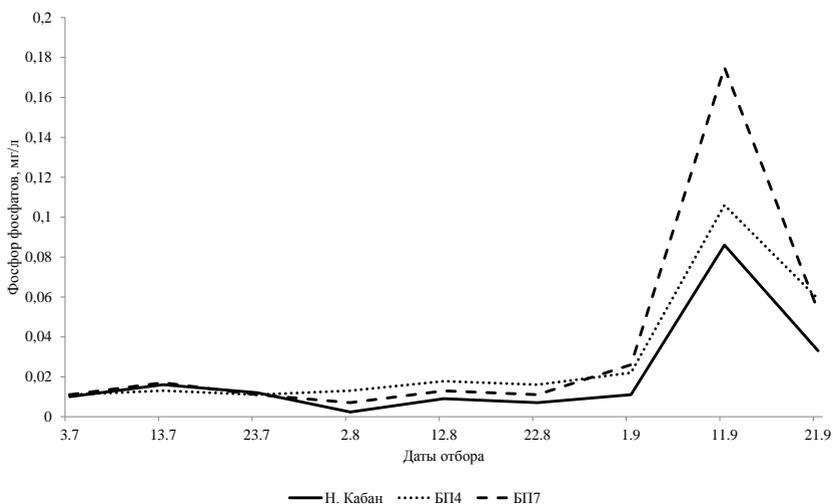


Рис. 2. Сезонная динамика концентраций фосфора фосфатов в ФОС оз. Нижний Кабан:

БП4 – вода на выходе из секции №4, БП7 – вода на выходе из секции №7

Не менее важным представлялись результаты мониторинга содержания в воде ФОС минерального фосфора, т.к. избыток в воде этого элемента обуславливает цветение воды, вызванное ростом и размножением водорослей различных систематических групп, в первую очередь синезеленых. Здесь также не удалось выявить закономерностей снижения концентраций фосфатов по мере прохождения каскада искусственных биопрудов с различными водными растениями. По сути, на выходе из ФОС в течение всего периода наблюдений происходил рост концентраций фосфатного фосфора относительно его содержания в поступающей из оз. Нижний Кабан воде (рис. 2). Он становится наиболее заметен начиная с сентября, когда в воду начинают поступать отмирающие части растений.

Таким образом, эффективность очистки воды оз. Нижний Кабан на ФОС от соединений биогенных элементов (азота и фосфора) с применением каскада биоплато из высшей водной растительности в первый год их эксплуатации следует признать низкой. По азоту нитратов она варьировала от 2 до 8%, по остальным ионам (нитриты, аммоний, фосфаты) снижения их концентраций в результате прохождения через систему ФОС не было выявлено. Возможно, это связано с высокой скоростью водообмена в системе, которая не способствует эффективному поглощению элементов из водной среды.

При дальнейшей эксплуатации ФОС необходимо отрегулировать интенсивность подачи воды в систему для обеспечения эффективной очистки воды от различных загрязняющих веществ, включая биогенные элементы. В значительной мере процессы самоочищения будут зависеть от показателей роста и

развития растений в каждом из прудов системы, поэтому необходимо сохранить их подземные органы от вымерзания в зимний период и при необходимости произвести дополнительную высадку растений на место отмерших особей в начале вегетации.

Литература:

1. Шагидуллин Р.Р., Латыпова В.З., Тарасов О.Ю., Никитин О.В., Яковлева О.Г., Иванов Д.В., Петров А.М., Шагидуллина Р.А., Крапивина Н.Ю., Юраец-Лужаева Р.Ч. Природные и антропогенные факторы формирования качества воды озера Средний Кабан г. Казани // Георесурсы. 2012. №7(49). С.11–17.

УДК 504.064.2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕТРОВОГО РЕЖИМА Г. КАЗАНЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАССЕИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ АТМОСФЕРЫ

Шагидуллин А.Р., к.ф.-м.н., старший научный сотрудник;
Мусина А.А., младший научный сотрудник;
Габдрахимова В.А., младший научный сотрудник
Институт проблем экологии и недропользования АН РТ
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация. Проведены расчет ветровых характеристик в г. Казань, определяющих условия переноса атмосферных примесей. Преобладающим среднегодовым направлением ветра является юго-западное. Фиксируется снижение средней скорости ветра и устойчивости его направления в летний период и повышение в зимний. Показано, что зимний период обеспечивает лучшие условия рассеивания примесей.

Ключевые слова: атмосфера, ветер, вектор ветра, устойчивость ветра, эллипс рассеивания, рассеивание примесей.

CHARACTERISTICS OF THE WIND REGIME IN KAZAN FOR ASSESSING THE SCATTERING POWER OF THE ATMOSPHERE

Shagidullin A.R., Cand. of Phys. and Math. Sc., Senior Research Associate;
A. Musina, Junior 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 calculation of wind characteristics in Kazan city, which determine the conditions for the transfer of atmospheric impurities, has been carried out. The prevailing average annual wind direction is southwest. A decrease in the average wind speed and stability of its direction in the summer period and an increase in the winter are recorded. It is shown that the winter period provides the best conditions for

the dispersion of impurities.

Keywords: atmosphere, wind, wind vector, wind stability, dispersion ellipse, dispersion of impurities.

Уровень загрязнения атмосферного воздуха зависит как от выбросов вредных веществ из различных источников, так и от способности атмосферы осадждать и рассеивать эти примеси. При одной и той же интенсивности поступления загрязнений на различных территориях или на одной и той же территории в различное время могут наблюдаться совершенно разные уровни концентраций вредных веществ. Поэтому оценка рассеивающей способности атмосферы имеет большое значение для управления безопасностью окружающей среды.

Среди факторов, определяющих способность воздуха к самоочищению, важнейшую роль играет ветровой режим.

Согласно принятому в метеорологии подходу направление ветра описывается углом θ , который определяется как азимут точки горизонта, откуда ветер дует. Северному ветру, т.е. направления переноса воздушных масс с севера на юг, соответствует угол 0° .

В декартовых координатах поведение вектора ветра описывается средним результирующим вектором \bar{V}_r , составляющие которого по ортогональным осям x, y : \bar{V}_x, \bar{V}_y . Среднеквадратические отклонения σ_x, σ_y характеризуют степень изменчивости составляющих векторов ветра по осям относительно их средних значений [1].

Составляющие единичного вектора ветра по осям x, y :

$$v_{xi} = -|v_{ri}| \sin \theta, v_{yi} = -|v_{ri}| \cos \theta$$

$|v_{ri}|$ – модуль единичного вектора ветра, т.е. скалярная скорость ветра, измеряемая метеостанцией.

Если n – количество наблюдений, то средние значения компонентов результирующего вектора \bar{V}_r определяются с учетом знаков v_{xi}, v_{yi} выражениями:

$$\bar{V}_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_{xi}, \bar{V}_y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_{yi}$$

Среднеквадратические отклонения σ_x, σ_y определяются выражениями:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (v_{xi} - \bar{V}_x)^2}, \sigma_y = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (v_{yi} - \bar{V}_y)^2}$$

Для описания скорости ветра без учета направлений используется средняя скалярная скорость ветра:

$$V_s = \sum_{i=1}^n |v_{ri}|$$

Для определения преимущественного направления переноса примесей важной характеристикой является устойчивость результирующего вектора ветра:

$$q = \frac{|\bar{V}_r|}{V_s} \times 100\%$$

Устойчивость ветра q может изменяться в пределах от 0 до 100%. Значение $q=0\%$ соответствует случаю, когда все направления ветра и скорости в каждом направлении равновероятны. Результирующий вектор \vec{V}_r в таком случае приобретает нулевое значение. $q=100\%$, напротив, соответствует случаю, когда направление ветра на местности всегда является постоянным.

Характеристики ветрового режима для г.Казань определены по данным метеорологических наблюдений автоматических станций контроля загрязнения атмосферы (АСКЗА) Министерства экологии и природных ресурсов РТ в 2016-2020 гг. Рассчитанные характеристики приведены в табл. для разных сезонов и в среднем за 5 лет наблюдений.

Таблица

Характеристики ветрового режима г. Казань

| Станция | Сезон | \bar{V}_x , м/с | \bar{V}_y , м/с | θ , ° | V_s , м/с | q , % | σ_x , м/с | σ_y , м/с |
|---|-------|-------------------|-------------------|--------------|-------------|---------|------------------|------------------|
| АСКЗА-1, с. Осиново, ж/к «Май- ский» | 5 лет | 0,25 | 0,53 | 205 (ЮЗ) | 2,01 | 29 | 1,71 | 1,71 |
| | зима | 0,08 | 1,07 | 184 (Ю) | 2,19 | 49 | 1,72 | 1,72 |
| | весна | 0,14 | 0,33 | 203 (Ю) | 2,17 | 17 | 1,83 | 1,90 |
| | лето | 0,42 | 0,04 | 265 (З) | 1,63 | 26 | 1,60 | 1,33 |
| | осень | 0,48 | 0,46 | 226 (ЮЗ) | 1,91 | 35 | 1,59 | 1,55 |
| АСКЗА-2, ул. Павлюхи- на, 75 | 5 лет | 0,23 | 0,12 | 243 (ЮЗ) | 0,56 | 47 | 0,67 | 0,54 |
| | зима | 0,23 | 0,23 | 226 (ЮЗ) | 0,66 | 49 | 0,67 | 0,65 |
| | весна | 0,19 | 0,11 | 239 (ЮЗ) | 0,57 | 38 | 0,71 | 0,64 |
| | лето | 0,18 | 0,02 | 262 (ЮЗ) | 0,34 | 51 | 0,52 | 0,27 |
| | осень | 0,29 | 0,08 | 254 (З) | 0,59 | 52 | 0,73 | 0,49 |
| АСКЗА-3, Деревня Уни- версиды | 5 лет | 0,47 | 0,08 | 260 (З) | 1,38 | 35 | 1,28 | 1,12 |
| | зима | 0,38 | 0,42 | 222 (ЮЗ) | 1,34 | 42 | 1,06 | 1,17 |
| | весна | 0,45 | 0,01 | 269 (З) | 1,51 | 30 | 1,42 | 1,23 |
| | лето | 0,51 | -0,21 | 292 (З) | 1,33 | 42 | 1,35 | 0,95 |
| | осень | 0,55 | 0,02 | 267 (З) | 1,35 | 41 | 1,29 | 0,99 |
| АСКЗА-4, ул. Четаева, 26 | 5 лет | 0,18 | 0,38 | 205 (ЮЗ) | 1,10 | 38 | 0,72 | 1,08 |
| | зима | 0,16 | 0,74 | 192 (Ю) | 1,27 | 60 | 0,71 | 1,09 |
| | весна | 0,16 | 0,30 | 208 (ЮЗ) | 1,17 | 29 | 0,79 | 1,16 |
| | лето | 0,18 | 0,06 | 252 (З) | 0,84 | 22 | 0,65 | 0,85 |
| | осень | 0,22 | 0,31 | 215 (ЮЗ) | 1,04 | 37 | 0,69 | 1,03 |

Как можно видеть из табл., средняя скорость ветра по замерам АСКЗА, которые располагаются в черте городской застройки, ощутимо ниже соответствующих значений, фиксируемых на ближайших метеостанциях, расположенных на открытой местности [2].

Преобладающим среднегодовым направлением ветра является юго-западное. Все станции фиксируют снижение средней скорости ветра в летний период и повышение в зимний. Средние зимние скорости ветра фиксируются на уровне 97-118% от среднегодовых, летние – 62-96% от среднегодовых скоростей.

Фиксируемая устойчивость ветра на большинстве станций выше в зимний период и снижается в переходные и летний периоды. Это означает, что в зим-

нее время для ветра характерно определенное наиболее вероятное направление, в то время как в летний и переходные периоды различные направления становятся в большей степени вероятными. Коэффициент корреляции между составляющими вектора ветра, характеризующий степень их взаимосвязи, во всех случаях имеет небольшое значение.

Графически режим характерного на местности ветра (т.е. характер распределения вектора ветра \vec{V}_r) может описываться с помощью роз ветров. Однако, розы ветров, описывающие распределение ветра по направлениям и одновременно по скоростям имеют довольно громоздкий вид. Другим используемым в метеорологии графическим представлением характерных параметров ветра является эллипс рассеивания вектора ветра.

В аналитическом виде эллипс рассеивания вектора ветра описывается выражением:

$$\frac{(v_x - \bar{V}_x)^2}{\sigma_x^2} - \frac{2r(v_x - \bar{V}_x)(v_y - \bar{V}_y)}{\sigma_x \sigma_y} + \frac{(v_y - \bar{V}_y)^2}{\sigma_y^2} = c^2$$

Параметр c^2 определяет вероятность P попадания вектора скорости ветра в область, ограниченную эллипсом $P(c) = 1 - \exp \frac{-c^2}{2(1-r)}$.

Эллипс рассеивания является сечением поверхности, описываемой функцией плотности вероятности распределения величин v_x, v_y , построенной в предположении их нормального распределения. Эллипс рассеивания является сечением данной поверхности плоскостью, параллельной плоскости $v_x O v_y$ и соответствующей определенной вероятности P . Центр эллипса рассеивания находится в точке \bar{V}_x, \bar{V}_y .

Эллипс рассеивания для вероятности $P=0,95$, построенный по данным наблюдений АСКЗА-2, и результирующие векторы ветра в координатной сетке v_x, v_y (м/с) показан на рис. Эллипсы рассеивания при наложении на карту местности дают наглядное представление о наиболее вероятных направлениях переноса примесей в данном районе.

Преобладающими направлениями ветра за год и в холодный период в районе Казани являются южное, западное и юго-западное. В летний период увеличивается повторяемость западных ветров.

В целом, как можно видеть из табл. и рис. зимний период обеспечивает лучшие условия рассеивания за счет более высоких скоростей ветра. В летний период фиксируются более низкие скорости ветра, и одновременно характерно изменение направления на западное.

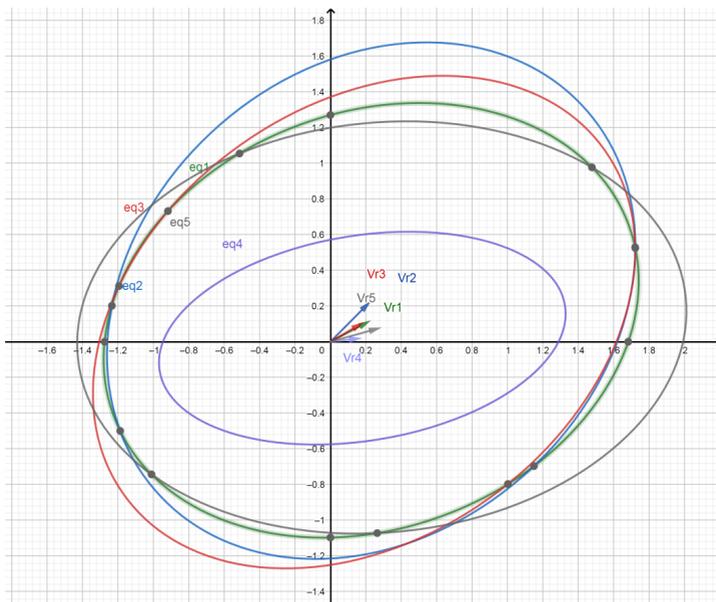


Рис. Эллипсы рассеивания вектора ветра и результирующие векторы для различных сезонов и всего года по данным АСКЗА-2 (eq1, Vr1 – за 5 лет, eq2, Vr2 – зима, eq3, Vr3 – весна, eq4, Vr4 – лето, eq5, Vr5 – осень)

Литература:

1. Гутерман И.Г. Распределение ветра над северным. Л.: Гидрометеоиздат, 1965. 252 с.
2. Климатические условия и ресурсы Республики Татарстан / Ю.П. Переведенцев, Б.Г. Шерстюков, Э.П. Наумов, М.А. Верещагин, К.М. Шанталинский. Казань: Изд-во Казанск. гос. ун-та, 2008. 288 с.

УДК 504.064.36

ДИНАМИКА УРОВНЕЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА Г. НИЖНЕКАМСК ПО ДАННЫМ АВТОМАТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ МОНИТОРИНГА

Шагидуллин А.Р., к.ф.-м.н., старший научный сотрудник;
 Мусина А.А., младший научный сотрудник;
 Габдрахимова В.А., младший научный сотрудник
 Институт проблем экологии и недропользования АН РТ
 (г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Анализируется динамика загрязнения атмосферного воздуха г. Нижнекамск основными газовыми примесями (оксиды азота, оксид углерода,

диоксид серы) в течении 2016-2020 гг. по данным автоматических станций мониторинга. Приведены результаты расчетов индексов загрязнения атмосферы, стандартных индексов и наибольших повторяемостей превышения нормативов качества воздуха.

Ключевые слова: загрязнение атмосферы, выбросы, мониторинг, основные газовые примеси, индекс загрязнения атмосферы.

DYNAMICS OF AIR POLLUTION LEVELS IN NIZHNEKAMSK CITY ACCORDING TO THE DATA OF AUTOMATIC MONITORING STATIONS

Shagidullin A.R., Cand. of Phys. and Math. Sc., Senior Research Associate;

Musina A., Junior 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 dynamics of atmospheric air pollution in Nizhnekamsk city is analyzed according to data from automatic monitoring stations by the main gas impurities (nitrogen oxides, carbon monoxide, sulfur dioxide) during 2016-2020. The results of calculations of air pollution indices, standard indices and the highest frequency of exceeding air quality standards are presented.

Keywords: air pollution, emissions, monitoring, main gas impurities, air pollution index.

Выбросы предприятий и автотранспорта оказывают существенное воздействие на качество атмосферного воздуха, особенно в условиях крупных промышленных центров [1-2].

Состав выбросов автотранспорта на различных территориях зависит от особенностей автопарка, соотношения типов потребляемого топлива, но в целом приблизительно одинаков. Характерный состав выбросов предприятий определяется их отраслевой направленностью, и может отличаться в различных городах. Однако, повсеместно распространены, так называемые основные газовые примеси: оксиды азота (NO , NO_2), диоксид серы (SO_2), оксид углерода (CO) [1-2]. Эти вещества образуются при сжигании ископаемого топлива и потому присутствуют в выбросах и автотранспорта, и практически любого без исключения предприятия. Поэтому в рамках настоящего исследования анализируется динамика уровней загрязнения атмосферы данными примесями.

Пять автоматических станций в г. Нижнекамск с 2016 по 2020 год размещались следующим образом:

АСКЗА-11 - г. Нижнекамск, ул. Гагарина, 32,

АСКЗА-12 - г. Нижнекамск, ул. Ямьле, 20,

АСКЗА-13 - г. Нижнекамск, ул. Юности 36 (в 2018 г. перенесен по адресу Ахтубинская, д.4б),

АСКЗА-14 - с. Большое Афанасово, ул. Молодежная, д. 1,

АСКЗА-15 - г. Нижнекамск, 36-й мкр, ул.Южная, д.7.

В процессе обработки данных определялись среднегодовые и максимальные разовые концентрации. Результаты определения представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты мониторинга АСКЗА г. Нижнекамск в 2016-2020 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-11 | | | | | | | | |
| 2016 | 0,014 | 0,318 | 0,020 | 0,178 | 0,000 | 0,111 | 0,166 | 12,200 |
| 2017 | 0,009 | 0,182 | 0,024 | 0,139 | 0,004 | 0,132 | 0,437 | 10,100 |
| 2018 | 0,012 | 0,070 | 0,047 | 0,074 | 0,014 | 0,026 | 0,488 | 2,000 |
| 2019 | 0,015 | 0,125 | 0,044 | 0,125 | 0,010 | 0,070 | 0,204 | 6,200 |
| 2020 | 0,003 | 0,337 | 0,007 | 0,059 | 0,003 | 0,034 | 0,209 | 3,600 |
| АСКЗА-12 | | | | | | | | |
| 2016 | 0,004 | 0,154 | 0,011 | 0,092 | 0,001 | 0,018 | 0,070 | 2,000 |
| 2017 | н/д | н/д | н/д | н/д | н/д | н/д | н/д | н/д |
| 2018 | н/д | н/д | н/д | н/д | н/д | н/д | н/д | н/д |
| 2019 | 0,002 | 0,024 | 0,017 | 0,062 | 0,001 | 0,081 | 0,105 | 0,700 |
| 2020 | 0,007 | 0,220 | 0,008 | 0,069 | 0,001 | 0,006 | 0,681 | 15,700 |
| АСКЗА-13 | | | | | | | | |
| 2016 | 0,011 | 0,304 | 0,044 | 0,207 | 0,006 | 0,044 | 0,123 | 12,700 |
| 2017 | 0,012 | 0,436 | 0,060 | 0,178 | 0,005 | 0,028 | 0,259 | 10,000 |
| 2018 | 0,008 | 0,080 | 0,057 | 0,118 | 0,009 | 0,018 | 0,396 | 1,500 |
| 2019 | 0,007 | 0,256 | 0,047 | 0,210 | 0,004 | 0,024 | 0,355 | 34,000 |
| 2020 | 0,009 | 0,270 | 0,041 | 0,112 | 0,003 | 0,041 | 0,188 | 2,000 |
| АСКЗА-14 | | | | | | | | |
| 2016 | 0,008 | 0,199 | 0,017 | 0,092 | 0,004 | 0,177 | 0,124 | 2,485 |
| 2017 | 0,012 | 0,463 | 0,015 | 0,180 | 0,002 | 0,294 | 0,129 | 3,035 |
| 2018 | 0,017 | 0,061 | 0,017 | 0,061 | 0,002 | 0,013 | 0,179 | 4,126 |
| 2019 | 0,005 | 0,140 | 0,014 | 0,105 | 0,001 | 0,039 | 0,106 | 2,630 |
| 2020 | 0,005 | 0,239 | 0,014 | 0,111 | 0,001 | 0,054 | 0,141 | 3,606 |
| АСКЗА-15 | | | | | | | | |
| 2016 | 0,006 | 0,093 | 0,009 | 0,080 | 0,004 | 0,143 | 0,150 | 4,460 |
| 2017 | 0,003 | 0,246 | 0,009 | 0,230 | 0,003 | 0,042 | 0,254 | 17,023 |
| 2018 | 0,006 | 0,135 | 0,021 | 0,076 | 0,003 | 0,020 | 0,479 | 12,598 |
| 2019 | 0,003 | 0,197 | 0,013 | 0,236 | 0,001 | 0,126 | 0,390 | 9,020 |
| 2020 | 0,005 | 0,241 | 0,015 | 0,100 | 0,002 | 0,054 | 0,424 | 4,640 |

В исследуемый период на станциях зафиксированы превышения предельно допустимых максимальных разовых концентраций оксидов азота и оксидов углерода (табл. 1). Из-за недостаточности данных в анализе не учитывалась АСКЗА-2. Максимальная кратность превышений для оксида азота (или стандартный индекс – СИ [2]) был зафиксирован в 2017 г. на АСКЗА-14 и составил 1,16, для диоксида азота – в 2019 г. на АСКЗА-15 и составил 1,18. Превышений максимальных разовых концентраций диоксида серы за рассматриваемый период наблюдения зафиксировано не было. Для оксида углерода максимальный

СИ получен по результатам измерений в 2019 г. на АСКЗА-13 и равен 6,8.

Среднегодовые концентрации превышали установленные ПДК_{с.г.} (для диоксида серы в связи с отсутствием ПДК_{с.г.} использовалась ПДК_{с.с.}) для диоксида азота (на АСКЗА-11 в 2018, 2019 гг., на АСКЗА-13 за весь период). На АСКЗА-12, АСКЗА-14 и АСКЗА-15 превышений предельно допустимых среднегодовых концентраций зафиксировано не было.

Принятыми для диагностики уровня загрязнения атмосферного воздуха являются статистические величины: стандартный индекс (СИ), наибольшая повторяемость превышений (НП), индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) или рассчитанный по нескольким примесям комплексный ИЗА (КИЗА) [3]. Результаты расчета указанных параметров приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчета СИ, НП и ИЗА для г. Нижнекамск за период 2016-2020 гг.

| Вещество | Параметр | 2016 г. | 2017 г. | 2018 г. | 2019 г. | 2020 г. |
|----------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| NO | ИЗА | 0,14 | 0,15 | 0,18 | 0,11 | 0,10 |
| | СИ | 0,80 | 0,76 | 1,16 | 0,34 | 0,64 |
| | НП | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| NO ₂ | ИЗА | 0,50 | 0,67 | 0,89 | 0,67 | 0,43 |
| | СИ | 1,04 | 1,15 | 0,59 | 1,18 | 0,56 |
| | НП | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 |
| SO ₂ | ИЗА | 0,06 | 0,07 | 0,14 | 0,07 | 0,03 |
| | СИ | 0,35 | 0,59 | 0,05 | 0,25 | 0,11 |
| | НП | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| CO | ИЗА | 0,07 | 0,13 | 0,17 | 0,11 | 0,15 |
| | СИ | 2,54 | 3,40 | 2,52 | 6,80 | 3,14 |
| | НП | 0,16 | 0,14 | 0,00 | 0,08 | 2,64 |
| Итого по 4 веществам | КИЗА ₄ | 0,77 | 1,02 | 1,38 | 0,96 | 0,71 |
| | СИ | 2,54 | 3,40 | 2,52 | 6,80 | 3,14 |
| | НП | 0,16 | 0,14 | 0,00 | 0,08 | 2,64 |

Наибольшая повторяемость (НП) превышений ПДК_{м.р.} для оксидов азота на протяжении всего периода не превышает 0,02%, для оксида углерода – на АСКЗА-12 в 2020 г. (значение – 2,6).

Наибольшее значения индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) для оксида азота наблюдалось в 2018 гг. (значение – 0,18), диоксида азота – в 2018 г. (значение – 0,89), диоксида серы – в 2018 г. (значение – 0,14) и оксида углерода – в 2018 г. (значение – 0,17).

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 [2], 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 сравнивая величину КИЗА₄. Таким образом, уровни загрязнения в период 2016-2020 г.

следует расположить по степени возрастания следующим образом: 2020г. < 2016 г. < 2019 г. < 2017 г. < 2018 г. Данные АСКЗА могут быть востребованы при определении региональных нормативов качества, которые разрабатываются с учетом интервала допустимого отклонения от значений показателей фоновго уровня загрязнения атмосферного воздуха и определяются на основании данных наблюдений [4-5].

Литература:

1. Шагидуллин А.Р., Тунакова Ю.А., Шагидуллин Р.Р., Кузнецова О.Н. Оценка уровня загрязнения воздушного бассейна г. Казани выбросами стационарных и передвижных источников загрязнения (сообщение 1) // Вестник Технологического университета. 2015. Т. 18. № 8. С. 231-233.

2. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Новикова С.В., Шмакова Ю.А. Оценка вероятности превышения приземных концентрации примесей в зонах действия полимерных производств (на примере г. Нижнекамск). Сообщение 1 // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 16. С. 111-114.

3. 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.

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. 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.

УДК 631.46

ХАРАКТЕРИСТИКА МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА РЕКУЛЬТИВИРОВАННОЙ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОЙ АЛЛЮВИАЛЬНОЙ ДЕРНОВОЙ ПОЧВЫ ПОД ПОСЕВАМИ РАЗЛИЧНЫХ КУЛЬТУР

Утомбаева А.А., младший научный сотрудник;

Каримуллин Л.К., научный сотрудник;

Вершинин А.А., 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: Изучено состояние микрофлоры нефтезагрязненной рекультивированной аллювиальной дерновой почвы под посевами различных типов растений. Каждый посев растений сопровождался снижением содержания микроб-

ной биомассы в почве. В большей степени этот эффект выражен в почве под посевами пшеницы. Наличие на поверхности почвы растений способствовало стабилизации микробного пула и ускорило восстановление нормального функционирования почвенного микробоценоза.

Ключевые слова: аллювиальная дерновая почва, нефть, микробная биомасса.

CHARACTERISTICS OF MICROBIAL COMMUNITY OF RECULTIVATED OIL-CONTAMINATED ALLUVIAL SODDY SOIL UNDER VARIOUS TYPES OF PLANTS

Utombaeva A.A., junior researcher;

Karimullin L.K., Researcher;

Vershinin A.A., Ph.D. in Biology, Senior Researcher;

Petrov A.M., Ph.D. in Biology, head of the laboratory

Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan

Academy of Sciences

(Kazan, Russian Federation)

Annotation: Microflora of oil-contaminated reclaimed alluvial soddy soil under various types of plants has been studied. Each planting was accompanied by the decrease in the content of microbial biomass with the most significant effect shown in the soil under wheat crops. The surface plants contributed to the stabilization of the microbial pool and accelerated the restoration of the normal functioning of the soil microbial community.

Keywords: alluvial sod soil, oil, microbial biomass

На загрязненных нефтью территориях после проведения технической рекультивации осуществляется комплекс восстановительных мероприятий, направленных на дальнейшее уменьшение негативного воздействия нефтепродуктов. Одним из таких приемов является фиторекультивация.

Ведущая роль в нейтрализации поллютантов в почве отводится микрофлоре [Маслов, 2019]. От состояния микробного сообщества зависит скорость восстановления исходных свойств почвы. В отечественных и зарубежных исследованиях микробная биомасса наряду с параметрами дыхательной активности используется в качестве критерия оценки состояния почв. В связи с этим, представляется интересным определить, как наличие на поверхности почвы определенных типов растений влияет на микробный пул почвы. Для характеристики состояния почв в настоящем исследовании использовали 2 показателя: содержание микробного углерода (Смик) и коэффициент микробного дыхания (Qr) - универсальный интегральный показатель, отражающий устойчивость системы почвенных микроорганизмов. Qr позволяет установить наличие или отсутствие неблагоприятных воздействий на почву, а также оценить степень этого воздействия [Благодатская, 1996; Anderson, 1993].

Цель исследования состояла в изучении состояния рекультивированной нефтезагрязненной аллювиальной дерновой почвы при нескольких последова-

тельных посевах различных типов растений.

В модельном эксперименте рекультивированную нефтезагрязненную аллювиальную дерновую тяжелосуглинистую почву с разным остаточным содержанием нефтепродуктов засеивали двумя типами растений: двудольными – горох посевной (*Pisum sativum L.*) сорта «Казанец» и однодольными - пшеница (*Triticum vulgare L.*) сорта Йолдыз. В использованных 4 вариантах (B1-B4) условно рекультивированной остаточное содержание нефтепродуктов составляло: 4,5; 8,1; 11,8; 16,9 г/кг соответственно. В контрольной почве содержание нефтепродуктов <0.05 г/кг.

Первый посев пшеницы в почву, содержащую нефтепродукты, вызывал уменьшение микробной биомассы. Вторичный посев пшеницы приводил в еще большему падению концентрации микробного углерода. При максимальном остаточном загрязнении (B4) содержание микробной биомассы в почве под растениями снижалось в 2,2 после первичного и в 3,0 раза после повторного посева пшеницы. Динамика Смк в почве под посевами гороха была иной. Абсолютные значения содержания Смк как в контрольной, так и в рекультивированной почве выше, чем в почве под пшеницей. Кроме того, если в почве под пшеницей вторичный посев приводил к снижению микробной массы, то в почве под горохом, напротив, фиксировали возрастание микробного углерода при повторном посеве (рис.1).

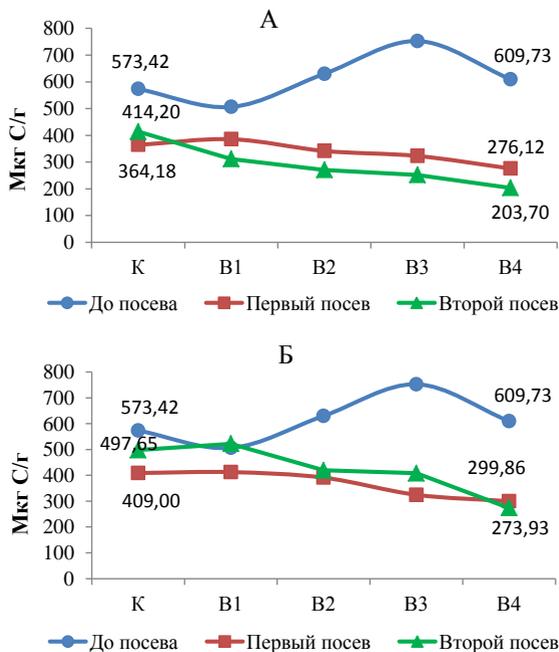


Рис. 1. Содержание микробного углерода (Смк) после посева пшеницы (А) и гороха (Б).

В рекультивированной почве без растений Q_r был невелик (0,11 – 0,28). Этот факт свидетельствует об отсутствии какого-либо значительного воздействия на микробное сообщество в рекультивированной почве. Посев пшеницы еще больше стабилизировал микробный пул почвы. Незначительный выход за пределы благоприятного диапазона Q_r отмечен при концентрации НП более 10-11 г/кг. Вторичный посев еще больше повышал устойчивость микрофлоры. В данном случае Q_r целиком укладывался в обозначенный интервал 0,1-0,2, означающий благоприятное состояние почвенной микрофлоры (рис. 2А).

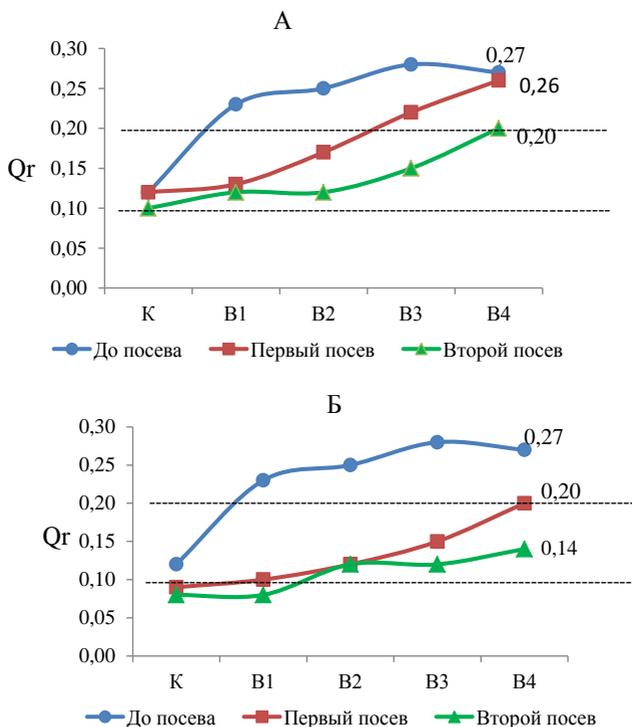


Рис.2. Коэффициент микробного дыхания (Q_r) под посевами пшеницы (А) и гороха (Б).

В почве под горохом уже после первого посева растений происходило существенное улучшения состояния почвы. Некоторое уменьшение значений Q_r (менее 0,1) рассматривается исследователями как показатель истощения запасов питательных веществ в почве. В данном случае, скорее всего, имеет место конкуренция между растениями и микроорганизмами за питательные субстраты при низкой концентрации НП в почве (рис.2Б).

Выводы:

1. Посев растений (пшеница, горох) сопровождался уменьшением мик-

робной биомассы в рекультивированной аллювиальной дерновой тяжелосуглинистой почве. В большей степени падение содержания микробной массы происходило в почве под пшеницей.

2. Вторичный посев способствовал дальнейшему уменьшению микробной биомассы в почве под пшеницей, тогда как посев гороха приводил к росту микробной биомассы.

3. Посев растений (как гороха, так и пшеницы) стабилизировал микробный пул почвы.

4. Восстановление нормального функционирования нефтезагрязненной аллювиальной дерновой почвы под посевами гороха происходило быстрее, чем в почве под пшеницей.

Литература:

1. Благодатская Е.В., Ананьева Н.Д. Оценка устойчивости микробных сообществ в процессе разложения поллютантов в почве // Почвоведение. 1996. №11. С. 1341–1346.

2. Маслов М.Н., Маслова О.А., Ежелев З.С. Микробиологическая трансформация органического вещества в нефтезагрязненных тундровых почвах после рекультивации // Почвоведение. 2019. №1. С. 70–78. Doi: 10.1134/S0032180X19010106

3. Anderson T.-H. The metabolic quotient for CO₂ (q CO₂) as a specific activity parameter to assess the effect of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils / T.-H. Anderson K.H. Domsch // Soil Biol. Biochem. 1993. V.25. №3. P.393-395.

УДК 579.63:579.64

ГЕНЫ РЕЗИСТЕНТНОСТИ К АНТИБИОТИКАМ В ПОЧВАХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ, ПОДВЕРЖЕННЫХ АНТРОПОГЕННУМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ

Кан В.В., обучающийся,

Ажогина Т.Н., младший научный сотрудник, ассистент,

ФГАОУ ВО Южный федеральный университет,

Академия биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского,

(г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Аннотация: В работе представлены результаты исследования почв Ростовской области, подверженных антропогенному загрязнению, на наличие генов антибиотикорезистентности к аминогликозидам и тетрациклину. Присутствие генов резистентности к аминогликозидам *aadA2* обнаружено в 94 % исследованных образцов. Ген устойчивости к тетрацикламам *TetO* обнаружен в 22% образцов исследованных почв.

Ключевые слова: антибиотикорезистентность, почвы, гены устойчивости к антибиотикам.

ANTIBIOTIC RESISTANCE GENES IN THE ROSTOV REGION SOILS SUBJECTED TO ANTHROPOGENIC CONTAMINATION

Kan V.V., student,
Azhogina T.N., associate researcher, assistant,
Southern Federal University,
Academy of Biology and Biotechnology named after D. I. Ivanovsky,
(Rostov-on-Don, Russian Federation)

Annotation: The paper presents the study results of the Rostov region soils susceptible to anthropogenic pollution, for the presence of antibiotic resistance genes to aminoglycosides and tetracycline. The presence of resistance genes to aminoglycosides *aadA2* was found in 83% of the studied samples. The tetracyclines resistance gene *TetO* was found in 22% of the studied soil samples.

Keywords: antibiotic resistance, soil, antibiotic resistance genes.

Проблема антибиотикорезистентности вызывает интерес у исследователей во всем мире. В последние годы наблюдается тенденция увеличения числа генов резистентности к антибиотикам в самых разнообразных субстратах, в частности, в почвах. Особый интерес представляет исследование почв, подверженных антропогенному загрязнению. По данным ряда исследователей, загрязняющие вещества могут способствовать горизонтальному переносу генов устойчивости к антибиотикам почва, что приводит к их накоплению в почвенных экосистемах [2, 3].

Целью работы являлось исследование присутствия генов антибиотикорезистентности в почвах, подверженных антропогенному загрязнению.

Материалом для исследования послужили 18 образцов почв. Почвы были отобраны в Ботаническом саду ЮФУ, г. Ростов-на-Дону; пос. Персиановский; п. Рассвет Аксайского района; пос. Песчанокопский; озеро Атаманское.

Пробы почв были отобраны из почвенного разреза с глубины 0–20 см, методом конверта [1]. Образцы почв тщательно перемешивали, распределяли по пластиковым пробиркам Falcon 50 мл и хранили при $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до выделения тотальной ДНК и приготовления экстрактов.

Из образцов почв была выделена тотальная метагеномная ДНК в соответствии с методикой [2]. С помощью метода ПЦР-амплификации метагеномная ДНК была исследована на присутствие генов резистентности к тетрациклину (*TetO*) и аминогликозидам (*aadA2*).

Ген устойчивости к аминогликозидам *aadA2* был обнаружен в 17 из 18 исследованных проб почв (94 %). Ген не был обнаружен в пробе, отобранной на территории пересохшего техногенно загрязненного оз. Атаманское. Минимальное содержание гена *aadA2* зарегистрировано в пробе почвы, отобранной на вспаханном поле пос. Персиановский, и составило $1,05 \times 10^{-5}$ копий/16S. Максимальное количество данного гена ($1,76 \times 10^{-2}$ копий/16S) зарегистрировано в пробе, отобранной на пашне Ботанического сада ЮФУ.

Ген *TetO*, кодирующий резистентность к тетрациклину, был зарегистри-

рован в 4 образцах почв (22 %). Максимальное содержание данного гена было отмечено в почве оз. Атаманское ($1,99 \times 10^{-2}$ копий/16S), а минимальное – в пробе, отобранной в пашне Ботанического сада ЮФУ ($2,38 \times 10^{-6}$ копий/16S).

В целом можно отметить, что для 3 проб установлено наличие двух исследованных генов (1 образец почвы, отобранной на пашне Ботанического сада ЮФУ, и 2 образца почв, отобранных на территории пересохшего оз. Атаманское). 15 из 18 исследуемых проб (83%) содержали только один из исследуемых генов.

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости проведения экологического мониторинга генов антибиотикорезистентности в почвенных экосистемах.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания № 0852-2020-0029.

Литература:

1. ГОСТ 17.4.4.02-84 «Охрана природы. Почва. Методы отбора и подготовки проб почвы для химического, бактериологического и гельминтологического анализа», а также с учетом рекомендаций МУ 2.1.7.730-99 «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест».

2. Патент RU 2 696 052 С1. С12N 15/10 Способ выделения ДНК из почвы / Сазыкина М.А., Сазыкин И.С., Селиверстова Е.Ю., Хмелевцова Л.Е.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Южный федеральный университет". заявка № 2018140149, заявл. 13.11.2018; опубл. 30.07.2019, Бюл. №22 с. 13: табл. 2.

3. Проблема антибиотикорезистентности в Европе и России [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://antibiotest.ru/2019/09/05/problemantibiotikorezistentnosti-v-evrope-i-rossii/> - Дата обращения: 04.02.21

УДК 631.465

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

Каримуллин Л. К., научный сотрудник;

Петров А. М., кандидат биологических наук, заведующий лабораторией
Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики
Татарстан (г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Исследована биологическая активность почвенных микробеценозов чистых и нефтезагрязненных дерново-подзолистых супесчаных, среднесуглинистых и тяжелосуглинистых почв. Определено влияние различных остаточных концентраций нефтепродуктов на активность ферментов. Показано, что ферментативная активность микробеценоза нефтезагрязненных дерново-

подзолистых почв зависит от содержания органического вещества, гранулометрического состава, устойчивости микробного комплекса и биологической активности чистой нативной почвы.

Ключевые слова: нефть, нефтепродукты, дерново-подзолистая почва, каталаза, уреазы.

ENZYMATIVE ACTIVITY OF OIL-CONTAMINATED SODDY-PODZOLY SOILS

Karimullin L. K., 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: The biological activity of soil micrococenoses of clean and oil-contaminated sod-podzolic sandy loam, medium loamy and heavy loamy soils has been studied. The influence of various residual concentrations of petroleum products on the activity of enzymes has been determined. It has been shown that the enzymatic activity of the micrococenosis of oil-contaminated soddy-podzolic soils depends on the content of organic matter, particle size distribution, stability of the microbial complex, and biological activity of pure native soil.

Keywords: oil, oil products, sod-podzolic soil, catalase, urease.

Нефть и нефтепродукты представляют собой сложный комплекс веществ, многие из которых токсичны для окружающей среды. Загрязнение почв нефтью и нефтепродуктами до сих пор остается актуальной экологической проблемой во всем мире. На сегодняшний день существуют проблемы объективной оценки содержания нефтяных углеводородов в почве, прогноза изменений их состава и свойств, что затрудняет разработку экологически и экономически обоснованных мероприятий по рекультивации и восстановлению свойств нефтезагрязненных почв. Рекультивация земель невозможна без изучения ферментативной активности находящихся под влиянием нефтяных загрязнений почв, без понимания основных принципов их деструкции, учета возможности биodeградации почвенным микробным сообществом разных доз поллютанта, типа и гранулометрического состава почв, ландшафта и климатических условий.

Цель работы: определение влияния разного остаточного содержания нефтепродуктов в дерново-подзолистой почве на каталазную и уреазную активность.

В работе использовались дерново-подзолистые супесчаная (P_d^{ct}), средне-суглинистая (P_d^{cc}) и тяжелосуглинистая (P_d^{tc}) почва, отобранные в Республике Татарстан (Т), Чувашской Республике (Ч) и Московской области (М).

Образцы почвы, после предварительного просушивания и удаления растительных остатков, просеивались через сита Винклера с диаметром ячеек 3 мм.

Суммарное содержание нефтепродуктов (НП) в почве определяли ИК-спектрофотометрическим методом на анализаторе КН-2м согласно [4].

Исходное содержание нефтепродуктов в опытных вариантах рекультивированных почв (В1-В5) представлено в таблице 1. Контролем служила незагрязненная P_d почва. Уровень каталазной и уреазной активности почв определяли согласно [1].

Таблица 1.

Содержание нефтепродуктов в чистой и нефтезагрязненной дерново-подзолистой почве

| Подтипы почв | Нефтепродукты, г/кг | | | | | |
|----------------|---------------------|-----|-----|-----|------|------|
| | Контроль | В1 | В2 | В3 | В4 | В5 |
| P_d^{cp} (Ч) | <0,05 | 1,2 | 2,5 | 3,2 | 4,8 | - |
| P_d^{cp} (М) | <0,05 | 1,1 | 2,5 | 4,6 | 8,1 | - |
| P_d^{cc} (М) | <0,05 | 1,4 | 4,6 | 5,9 | 15,5 | - |
| P_d^{tc} (Т) | <0,05 | 1,1 | 2,5 | 3,8 | 11,4 | 22,8 |

Как правило, на ферментативную активность влияют устойчивость микробного комплекса, содержание органического вещества и гранулометрический состав почвы, уровень ее загрязнения поллютантом и продолжительность его воздействия [2,3].

В загрязненной нефтью почве активность каталазы варьировала в интервале от 1,2 до 4,8 мг H_2O_2 /г в P_d^{cp} (Ч), от 1,1 до 8,1 мг H_2O_2 /г в P_d^{cp} (М) и от 1,1 до 22,8 мг H_2O_2 /г в P_d^{tc} (Т). В целом, ее изменение имело прямую линейную зависимость. Во всем диапазоне испытанных концентраций поллютанта каталазная активность была выше или на уровне активности контрольных вариантов.

Увеличение концентрации НП в P_d^{cp} (Ч) почве до 1,2 и 3,5 г/кг сопровождалось ростом активности фермента каталаза в 1,7 и 2,7 раза, соответственно. Дальнейшее повышение концентрации поллютанта до 3,2 и 4,8 г/кг приводило к некоторому снижению активности до значений в 2,1 раза превышающих контрольные. В экспериментах с P_d^{cp} (М) почвой повышение концентрации НП до 1,1 и 1,4 г/кг также способствовало росту каталазной активности. При дальнейшем увеличении содержания поллютанта в почве уровень активности практически не менялся.

При концентрации поллютанта в почве до 5,9 г/кг активность каталазы в P_d^{cc} (М) была в 1,2 раза выше, чем в чистой почве. Увеличение содержания НП до 15,5 г/кг приводило к снижению активности фермента до уровня контроля.

Что касается уреазной активности, то повышение содержания загрязнений в P_d^{cp} (Ч) почве приводило к ее росту. Концентрации поллютанта 2,5 г/кг и 7,8 г/кг явились предельными, при которых уреазная активность P_d^{cp} (М) почвы составляла 1,35 мкгN/г·час. При дальнейшем повышении доли НП в почве активность фермента снижалась, однако и при максимально испытанных концентрациях была выше, чем в контрольных образцах. В экспериментах с P_d^{cc} (М) почвой, при содержании поллютанта 4,2 и 4,6 г/кг уреазная активность была в 1,9 и 0,7 раз ниже, чем в контрольных вариантах. Дальнейшее повышение концентрации НП в почве приводило к росту ферментативной активности до значений в 2,0 и 1,3 раза превышающих активность чистой дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы. Увеличение концентрации нефтепродуктов в P_d^{tc} (Т)

почве до 11,4 г/кг способствует 2,6-кратному росту уреазной активности. Дальнейшее повышение содержания нефтепродуктов до 22,8 г/кг приводило к снижению активности фермента до уровня контроля.

Заключение:

- Ферментативная активность микробоценоза нефтезагрязненных почв зависит от содержания органического вещества, гранулометрического состава, устойчивости микробного комплекса и биологической активности чистой нативной почвы.

- Высокой каталазной активностью обладали чистые и загрязненные нефтью $P_{д}^{сн}$ и $P_{д}^{сс}$ почвы, отобранные на территории Московской области, а наиболее высокой уреазной активностью $P_{д}^{сн}$ (Ч) и $P_{д}^{тс}$ (Т) почвы.

- Ферментативная активность $P_{д}^{сс}$ (М) почвы в испытанном диапазоне содержания поллютанта изменялась незначительно.

Литература:

1. Влияние нефтяного загрязнения на эколого-биологическое состояние различных типов почв / А.А. Вершинин, А.М. Петров, Л.К. Каримуллин, Ю.А. Игнатьев // Вестник Казанского технологического университета. 2012. № 8, Т.15. С. 207-211.

2. Фиторекультивация и физиологическая активность нефтезагрязненной дерново-подзолистой почвы / Л.К. Каримуллин, А.М. Петров, А.А. Вершинин // Российский журнал прикладной экологии – 2016. № 1. С. 13-17.

3. Физиологическая активность почв при разных уровнях нефтяного загрязнения / Л.К. Каримуллин, А.М. Петров, А.А. Вершинин, Н.В. Шурмина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17. №4-4. С. 797-803.

4. ПНД Ф 16.1:2.2.22-98. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органо-минеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектromетрии.

УДК 656.085.2; 544.45; 502.58

ИССЛЕДОВАНИЯ УСЛОВИЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФ С ЦЕЛЬЮ ПРЕОДОЛЕНИЯ ИХ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ

Кузнецов М.В., доктор химических наук, главный научный сотрудник
ФГБУ Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам
гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций
(федеральный центр науки и высоких технологий) МЧС России
(г. Москва, Российская Федерация)

Аннотация: Автором предложены новые альтернативные подходы к вопросам диагностики опасных природных явлений различного характера, основанные на

методах, использованных ранее в физике горения и взрыва. Реализация предлагаемой концепции позволит сформировать новое направление в науке о природных катастрофах, а также уменьшить их негативные экономические и экологические последствия.

Ключевые слова: природные катастрофы, экономические и экологические последствия, моделирование, физика горения и взрыва, концепция «парового взрыва», каталитическое действие горных пород, флюиды.

STUDIES OF THE CONDITIONS OF OCCURRENCE AND DYNAMICS OF DEVELOPMENT OF NATURAL DISASTERS IN ORDER TO OVERCOME THEIR ADVERSE ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES

Kuznetsov M.V., doctor of chemical sciences, principal researcher
All-Russian Research Institute on Problems of Civil Defense and Emergencies of
Emergency Control Ministry of Russia (EMERCOM)
(Moscow, Russia)

Annotation: Author propose new alternative approaches to the diagnosis of natural hazards of different nature, based on the methods used previously in the physics of combustion and explosion. Implementation of the proposed concept will allow to form a new direction in the science of natural disasters, as well as reduce their negative economic and environmental consequences.

Keywords: natural disasters, economic and environmental consequences, modeling, physics of combustion and explosion, the concept of "steam explosion", the catalytic effect of rocks, fluids.

Ежегодно природные катастрофы различного характера (такие как землетрясения, извержения вулканов, взрывы метеоритов и т.д.) приводят к значительным негативным последствиям для людей и экономики. Несмотря на осознание в обществе необходимости прогнозирования, предотвращения или, в крайнем случае, уменьшения последствий негативных воздействий данных природных явлений на антропогенную среду, в настоящее время общие подходы к моделированию данных природных катастроф в лабораторных условиях с точки зрения современных физических методов не сформулированы. Создание такого рода моделей позволит в определенной степени прогнозировать негативное воздействие вышеперечисленных факторов, уменьшать и предотвращать его. Кроме того, развитие на лабораторном уровне моделей природных явлений позволит в конечном итоге сформулировать новое направление в науке о природных катастрофах, основанное на введении в данную область науки теоретических и практических подходов физики горения, взрыва и детонации. Моделирование природных катастроф планируется использовать для прогнозирования развития данных явлений в реальных ситуациях, что поможет предотвратить или уменьшить их катастрофические последствия. В рамках выполнения работы проводился анализ природных катастроф последних лет с точки

зрения их негативного воздействия на людей и объекты экономики. На основе проведенных анализов и разработанных моделей планируется проектирование модельных стендов для реализации в лабораторных условиях разработанных моделей природных катастроф, с помощью которых в дальнейшем планируется проведение модельных экспериментальных исследований закономерностей развития землетрясений, взрывов метеоритов и извержений вулканов. Все теоретические и экспериментальные исследования будут проводиться с учетом сформулированной на сегодняшний день концепции «парового взрыва», в рамках которой укладываются и извержения вулканов, и взрывы метеоритов в плотных слоях атмосферы и объяснения предпосылок формирования землетрясений. В рамках данных подходов будут зарегистрированы критические величины длительности импульса разряда, темпа нагрева объекта и величины «закаченной» в объект тепловой энергии. Кроме того, будет определена необходимая для реализации взрыва критическая величина температуры перегрева объекта сверх температуры кипения, измерены динамические характеристики взрыва, а также установлены механизмы инициирования. Будут рассчитаны величины температуры вскипания перегретой массы и времен действия взрыва, установлены параметры картины акустической эмиссии и измерены поля давлений в ударной волне, подтверждено молекулярное диспергирование объекта в процессе взрыва, то есть сублимационный механизм взрыва. В конечном итоге будут получены данные, которые составят основу для построения тепловой и газодинамической теории парового взрыва. После анализа собранных материалов и результатов проведенных экспериментов будет осуществлена формулировка предпосылок нового направления в науке о природных катастрофах на основе введения в эту область знаний представлений, методологии, терминологии и подходов физики горения, взрыва и детонации. Кроме того, это внесет вклад в развитие геотектоники, так как на основании представлений о взрывоподобных распадах в земной коре (полиморфных превращениях) можно будет прогнозировать как появление собственно землетрясений, так говорить о характере их развития и возможных последствиях. Реальным результатом работы также будет прогнозирование природных катастроф на базе сформулированных теоретических и практических подходов. После наработки соответствующих статистических данных планируется написание программ, позволяющих осуществлять мониторинг природных катастроф в непрерывном режиме.

Роль флюидов в ходе процессов физико-химической эволюции пород земной коры и мантии хорошо известна. В присутствии флюидной фазы на порядки ускоряются реакции, протекающие между веществами, образующими минералы, интенсифицируется рост и растворение минеральных зерен, а также процессы плавления и полиморфные превращения, что заметно влияет на развитие разнообразных видов деформаций и рекристаллизационных явлений в минеральных агрегатах. Обратный же процесс - каталитическое воздействие горных пород и минералов на химические реакции между компонентами флюидов – является, практически, не исследованной областью геохимии флюидно-минеральных взаимодействий. Однако утверждение о существенной роли каталитических механизмов в

процессах химических превращений флюидов при их фильтрации через массивы пород земной коры имеет под собой следующие веские основания: горные породы, основу которых составляют SiO_2 и Al_2O_3 , модифицированные каталитически активными «металлическими» компонентами, представляют собой аналог традиционных каталитических систем, используемых в промышленных технологиях; температурные и барические условия существования потоков флюидов в земной коре благоприятны для реализации в природных условиях множества искусственно созданных на земле индустриально важных каталитических процессов; компоненты флюидов, такие как H_2O , CO_2 , CO , CH_4 , H_2 , N_2 , SO_2 , NH_3 , следует рассматривать как исходное сырье для каталитической генерации широкого спектра продуктов их превращений. Анализ возможных маршрутов каталитических превращений флюидов в земной коре показывает реальность осуществления в геологических условиях процессов, аналогичных промышленным технологическим. Это синтез углеводородов и их кислородсодержащих производных в результате реакций H_2O , CO , CO_2 , H_2 по механизму, близкому к известному в технологической практике процессу Фишера–Тропша производства синтетического топлива (возможные механизмы абиогенного, воспроизводимого образования месторождений углеводородов в земных условиях); это и каталитический пиролиз тяжелых углеводородов (нефтей), известный в технологии нефтепереработки как каталитический крекинг, платформинг, риформинг; реакции превращений углеводородов с образованием твердого углерода, т.е. процессы «зауглераживания» катализаторов; каталитический синтез аммиака из H_2 и N_2 , известный в прикладном катализе как синтез Габера. Нами также предложены доказательства реальности протекания в земных породах на природных катализаторах каталитической реакции паровой конверсии CH_4 с образованием водорода - реакции, известной в технологии как процесс получения «синтез-газа».

УДК 631.46

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ПРИ ОРГАНИЧЕСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ И ОБИЛИЕ БАКТЕРИЙ РОДА AZOTOBACTER

Кулагина В.И., кандидат биологических наук, зав. лаб.;

Сунгатуллина Л.М., старший научный сотрудник,

Рязанов С.С., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

Кольцова Т.Г., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник.

Институт проблем экологии и недропользования АН РТ

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Исследована возможность использования обилие бактерий рода *Azotobacter* для мониторинга эколого-биологического состояния почв при органическом земледелии. Установлено, что данный показатель достаточно информативен, но на серых лесных почвах информативность выше, чем на черноземах.

Ключевые слова: почва; почвенные микроорганизмы; *Azotobacter*; органиче-

ское земледелие; эколого-биологическая оценка.

MONITORING OF SOIL STATE IN ORGANIC AGRICULTURE AND POPULATION OF AZOTOBACTER BACTERIA

Kulagina V.I., candidate of biological Sciences, Head of Laboratory;

Sungatullina L.M., Senior Researcher;

Ryazanov S.S., candidate of biological Sciences, Senior Researcher;

Koltsova T.G., candidate of biological Sciences, Senior Researcher.

Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan
Academy of Sciences, (Kazan, Russia)

Annotation: The possibility of using the microbial number of the *Azotobacter* bacteria for monitoring the ecological and biological state of soils in organic farming has been investigated. It was found that this indicator is quite informative, but on gray forest soils, the informative value is higher than on chernozems.

Keyword: soil; soil microorganisms; *Azotobacter*; organic farming; ecological and biological assessment.

В России постепенно увеличивается количество фермерских хозяйств, руководствующихся принципами органического земледелия и желающих производить сертифицированную органическую продукцию. Дополнительным стимулом для развития органического земледелия в нашей стране стало введение в действие в 2020 г. Федерального закона «Об органической продукции...». В связи с этим проблема экологического мониторинга земель, находящихся в конверсионном периоде или уже используемых в органическом производстве сельскохозяйственной продукции становится все более актуальной. Количество параметров, используемых для мониторинга, может быть различным. Желательно выбрать несколько наиболее информативных биологических параметров, лучше всего коррелирующих с изменением антропогенной нагрузки при переходе от традиционного земледелия к органическому и отражающих изменения в почвенной экосистеме [3,4]. Поиск таких параметров продолжается. В ряде исследований обилие бактерий рода *Azotobacter* отмечается как параметр тесно связанный с интенсивностью сельскохозяйственного использования почв [1,2].

Целью данной работы было оценить возможность использования обилия бактерий рода *Azotobacter* в качестве информативного показателя при сравнении органического земледелия с другими формами землепользования и для мониторинга эколого-биологического состояния почв.

Материалами исследования послужили образцы серых лесных почв из хозяйства, расположенного близ с. Большие Ковали Высокогорского района РТ, и образцы черноземов из хозяйства, расположенного близ с. Холодный Ключ Мензелинского района. Образцы были отобраны в конце мая - начале июня 2021 г. на органических полях, традиционных полях и фоновых участках. В Высокогорском районе на исследуемых полях в 2020 выращивалась полба, в 2021 г. – клевер на сидерат. Органическая система земледелия применялась 6

лет. В Мезелинском районе на органическом и традиционном поле выращивалась в 2021 г. яровая пшеница. Органическая система земледелия использовалась не менее 16 лет. Фоновыми участками в обоих случаях являлись почвы близлежащих лесополос. Определение обилия бактерий рода *Azotobacter* производилось в трехкратной повторности методом обрастания почвенных комочков на среде Эшби.

Проведенные исследования показали, что и на серых лесных, и на черноземных почвах максимальное обилие бактерий рода *Azotobacter* наблюдается на традиционных полях. Органические поля, на которых удобрения не применялись в течение нескольких лет (в нашем случае от 6 до 16), отличались меньшим обилием азотобактера, чем традиционные (рис.1). Разница статистически значима (тест Стьюдента, $p < 0,05$).

Полученные результаты согласуются с данными М.А. Газиева с соавторами, которые отмечали, что количество азотобактера увеличивается на удобренных почвах, причем удобренных именно азотными удобрениями [1]. Несмотря на то, что бактерии рода *Azotobacter* - свободноживущие азотфиксаторы и способны усваивать атмосферный азот небольшие дозы азотных удобрений стимулируют активность азотобактера.

В серой лесной почве фонового участка Высокогорского района *Azotobacter* вообще не был выявлен методом обрастания комочков на среде Эшби (рис.1). Такой результат согласуется с результатами, полученными другими исследователями. В почву лесополосы, использовавшейся в качестве фонового участка, удобрения не вносились. По данным М.К. Зинченко с соавторами минимальная численность азотфиксаторов наблюдалась как раз по нулевому фону [2].

Однако в почве другого фонового участка, расположенного в Мезелинском районе, *Azotobacter* выявлен в количествах, статистически значимо превышающих его обилие в почве органического поля (рис.1). Полученный результат еще раз заостряет внимание на проблеме выбора фоновых участков.

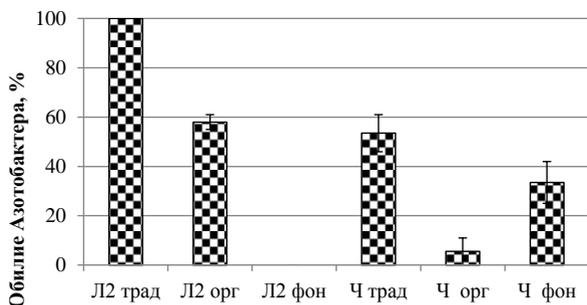


Рис. 1. Обилие бактерий рода *Azotobacter* (среднее и стандартное отклонение) на традиционных, органических полях и фоновых участках с серыми лесными (Л2) и черноземными почвами (Ч).

Коэффициент корреляции между уменьшением антропогенной нагрузки в ряду: почвы традиционных полей > почвы органических полей > почвы фоновых

участков, и обилием азотобактера для серых лесных почв составил 0,99. Такая величина свидетельствует об очень высокой прямой зависимости между признаками, то есть, чем выше антропогенная нагрузка в данном ряду, тем выше процент обрастания азотобактером почвенных комочков на среде Эшби.

На черноземных почвах коэффициент корреляции между исследованными признаками оказался гораздо ниже и составил 0,42, что свидетельствует о прямой, но слабой зависимости. В данном случае обилие бактерий рода *Azotobacter* оказалось менее информативным показателем. Причиной является особенность почвы фонового участка.

Обилие азотобактера иногда связывают с почвенной реакцией среды. Считается, что бактерии рода *Azotobacter* плохо переносят кислую реакцию. Однако в проведенном нами исследовании этот фактор не играл решающей роли: все места отбора проб на серой лесной почве и на черноземе находились в непосредственной близости друг от друга, и почвенные образцы значительных отличий по реакции среды не имели.

Еще одним фактором, влияющим на обилие бактерий рода *Azotobacter*, считают увлажнение почв. Именно более высокая влажность в почве лесополосы по сравнению с открытыми пространствами полей могла сыграть важную роль в увеличении численности азотобактера на фоновом участке с черноземами. Хорошо известно, что лесополосы способствуют сохранению влаги в почве, что особенно заметно в черноземной зоне.

Все же основной вклад в распространение бактерий рода *Azotobacter* на исследованных участках внесли отличия в уровне антропогенной нагрузки, последовательно уменьшающейся в ряду: почвы традиционных полей > почвы органических полей > почвы фоновых участков.

Таким образом, обилие бактерий рода *Azotobacter* является информативным параметром при сравнении почв полей, возделываемых согласно принципам органического земледелия не менее 6 лет, с почвами традиционных полей и других форм землепользования. Параметр наиболее информативен на серых лесных почвах, на черноземах информативность параметра проявляется меньше. Тем не менее, обилие бактерий рода *Azotobacter* статистически значимо выше на традиционных полях по сравнению с органическими, независимо от типа почвы. Обилие бактерий рода *Azotobacter* может быть использовано для мониторинга эколого-биологического состояния почв при органическом земледелии.

Литература:

1. Газиев М.А., Турдалиев А.Т., Низомитдинова М.Ш.К., Шодмонов У.Б.У. Роль органических и минеральных удобрений в развитии физиологических групп микроорганизмов в системе севооборота // Современные фундаментальные и прикладные исследования. 2019. №2 (33): С.9-12.

2. Зинченко М.К., Федулова И.Д., Шаркевич В.В. Распространение diazotrophic микроорганизмов в агроландшафтах серой лесной почвы // Владимирский земледелец. 2017. №2 (80). С. 11-14.

3. Казеев К.Ш. Биодиагностика почв: методология и методы исследования / К.Ш. Казеев, С.И. Колесников. Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2012. 260 с.

4. Кулагина В.И., Сунгатуллина Л.М., Рязанов С.С., Хайруллина А.М., Шагидуллин Р.Р., Рупова Э.Х. Проверка набора параметров для интегральной оценки эколого-биологического состояния почв при органическом земледелии // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского Биология Химия. 2021. Том 7 (73). № 1. С. 90–102. DOI 10.37279/2413-1725-2021-7-1-90-102.

УДК 631.95

ФИТОТОКСИЧНОСТЬ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ДЕРНОВЫХ ПОЧВ

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 условиях, проведен хронический эксперимент по изучению влияния остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в рекультивированных аллювиальных дерновых тяжелосуглинистых и легкосуглинистых почвах на рост гороха посевного. Определены концентрации загрязнителя тормозящие развитие растений на почвах разного гранулометрического состава.

Ключевые слова: нефть, аллювиальная дерновая почва, горох.

PHYTOTOXICITY OF OIL-CONTAMINATED ALLUVIAL SOD SOILS

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: Under laboratory conditions, a chronic experiment was conducted to study the effect of residual oil content and products of its transformation on the growth of pea plants. The influence of residual oil and products of its transformation in the recultivated alluvial sod heavy-loamy and light-loamy soils on the growth of pea plants was studied under laboratory conditions. Concentrations of pollutants inhibiting the development of plants in soils of different granulometric composition were determined.

Keyword: oil, alluvial sod soil, peas.

Загрязнение земель нефтью и нефтепродуктами (НП) требует оперативного проведения мероприятий направленных на восстановление свойств и плодородия почв. Эффективность этапов рекультивационных работ (техническая и биологическая рекультивация) должны обеспечивать достижения параметров, обеспечивающих возможность возврата загрязненных территорий в хозяйственный оборот, постепенное восстановление естественных почвенных биоценозов [1].

Биоремедиация является одним из наиболее действенных, быстрых, экологически безопасных и эффективных с экономической точки зрения методов восстановления загрязненных земель. В процессе своей жизнедеятельности растения входят в сложные взаимоотношения с микроорганизмами, населяющими почву [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.

Некоторые исследователи отмечают, что при низких уровнях загрязнения нефть может выступать как биологический стимулятор, тогда как высокие ее дозы могут привести к нарушениям водно-воздушного режима, необратимым изменениям биологических свойств почв [3].

Устойчивость растений к нефтяному загрязнению сильно зависит от вида растения, стадии развития, количества накопленной биомассы. Наиболее чувствительны к токсическому воздействию НП однолетние и находящиеся на ранних стадиях развития растения, а устойчивы - взрослые многолетние, так как у них после гибели части растений при загрязнении почвы происходит отращивание новых органов из спящих почек [4].

Целью исследований являлось изучение влияния остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в технически рекультивированных аллювиальных дерновых тяжелосуглинистых (АДтс) и легкосуглинистых (АДлс) почвах на рост высшего культурного растения в хроническом лабораторном эксперименте.

В качестве тест-объекта было использовано двусемядольное растение – горох посевной (*Pisum sativum L.*) сорта «Казанец». Всхожесть семян составляла 95%.

Эксперимент по определению хронической фитотоксичности включал несколько опытных вариантов с различным остаточным содержанием НП в условно технически рекультивированной аллювиальной дерновой почве разного гранулометрического состава (табл. 1). В качестве контроля использовали чистую, не загрязненную нефтью почву. Количество повторностей – 3. Эксперимент проводили в условиях прописанных в ГОСТ Р ИСО 22030-2009.

Остаточное содержание НП в аллювиальных почвах

| Тип поч- вы | Содержание НП, г/кг | | | | |
|----------------|---------------------|-----|-----|------|------|
| | К | В1 | В2 | В3 | В4 |
| АДтс | <0.05 | 4.5 | 8.1 | 11.8 | 16.9 |
| АДлс | <0.05 | 5.4 | 9.7 | 11.7 | 21.8 |

Остаточное содержание нефтяных загрязнений в почве определяли сопоставлением потерь при прокаливании массы образцов чистых и загрязненных нефтью почв [5]. В отличие от методов ИК-спектрометрии, данный метод позволяет определить суммарное содержание присутствующих в почве неполярных и полярных углеводородов.

Хронические эксперименты проводили в лабораторных условиях при температуре окружающего воздуха 19-26°C. Влажность почв поддерживалась на уровне 60% от полной влагоемкости. Зеленую массу растений и биомассу корней растений определяли на 42 сутки вегетационного эксперимента.

Несмотря на проведенную техническую рекультивацию, горох оказался чувствительным к присутствующему в АДтс почве остаточному нефтяному загрязнению. Так, в первые 4 недели хронического эксперимента варианте с наименьшим испытанным содержанием НП почве (В1) наблюдалось 22-32% ингибирование роста гороха. В варианте В2 на 8 сутки экспозиции длина растений была на 23%, в В3 на 13 сутки на 28% меньше, чем в контроле (рис. 1). В варианте В4 в ходе всего эксперимента влияние поллютанта проявлялось в замедлении роста растений, при незначительном увядании и подсыхании листьев гороха на последней неделе культивирования. В первую неделю экспозиции в данном варианте длина растений была на 44-55%, а на 5-6 неделе на 25-38% меньше, чем в контроле.

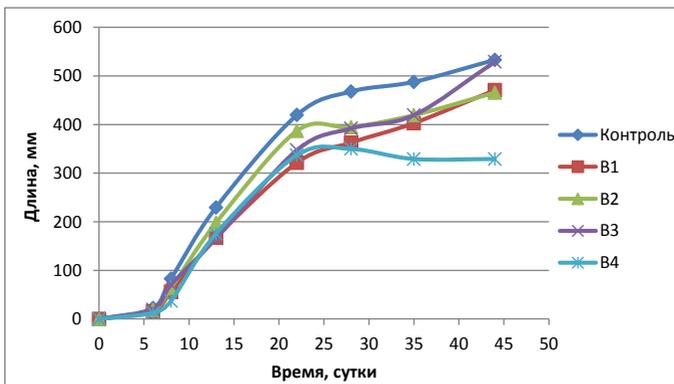


Рис. 1. Динамика роста гороха в хроническом эксперименте на АДтс почве при разном остаточном содержании НП

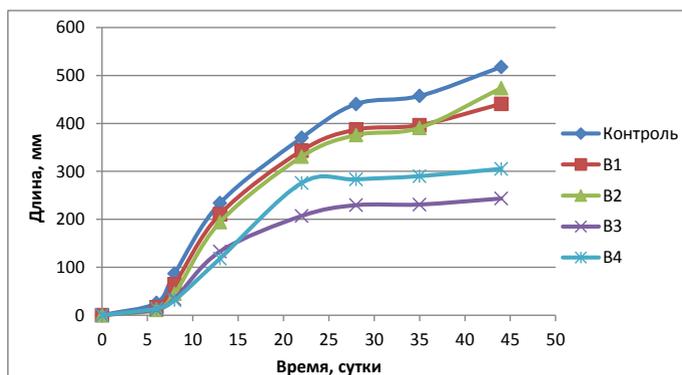


Рис. 2. Динамика роста гороха в хроническом эксперименте на АДдс почве при разном остаточном содержании НП

При культивировании гороха на АДдс почве на восьмые сутки в вариантах В1 и В2 наблюдалось 26% и 49% торможение роста растений (Рис. 2). При более высоком содержании поллютанта (варианты В3 и В4) ингибирующее действие на двудольные растения проявлялось на протяжении всего периода наблюдений, причем в варианте В3 в интервале 22-42 суток эксперимента оно было более значительным и составляло 44-53%. Токсическое действие поллютанта в данных вариантах приводило к подсыханию и пожелтению верхушечных листьев.

Проведенные исследования показали:

1. На протяжении всего хронического эксперимента наблюдается торможение роста растений, с тенденцией увеличения токсического эффекта к концу эксперимента при выращивании гороха на загрязненной тяжелосуглинистой почве содержащей нефтепродукты в концентрации 16.9 г/кг, на легкосуглинистой почве содержащей 11.7 г/кг нефтепродукты и выше.

2. Остаточное содержание нефтяных загрязнений в аллювиальной дерновой почве 9.7 г/кг и выше ингибирует рост растений гороха.

3. Двудольное растение горох посевной является чувствительным к присутствию НП в технически рекультивированной почве растением, его выращивание на нефтезагрязненных почвах возможно только после проведения достаточно глубоких рекультивационных мероприятий.

Литература

1. Шагидуллин Р.Р., Петров А.М., Иванов Д.В., Тарасов О.Ю., Шагидуллина Р.А., Буфатина М.А. Методические подходы к нормированию содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах // Экология и промышленность России. – 2011, июнь С.24-28.

2. Кузнецова Т.В., Петров А.М., Князев И.В., Хабибуллин Р.Э. Состав микробных сообществ при разном содержании нефтепродуктов в серых лесных почвах // Вестник технологического университета – 2016. Т19, № 14. С. 165-168.

3. Пахарькова Н.В., Прудникова С.В., Гекк А.С., Ларькова А.Н., Коростелева Н.С. Оптимизация выбора растений для биоремедиации почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами в условиях Южной Сибири // ВЕСТНИК КРАСГАУ.- Красноярск: 2015. № 8. С. 28-33.

4. А.А. Утомбаева, А.М. Петров, Э.Р. Зайнулгабидинов, Ю.А. Игнатьев, Т.В. Кузнецова Динамика роста высших растений на рекультивированных нефтезагрязненных аллювиальных луговых почвах разного гранулометрического состава //Российский журнал прикладной экологии, 2020. № 1. С.60-65.

5. Игнатьев 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 602:628.1:579.66

ОЦЕНКА ДЕФОСФАТАЦИИ СТОЧНЫХ ВОД НА СТАНЦИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ В ЛЕТНИЙ СЕЗОН

Хафизова И.С.¹, студент

Перушкина Е.В.¹, кандидат технических наук, доцент

Сибиева Л.М.², кандидат технических наук, главный технолог

Хасанова А.А.¹, студент

Хабибуллина А.Р.¹, аспирант

Сироткин А.С.¹, доктор технических наук, профессор

¹ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет» (г. Казань, Российская Федерация)

²АО «ЗВКС» (г. Зеленодольск, Российская Федерация)

Аннотация: приведены результаты исследований биологического удаления фосфатов из промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод, поступающих на этапе биологической очистки сооружений в пгт. Васильево в летний сезон.

Ключевые слова: биологическая очистка, фосфаты, удаление фосфатов.

ASSESSMENT OF BIOLOGICAL PHOSPHORUS REMOVAL FOR WASTEWATER TREATMENT IN THE SUMMER SEASON

Khafizova I.S.¹, the student

Perushkina E.V.¹, candidate of chemical Sciences, associate Professor

Sibieva L.M.², candidate of chemical Sciences, chief technologist

Khasanova A.A.¹, the student

Khabibullina A.R.¹, the postgraduate

Sirotkin A.S.¹, Doctor of Technical Science, Professor

¹Kazan national research technological university (Kazan, Russian Federation)

²JSC «Zelenodolsk Vodokanal Service» (Zelenodolsk, Russian Federation)

Annotation: experimental data on the study of biological phosphorus removal of

wastewater treatment in the urban-type settlement of Vasilevo are demonstrated.

Keyword: biological phosphorus removal, orthophosphate, wastewater treatment.

Фосфор обладает высокой реакционной способностью, из-за чего весьма редко встречается в природе в свободном виде, а чаще в виде неорганических и органических фосфатов (окисленных) в воде, почве и отложениях. Фосфор является компонентом ДНК, РНК и АТФ, субстратом для растений (по этой причине применяются фосфорные удобрения на сельскохозяйственных угодьях). Для биологического метаболизма доступна несвязанная растворенная форма – ортофосфатная (PO_4^{3-}). Однако избыток PO_4^{3-} в водоемах может спровоцировать бурное цветение сине-зеленых водорослей по всей поверхности, которое блокирует попадание солнечного света в нижние слои. Чем больше развивается цианобактерий, тем меньше становится растворённого кислорода (pO_2) в воде. Некоторые цианобактерии способны выделять токсины: после отмирания клеток происходит их высвобождение, затем накопление в биомассе гидробионтов, и попадание по трофическим цепям теплокровным наземным животным, человеку, вызывающее отравления [1].

Согласно технологическому регламенту очистных сооружений пгт. Василево спроектирована реагентная дозированная обработка сточных вод для удаления фосфора сульфатом железа или алюминия, однако данная система не подключена и не используется. Химический метод заменен на биологический способ удаления, происходящий в блоке емкостей. Рассматриваемый метод основан на способности микроорганизмов активного ила (АИ) использовать растворенные PO_4^{3-} сточных вод для поддержания и функционирования своих клеток, что составляет примерно 1,9% от их сухого веса клеток. Известны некоторые, так называемые фосфатаккумулируемые микроорганизмы, поглощающие фосфор сверх своих биологических потребностей (от 5% до 38%) и образующие полифосфатные гранулы в клетках в определенных условиях [2]. На указанных сооружениях обработки отходов непосредственно фосфаты из сточных вод удаляются вместе с избыточным АИ, проходя через аэротенки на этапе биологической очистки.

Отбор проб исследования проводился в шести точках блока емкостей: поступающая вода; конец денитрификатора (аноксидная зона); начало аэротенка; конец аэротенка (нитрификатора); очищенная вода из вторичного отстойника; возвратный активный ил. Значения параметров рН и температуры, влияющих на содержание растворенного кислорода pO_2 , во всех точках практически одинаковые (7,3 и 25°C соответственно).

Определение содержания фосфат-ионов проводилось по стандартной методике ПНД Ф 14,1:2:4.112-97[3]. По полученным результатам подсчитана эффективность (таблица 1) удаления фосфат-ионов в воде, поступившей от горизонтальной аэрируемой песколовки на стадию биологической очистки.

Таблица 1

Показатели концентрации фосфатов (PO_4^{3-})
на различных стадиях биологической очистки
промышленных и коммунальных сточных вод (в среднем)

| Точка отбора пробы | Массовая концентрация фосфат-ионов в воде, мг/дм ³ | В пересчете на общий фосфор, мг/дм ³ | Эффективность удаления PO_4^{3-} , % |
|----------------------|---|---|---|
| Поступающая вода | 16,9 | 5,5 | 93% |
| Денитрификатор | 18,1 | 5,9 | |
| Начало нитрификатора | 18,3 | 6,0 | |
| Конец нитрификатора | 17,5 | 5,7 | |
| Очищенная вода | 1,2 | 0,4 | |
| Возвратный ил | 17,9 | 5,8 | |

В денитрификаторе используются погружные мешалки для поддержания иловой смеси во взвешенном состоянии и перемешивания, при анализе пробы надильовой жидкости установлено увеличение концентрации фосфат-ионов (до 18 мг/дм³). В нитрификаторе при дополнительной аэрации иловой смеси и снижении концентрации аммонийного азота наблюдается постепенное биологическое удаление соединений фосфора. В очищенной сточной воде анализируемый параметр не превышает 1,2 мг/дм³.

Следует отметить, что в возвратном иле после отделения во вторичных отстойниках и его регенерации отмечено содержание фосфат-ионов до 18 мг/дм³. Во вторичном отстойнике БОС происходит расходование энергии–полифосфатных соединений–для использования микроорганизмами. В условиях без принудительной аэрации в течение 1,5 часов микроорганизмы удаляют накопленные загрязнители.

Промышленные сооружения предусмотрены для глубокой биологической очистки хозяйственно-бытовых стоков жилых комплексов г.Казани, п.г.т. Зеленодольского района Республики Татарстан от биогенных элементов, также для их дальнейшей доочистки методом фильтрации на песчаных фильтрах, и выпуска в водоемы после стадии обеззараживания.

Очевидно, что показатели поступающих сточных вод в поселковые и городские сооружения (в том числе концентрация фосфатов) ежедневно варьируют в зависимости от объема отходов и их общей загрязненности. Однако в период проведения экспериментальных работ такие технологические параметры, как показатель БПК₅, азот общий, взвешенные вещества, температура, рН сточных вод были близки часто регистрируемому значению в летний сезон работы БОС. Биологическое удаление фосфатов в реализуемой технологической схеме эффективно и обеспечивает соответствие требованиям к содержанию фосфатов в питьевой воде ($\leq 3,5$ мг/дм³) уже после этапа биологической очистки без учета доочистки и обеззараживания [4].

Литература:

1. Белых О.И. Выявление токсичных *Microcystis* в озере Котокельское (Бурятия) // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология. 2010. № 330. С.172-175.

2. Дзюба И.П., Маркевич Р.М., Сигиневич Т.М. Исследование процесса накопления фосфора фосфораккумулялирующими бактериями // Труды БГТУ. - 2011. - № 4 (142). - С. 182-184.

3. ПНД Ф 14.1:2.112-97 Методика выполнения измерений массовой концентрации фосфат-ионов в пробах природных и очищенных сточных вод фотометрическим методом с восстановлением аскорбиновой кислотой.

4. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества : санитар.-эпидемиол. правила и нормативы.

УДК 504.5(07)

АНАЛИЗ ПРИЧИН И ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Хлыщенко Ю.И., обучающийся;

Галимова А.Р., канд. хим. наук, доцент

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

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Рассмотрена частота различных видов аварий котельных. На основе построения древовидной структуры последовательности развития аварии проведен анализ причин и последствий аварий на котельных установках.

Ключевые слова: котельная, причины аварий, последствия аварий.

ANALYSIS OF CAUSES AND CONSEQUENCES OF BOILER PLANTS FAILURES

Hlyshchenko Yu.I., student;

Galimova A.R., Ph.D. chem. Sciences, Associate Professor

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

Annotation: The frequency of various types of boiler-house accidents is considered. Based on the construction of the tree structure of the sequence of the accident development, the analysis of the causes and consequences of accidents at boiler plants was carried out.

Keywords: boiler room, causes of accidents, consequences of accidents.

Усовершенствование технологии позволяет повысить экологическую безопасность объектов, что должно находиться под контролем совместно с экономическим ростом и ростом населения [1]. Экологическая безопасность обеспе-

чивается различными методами, в том числе методы контроля качества окружающей среды, методы моделирования и прогноза, такие как системный анализ, системная динамика, информатика и др.

Энергетика занимает третье место в промышленности по выбросам загрязняющих веществ от стационарных источников. Решение экологических проблем тепловой энергетики связано с реализацией экологической политики РАО «ЕЭС России» на региональном уровне [2].

Котельными установками являются комплекс устройств для преобразования химической энергии, накопленной в молекулах топлива в тепловую энергию пара или горячей воды. Они должны быть размещены в специальных помещениях. К основным элементам котельной установки относятся следующие: котел, топочное устройство (топка), питательные и тягодутьевые устройства, блок газоотсасывающей установки, а также блочная водоподготовительная установка [3].

С продуктами сгорания топлива в атмосферу выбрасываются различные вредные вещества, в том числе и отличающиеся сильной токсичностью. Количество некоторых из этих веществ (диоксид серы, соединения ванадия, летучая зола) зависит от состава топлива и его негорючей части. Содержание других вредных веществ в дымовых газах (окислы серы и азота, окись углерода, канцерогены) зависит не только от характеристики сжигаемого топлива, но и от ряда других факторов, включая режимные: способа подготовки и сжигания топлива, конструкции топочных и горелочных устройств, нагрузки котла, коэффициента избытка воздуха и т.п. Следовательно, выброс этих веществ можно свести к минимуму принятием соответствующих мер. С ростом мощности котельных роль их в загрязнении приземного слоя атмосферы становится все значительнее. Кроме того, котельные располагаются, как правило, в промышленных районах, фоновая концентрация вредных веществ нередко близка к предельно допустимой. Именно по этой причине необходимо своевременно проводить очистку котлов от образовавшейся в них накипи [4].

Возникновения аварийной ситуации связано с рядом факторов. Аварии в котельных возникают в первую очередь из-за износа оборудования и систем коммуникации. Согласно данным статистики, средняя величина износа коммуникации в теплоснабжении составляет 65%.

Проанализировав различные аварии на котельных за последние несколько лет в России, получили данные, которые представлены на рисунке 1. Основным видом аварии на котельных, 72% событий, является взрыв. Пожары занимают второе место и составляют 16% от общего числа аварий. На третьем месте находится утечка опасных газов, что составляет 8% аварий.

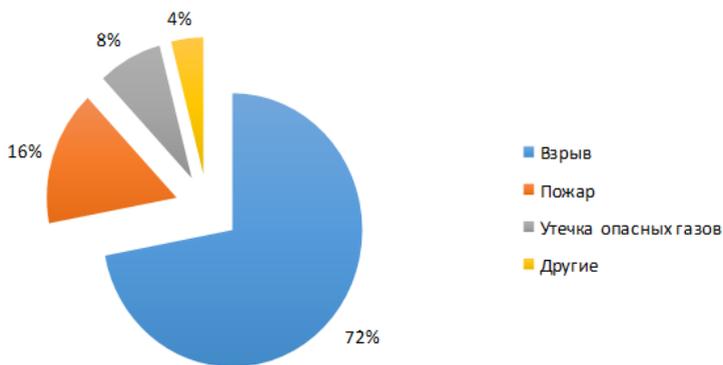


Рис. 1. Виды аварий на котельных

Для того, чтобы наглядно рассмотреть те или иные события, исходящие из аварийных ситуаций на котельной, а также для определения и анализа последовательности развития аварии построим древовидную структуру, представленную на рисунке 2.

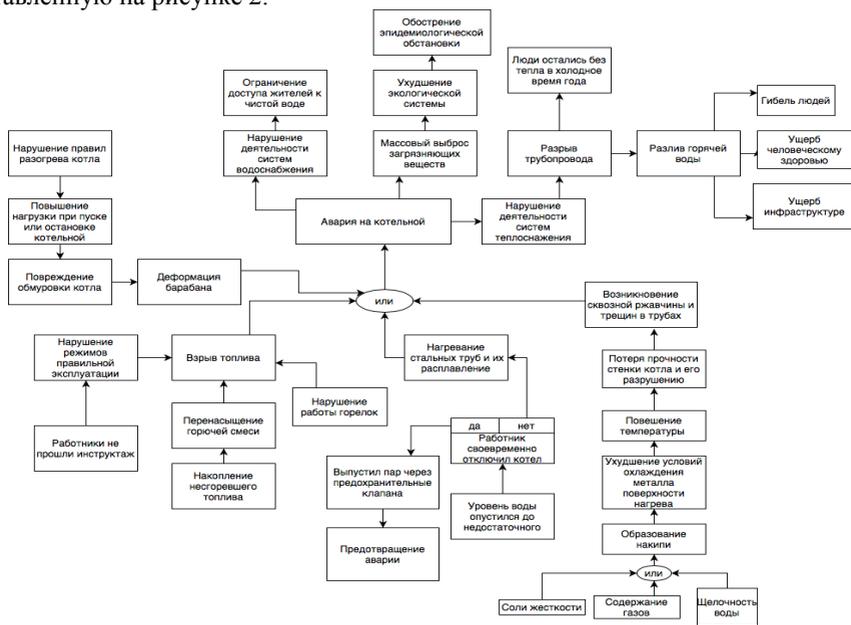


Рис. 2. Древовидная структура последовательности развития аварии котельной

Авария в котельной также становится следствием следующих причин:

- взрыв топлива. Использование газовой смеси делает котел «миной за-

медленного действия» и нарушение режимов правильной эксплуатации может спровоцировать взрыв. Причиной взрыва газовых котлов становится перенасыщение горючей смеси, возникающее при накоплении несгоревшего топлива. Еще одной причиной взрыва топлива является нарушение работы горелок;

- снижение уровня воды. Поддержание требуемого уровня воды является залогом нормальной работы котла. Длительное функционирование котельного оборудования с недостаточным уровнем воды может привести к нагреванию стальных труб и их расплавлению;

- нарушение водоподготовки. Аварии в котельных с участием промышленных котлов происходят из-за недостаточного смягчения воды или ее загрязнения. Водоподготовка является обязательной процедурой, позволяющей снизить количество образующейся накипи и устранить излишки кислорода, который служит причиной язвенной кислородной коррозии. Причина аварии вследствие нарушения водоподготовки характеризуется появлением сквозной ржавчины на небольшом участке оборудования, приводящей к нарушению работы, что может стать причиной аварии;

- нарушение правил разогрева котла. При пуске или остановке котельной, оборудование испытывает повышенные нагрузки, что требует четкого следования правилам эксплуатации. Соблюдение регламента разогрева и следование этапам необходимых операций пуска послужит гарантией длительного срока службы котла и предотвратит аварию.

Аварийные выбросы, в том числе и при работе котлоагрегатов, являющиеся одним из наиболее распространенных сверхнормативных поступлений загрязняющих веществ в атмосферный воздух [5-6]. Определение их геометрических, массовых, динамических и концентрационных характеристик является сложной аэродинамической задачей, которая может быть решена с использованием современных методов математического моделирования [7-8].

Литература:

1. Массеров, Д.А. Роль экологической безопасности в устойчивом развитии России / Д.А. Массеров, А.В. Кирюшин, М.В. Кустов // Вестник Забайкальского государственного университета. — 2016. — № 7. — С. 124-131.

2. Салова, Т.Ю. Термические методы переработки органических отходов. Источники возобновляемой энергии: монография / Т.Ю. Салова, Н.Ю. Громова, Е.А. Громова; Министерство сельского хозяйства РФ, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. - Санкт-Петербург: СПбГАУ, 2016. - 226 с.

3. Андрейко, Н. Г. Введение в энергетику: учебное пособие / Н. Г. Андрейко. — Краснодар: КубГТУ, 2019. — 175 с.

4. Хомутенко, Г.Л. Охрана окружающей среды при работе котлоагрегатов на экибастузском угле / Г.Л. Хомутенко, Н.К. Матвеева, N.I. Matveeva // Вестник инновационного евразийского университета. — 2013. — № 3. — С. 76-80.

5. Шагидуллин А.Р., Тунакова Ю.А., Шагидуллин Р.Р., Кузнецова О.Н. Оценка уровня загрязнения воздушного бассейна г. Казани выбросами стацио-

нарных и передвижных источников загрязнения (сообщение 1) // Вестник Технологического университета. 2015. Т. 18. № 8. С. 231-233.

6. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Новикова С.В., Шмакова Ю.А. Оценка вероятности превышения приземных концентрации примесей в зонах действия полимерных производств (на примере г. Нижнекамск). Сообщение 1 // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 16. С. 111-114.

7. 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.

8. 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.

УДК 504.03, 615.099

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ КУРОРТНОГО РАЙОНА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА С ПОМОЩЬЮ ТЕСТ-ОБЪЕКТА - ИНФУЗОРИЙ *PARAMECIUM CAUDATUM*

Антонов И.В., кандидат технических наук, доцент;
Лебединская В.С., обучающийся

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна

Высшая школа технологии и энергетики»

(г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)

Аннотация: В работе приводятся результаты оценки токсичности водных объектов Курортного района Санкт-Петербурга методом биотестирования на тест-объекте инфузории *Paramecium Caudatum* по их морфофизиологической и хемотоксической реакциям.

Ключевые слова: токсичность, *Paramecium caudatum*, хемотоксическая реакция, морфофизиологическая реакция, водные объекты, биотестирование.

INVESTIGATION OF POLLUTION OF WATER OBJECTS IN THE KURORTNY DISTRICT OF SAINT PETERSBURG WITH THE AID OF A TEST OBJECT - *PARAMECIUM CAUDATUM*

Antonov I.V., candidate of technical sciences, associate professor;

Lebedinskaya V.S., the student

«St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design Higher
School of Technology and Energy»

(St. Petersburg, Russian Federation)

Annotation: This paper presents the results of toxicity assessment of water objects in the Kurortny district of St. Petersburg by biotesting on the test object infusoria *Paramecium Caudatum* according to their morphophysiological and chemotactic reactions.

Keyword: toxicity, *Paramecium caudatum*, chemotactic reaction, morphophysiological reaction, water objects, biotesting.

Определение токсичности воды, как природной, так и сточной является неотъемлемой частью исследований при проведении экологического мониторинга и производственного экологического контроля [1, 2].

Данная задача решается с помощью процедур биотестирования проб воды на тест-объектах: дафниях (*Daphnia magna*, *Daphnia pulex*), микроскопических одноклеточных зелёных водорослях из класса протокочковых (сценедесмус *Scenedesmus quadricauda*, хлорелла *Chlorella sp.*), аквариумных рыбах (*гуппи*, *данио-персио*), инфузориях (*Paramecium caudatum*).

Одним из основных мест отдыха в городе Санкт-Петербурге является Курортный район, его реки и озера, и само побережье Финского района. Это предопределяет особый подход к контролю качества воды с точки зрения влияния его на здоровье отдыхающих и выявления источники антропогенного воздействия на водные объекты.

Работа посвящена вопросам оценки токсичности воды в водных объектах Курортного района СПб, проводимой в рамках регулярных межрегиональных Биос-школ, а также сравнению применяемых методов биотестирования.

По программе исследований Биос-школ определяется острая и хроническая токсичность двумя методами биотестирования на тест-объектах инфузории *Paramecium Caudatum*: морфологический и хемотаксический. Методика определения острой и хронической токсичности по морфологической реакции двумя способами (первый метод) приведена в таблице 1.

Второй метод основан на хемотаксической реакции, оценивающий способность тест-объектов реагировать на присутствие в водной среде веществ, представляющих опасность для их жизнедеятельности, и направленно перемещаться по градиенту концентраций этих веществ, избегая их вредного воздействия [4].

Таблица 1

Методика определения острой и хронической токсичности первым методом биотестирования (по морфологической реакции)

| | Первый способ | | Второй способ | |
|----------------------------------|--|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| | Острая токсичность | Хроническая токсичность | Острая токсичность | Хроническая токсичность |
| Тест-объект | инфузории <i>Paramecium Caudatum</i> | | | |
| Длительность метода, час | 5 (через 10-15 минут осуществляем первый подсчёт инфузорий) | 24 | 6 | 24 |
| Лабораторное оборудование | Чашка Петри, пипетка, спринцовка, микроскоп | | Пробирки, пипетка, спринцовка, лупа | |
| Объем анализируемого образца, мл | 1 | | 10 | |

| | | |
|-----------------------|--|--|
| Особенности | Подсчёт выживших и погибших инфузорий, наблюдения за траекторией движения, скоростью, формой тела выживших инфузорий. | Подсчёт выживших инфузорий [3]. |
| Обработка результатов | $T = \frac{n_p}{n_i} * 100\%$ <p>Где n_p – количество погибших инфузорий, n_i – исходное количество инфузорий.</p> | $T = \frac{\bar{x}_k - \bar{x}_{ан}}{\bar{x}_k} * 100\%$ <p>Где \bar{x}_k – среднеарифметическое значение количества выживших инфузорий в контрольной пробе, $\bar{x}_{ан}$ – среднеарифметическое значение количества выживших инфузорий.</p> |

В 2021 году исследования проводились в весенний период – с 1 по 5 мая. Пробы были отобраны из 19-ти водных объектов: Финский залив, оз. Блюдечко, оз. Серебряное, оз. Придорожное, оз. Гладышевское, р. Гладышевка, р. Рошинка, р. Чёрная, Сточные воды, р. Приветная, Смолячков ручей, Сестрорецкое водохранилище, р. Малая Сестра, Родник Детские Дюны, Ржавая канава, оз. Щучье, руч. Щучий, р. Луга, Питвевая вода. Общее количество отобранных проб составило 67.

Наиболее показательные точки приведены в виде диаграмм (рис. 1).

По результатам исследований выявлены пробы с высокой степенью токсичности: 70/3 (Ржавая канава, перед впадением в р. Малая Сестра), 14 (р. Чёрная, после сброса СВ ДОЛ "Океан"). В точках отбора 1 (оз. Блюдечко, центр, поверхность) и 7 (оз. Гладышевское, у берега) пробы слаботоксичные.

В пробах с высокой степенью токсичности были выявлены изменения морфофизиологической реакции тест-объекта инфузории *Paramecium Caudatum*: изменение траектории движения (вращение вокруг своей оси), особи возрастом меньше 1 дня погибли быстрее, чем особи возрастом 3 дня.

Преимущества метода биотестирования по морфофизиологической реакции: оценка скорости, траектории движения, смертности; определение и острой, и хронической токсичности. Недостатки морфофизиологического метода: строго установленное время проведения метода; медленная длительность (скорость) метода.

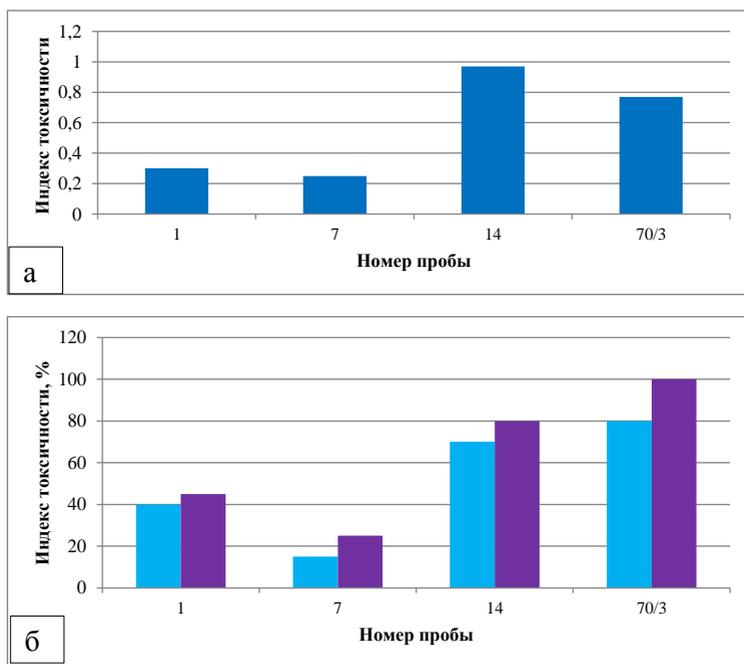


Рис. 1. Результаты измерений острой токсичности: а – по хемотаксической реакции, б – по морфофизиологической реакции: ■ – первый способ; ■ – второй способ

Преимущества метода биотестирования по хемотаксической реакции: мгновенный результат; короткое время проведения метода, оперативность. Недостатки метода биотестирования по хемотаксической реакции: оценка только острой токсичности.

Проведена оценка токсичности водных объектов Курортного района Санкт-Петербурга по морфофизиологической и хемотаксической реакции тест-объекта инфузории *Paramecium Caudatum*. В данных условиях предпочтительнее оказался метод основанный на анализе морфофизиологической реакции инфузории *Paramecium Caudatum*.

Литература:

- ГОСТ Р 58556-2019. Оценка качества воды водных объектов с экологических позиций.
- Р 52.24.741-2010. Оценка токсичности поверхностных вод суши в условиях чрезвычайных ситуаций методом экспрессного биотестирования.
- ГОСТ Р 57166-2016. Вода. Определение токсичности по выживаемости пресноводных инфузорий правовых и нормативно-технических документов.

4. Измайлова, Н.Л. Биотестирование и биоиндикация состояния водных объектов: учебно-методическое пособие к лабораторным работам по прохождению учебной (ознакомительной) практики / Н.Л. Измайлова, О.А. Ляшенко, И.В. Антонов. – СПб.: СПбГТУРП, 2014. – 52 с

УДК 543.3

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ КОНЦЕНТРАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДАХ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Гисматуллина А.И., обучающийся

Мальцева С.А., к.х.н., доцент

Казанский национальный исследовательский технический университет

им. А.Н. Туполева-КАИ,

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Содержания таких ионов тяжелых металлов, как железо, никель, цинк и марганец в природной воде проведено методом атомно-абсорбционной спектрометрии. Пробы для проведения исследования взяты из Куйбышевского водохранилища, снабжающего водой Казань и населенные пункты вдоль Волжского берега. Обоснована актуальность исследования влияния физико-химических факторов на миграционные процессы тяжелых металлов в системе вода – донные отложения, и разработки систем инженерной защиты окружающей среды.

Ключевые слова: природные воды, атомно-абсорбционная спектрометрия, концентрация тяжелых металлов.

ON THE ISSUE OF DETERMINING THE CONCENTRATION OF HEAVY METALS IN THE WATERS OF THE KUIBYSHEV RESERVOIR

Gismatullina A. I., student

Maltseva .S.A., Associate Professor

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI

(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The content of heavy metal ions such as iron, nickel, zinc and manganese in natural water was carried out by atomic absorption spectrometry. Samples for the study were taken from the Kuibyshev reservoir, which supplies water to Kazan and settlements along the Volga coast. The relevance of the study of the influence of physico-chemical factors on the migration processes of heavy metals in the water-bottom sediments system is noted.

Keywords: natural waters, atomic absorption spectrometry, concentration of heavy metals.

Для контроля содержания таких ионов тяжелых металлов, как железо, никель, цинк и марганец в природной воде проведен анализ проб воды с Куйбы-

шевского водохранилища. Данный водоем снабжает водой Казань и населенные пункты вдоль Волжского берега.

В качестве аналитического метода определения металлов выбран метод атомно-абсорбционной спектроскопии, как один из наиболее селективных, воспроизводимых и относительно недорогих методов, позволяющий быстро и качественно проводить определения содержания металлов в водной среде [1]. Метод обладает высокой чувствительностью (10^{-5} - 10^{-7} %) и точностью (3-5 %).

Проведение исследования массовой концентрации тяжелых металлов основано на концентрировании проб воды упариванием и последующем измерении атомного поглощения металла в концентрате в воздушно-ацетиленовом пламени горелки на резонансной спектральной линии металла [2]. Измеряемая величина поглощения атомного пара металла пропорциональна его концентрации в исследуемом растворе.

Для определения концентрации металлов были построены градуировочные зависимости. Данные для кривых получены путем измерения величины поглощения атомного пара градуировочных растворов. Концентрации растворов известны. Они распыляются в пламени горелки и для каждого раствора несколько раз измеряются значения абсорбции при требуемой длине волны. Растворы анализируют в порядке возрастания массовой концентрации металла. [2, 3]

Результаты исследования содержания ионов тяжелых металлов в природной воде представлены в таблице 1.

По результатам исследования концентрации содержания ионов тяжелых металлов в природной воде превышения ПДК не было обнаружено. Концентрации металлов в Куйбышевском водохранилище не превышают предельно допустимые концентрации металлов в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Согласно регламентированному действующим законодательством Российской Федерации нормативным документам характеризует состояние исследуемого объекта как безопасное.

Таблица 1

Результаты исследования природной воды

| Металл | Ед. изм. | Концентрация | ПДК |
|----------|----------|--------------|------|
| Никель | мг/л | 0,0041 | 0,02 |
| Железо | мг/л | 0,0198 | 0,3 |
| Марганец | мг/л | 0,0221 | 0,1 |
| Цинк | мг/л | 0,0052 | 1,0 |

Важно отметить, что при снижении интенсивности антропогенного воздействия, изменении физико-химических условий дальнейшее влияние на водные ресурсы будет оказывать донные отложения. Они являются депонирующей средой, которая аккумулирует загрязняющие вещества [4], что определяет актуальность исследования влияния физико-химических факторов на миграционные процессы тяжелых металлов в системе вода – донные отложения и актуальность разработки систем инженерной защиты окружающей среды [5,6].

Литература:

1. Барсуков В.И. Атомный спектральный анализ. - М.: Машиностроение-1, 2005. – 132 с.
2. РД 52.24.427-2013 Массовая концентрация цинка, меди, железа, марганца и никеля в водах. Методика измерений атомно-абсорбционным методом с атомизацией в пламени.
3. Гисматуллина А.И. Исследование содержания никеля (II) в природной воде методом пламенной атомной адсорбции // Химия и инженерная экология: сборник трудов международной научной конференции, Казань, 28-30 сентября 2020 г. – Казань: изд-во ИП Сагиева А.Р., 2020. С. 331-333. ISBN 978-5-6045150-1-3.
4. Давыдова О.А. Физико-химические аспекты миграционных процессов тяжелых металлов в природных водных системах / О.А. Давыдова [и др.] // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Химия. – 2016. – Т.8, №2. – С.40-50.
5. Мингазетдинов И.Х., Мальцева С.А., Григорьева И.Г., Гисматуллина А.И.. Ленточный регулируемый пресс - фильтр: патент 205968 Рос. Федерация №2021114042 / Мингазетдинов И.Х.; заявл. 18.05.2021; опубл. 12.08.2021, Бюл. №23.
6. Кремлева Н.В., Буданов А.Р., Мальцева С.А., Тунакова Ю.А. Стабилизатор полиолефинов фенолят никеля как вторичное сырье, получаемое при очистке гальванических стоков сернисто-щелочным отходом производства моторных масел / Вестник Казанского технологического университета, 2015.– Т.18.– №3. – С. 101-103.

УДК 502.1

АНАЛИЗ ПУТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛИХЛОРИРОВАННЫХ ИЛИ ПОЛИБРОМИРОВАННЫХ ДИБЕНЗОДИОКСИНОВ И ДИБЕНЗОФУРАНОВ, АПРИОРНАЯ ВЕРОЯТНОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ ИЗ ПРЕКУРСОРОВ

Платонова М.С., аспирант

Гоголь Э.В., кандидат химических наук, доцент

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

(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Исследовательская работа основана на анализе путей формирования диоксинов и способе оценки вероятности их образования в атмосферном воздухе из прекурсоров.

Ключевые слова: Прекурсоры полихлорированных/ полибромированных дибензодиоксинов и дибензофуранов, фенол, соляная кислота, синтез диоксинов.

WAYS OF ANALYSIS OF FORMATION POLYCHLORINATED OR POLYBROMATED DIBENZODIOXINS AND DIBENZOFURANES, PROBABILITY OF FORMATION FROM PRECURSORS

Platonova M.S., graduate student

Gogol E.V., associate professor;

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev–KAI
(KNRTU-KAI)

(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The research work based on the analysis of the ways of formation of dioxins and a method for assessing the probability of their formation in the atmospheric air from precursors.

Keywords: Precursors of polychlorinated / polybrominated dibenzodioxins and dibenzofurans, phenol, hydrochloric acid, dioxin synthesis.

Основные источники высокотоксичных соединений полихлорированных или полибромированных дибензодиоксинов и дибензофуранов это производства гербицидов, пестицидов, заводы по термической утилизации отходов, целлюлозно-бумажные комбинаты, аварийные режимы данных производств. Концентрации в количестве 1 пг/м^3 провоцирует нарушение функций систем биологического организма, ДНК, повышает вероятность возникновения онкологических заболеваний, приводит к нарушению поведенческих моделей, в виду поражения нервной системы.

Формирование данных соединений возможно тремя способами: в виде побочных продуктов, De-ново синтез, получение диоксинов, как исходного продукта [1].

Диоксин как побочный продукт: щелочной гидролиз тетрахлобензола. Реакция проводится в растворе метанола (CH_3OH) под давлением при температуре выше 165°C . Образующийся трихлорфенолят натрия всегда частично превращается в форму, предшествующую диоксину, а затем в диоксин. Повышение температуры до 210°C резко увеличивает скорость протекания реакции; в более жестких условиях основным продуктом реакции становится диоксин. В этом случае процесс неконтролируем и в производственных условиях завершается взрывом. Синтез гербицида 2,4,5-трихлорфенола осуществляется конденсация молекул трихлорфенолята натрия, формирование полихлорированных или полибромированных дибензодиоксинов и дибензофуранов, а так же двух молекул хлорида натрия. Повышение температуры свыше 180°C концентрации диоксинов резко возрастают [2]. Ультрафиолетовое облучение пентахлорфенола, одновременно с дехлорированием провоцирует образование высокотоксичного изомера диоксина. Наличие промежуточных форм хлорфенолов. Фотолиз протекает с формированием сложных смесей продуктов окисления, куда входят диоксины (рис. 1).

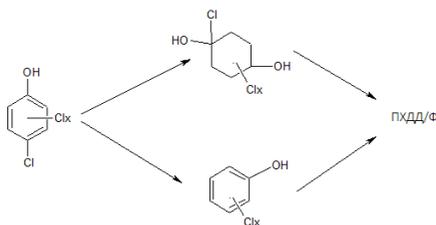


Рис. 1. Формирование ПХДД/Ф при фотолизе хлорфенолов

De-novo синтез при сгорании органических материалов. В процессе термической обработки образуются свободные радикалы галогенов, которые в последствии реагируют с углеродом, с образованием диоксинов, либо их прекурсоров. Процесс формирования дибензодиоксинов и дибензофуранов при сжигании поливинилхлорида (ПВХ) приведён на рисунок 2.

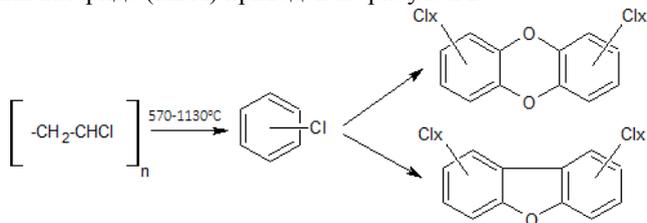


Рис. 2. Образование дибензодиоксинов и дибензофуранов при сжигании поливинилхлорида

Полихлорированные или полибромированные дибензодиоксинов и дибензофураны формируются из прекурсоров – ароматических соединений (хлорбензолы, хлорфенолы, фенолы и производные бензола) в присутствии доноров хлора (ПВХ, газообразный хлористый водород) и наличии переходных форм металлов. Фенольные соединения дают разнообразные галогенпроизводные при замещении фенольного ряда свободным хлором [2].

Приведённые данные определяют возможность формирования диоксинов из прекурсоров. Соответственно анализ выбранной территории на концентрации загрязняющими веществами, катализаторами реакций обоснован. Примером будут являться - фенол и соляная кислота.

Для проведения оценки результатов анализа необходимо привести данные предприятий (г/с) в величины, соответствующие ПДК (мг/м³).

$$C = G \cdot 1000 / Q \quad (2.3),$$

C - концентрация вредного вещества (мг/м³),

G - максимальный разовый выброс ВВ (г/с),

Q - расход воздуха в источнике выбросов (м³/с).

Таблица 1

Результаты анализа выбросов в районе с. Осиново по фенолу и соляной кислоте.

| ЗВ | ПДК _{к.р.} , мг/м ³ | Ул. Химическая (политон ООО «УК»ПрЖХХ»), мг/м ³ | Ул. Автосервисная (ООО «КЗССМ»), мг/м ³ | с. Осиново (ООО «Тепличный комбинат «Майский»), мг/м ³ | Ул. Беломорская ПАО «Казаньоргсинтез» мг/м ³ | Ул. Тэцевская ТЭЦ-3, мг/м ³ | с. Осиново, мг/м ³ |
|-----------------|---|--|--|---|---|--|-------------------------------|
| Фенол | 0,01 | 31,326 | - | - | 7860,527 | 0,052 | 0,001 |
| Соляная кислота | 0,2 | - | 2,64 | 1,32 | 460,779 | 2080,65 | - |

Обработка результатов анализа осуществлялась согласно расчёту вероятности по Байесу. Особенность расчета вероятностей по Байесу является использование априорных и апостериорных вероятностей с удельной оценкой долей относительно полной вероятности. Результаты расчётов сформированы в таблице 2.

Таблица 2

Результаты расчёта вероятности по фенолу и соляной кислоте

| № зоны | Доля зоны | Частота признака в зоне | Вероятность для зоны | Полная вероятность по всем зонам (фенол) |
|--------|-----------|-------------------------|----------------------|--|
| 1 | 0,25 | 1 | 0,3333333333333333 | 0,75 |
| 2 | | | | |
| 3 | 0,25 | 1 | 0,3333333333333333 | |
| 4 | 0,25 | 1 | 0,3333333333333333 | |
| 5 | 0,25 | 0 | 0 | |
| № зоны | Доля зоны | Частота признака в зоне | Вероятность для зоны | Полная вероятность по всем зонам (соляная кислота) |
| 1 | | | | 1 |
| 2 | 0,25 | 1 | 0,25 | |
| 3 | 0,25 | 1 | 0,25 | |
| 4 | 0,25 | 1 | 0,25 | |
| 5 | 0,25 | 1 | 0,25 | |

Вероятности загрязнения атмосферного воздуха всей исследуемой составляет 0,75 для фенола, в частности 0,3(33..) для промышленных территорий каждого из районов.

Согласно полученным результатам априорные вероятности проявления для выбранных территорий высокие, как следствие формирование диоксинов при заданных условиях возможно. Синтез диоксинов из ароматических прекурсоров возможен при наличии переходных форм металлов, которые содержатся в выбросах данных предприятий.

Проведенное исследование позволяет сделать вывод о повышенной возможности загрязнения атмосферного воздуха диоксиноподобными соединениями опираясь на анализ концентраций загрязняющих веществ - прекурсоров.

Литература:

1. Ившин, В.П. Диоксины и диоксиноподобные соединения: пути образования, свойства, способы деструкции / Ившин В.П., Полушин Р.В. Марий Эл: Изд-во Марийского государственного университета, 2005. — 320 с.

2. Milnes M.H. Formation of 2,3,7,8-tetraclorodibenzodioxin by thermal bus-tion of sodium 2,4,5-triclorphenat/ M.H. Milnes// Nature-1971-Vol 232 - №5310 P. 395-396 – Реф.в: РЖХим/ВИНИТИ – 1972- 5Ж346

УДК 54.07

ФОТОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗАТОР ЖИДКОСТИ

Мингазетдинов И.Х., кандидат технических наук, доцент

Гумерова Г.И., обучающийся

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

Аннотация: Измерение содержания взвешенных веществ в воде используется для управления различными процессами очистки и для изучения качества сточных вод. Уровень содержания взвешенных твердых частиц в воде и сточных водах влияет на качество воды и на то, как она может быть использована.

Ключевые слова: фотометрический анализатор жидкости, мутномер, взвешенные вещества, сточные воды.

PHOTOMETRIC LIQUID ANALYZER

Gumerova G.I., student

Mingazetdinov I.Kh., candidate of technical Sciences, assistant professor
Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The measurement of suspended solids in water is used to control of various treatment processes and for the study of wastewater quality. Levels of suspended solids in water and wastewater affect the quality of the water and how it can be used.

Keywords: Photometric liquid analyzer, turbidity meter, suspended solids, wastewater.

Взвешенные вещества - это показатель плотности, используемый для описания того, сколько именно осадка и частиц отходов содержится в воде. Он используется для расчета количества материала, или нагрузки, в сточных водах или промышленной системе [1].

Взвешенные твердые частицы могут состоять как из органического материала (например, водорослей и планктона), так и из неорганического (например, ила и песка), в зависимости от места.

Регулярное измерение концентрации взвешенных веществ имеет первосте-

пенное значение для обеспечения быстрой реакции на любые изменения в процессе, что является ключевым фактором в поддержании эффективности очистки.

Измерение взвешенных веществ могут быть использованы в таких процессах как коагуляция и флокуляция, отстаивание, осветление, осаждение и фильтрация, что в свою очередь используется в водоподготовке, очистке сточных вод, мониторинге качества воды, очистке промышленных сточных вод, очистке воды на нефтяных месторождениях и других подобных отраслях [2].

В очистных сооружениях взвешенные вещества необходимо контролировать, чтобы обеспечить эффективное протекание процесса биологической очистки. Если уровень твердых частиц слишком высок, существует риск, что система будет перегружена, и потребуются подача большего количества кислорода, что приведет к потере энергии. Если количество твердых частиц уменьшится, то у биологических агентов закончится "пища" и они начнут умирать, что приведет к снижению эффективности и дорогостоящему процессу "пополнения запасов" [3].

В данной работе для определения количества взвешенных веществ был использован прибор - «Фотометрический анализатор жидкости. Мутномер».

Разработанная конструкция направлена на повышение надежности и точности измерений.

Предварительно отрегулированное винтом 7 устройство по номограммам для различных диапазонов концентраций загрязняющих веществ, помещается в измеряемую среду, включается подача воды в корпусе 1 через патрубок 16, подсоединяется источник света 4 и фотоприемник 3 к системе измерения. Вода, поступающая через патрубок 16, попадает в коллектор 15 и через ряд отверстий 13 попадает равномерно в полость корпуса 1. Вода заполняет полость подвижной гильзы 11 и вытекает через отверстия 14 и одновременно заполняет полость корпуса 1, откуда вытекает через отверстия 13. Таким образом, в полостях устройства обеспечивается проток жидкости.

При заполнении водой полостей корпуса 1 и подвижной гильзы 11 между поверхностью воды и прозрачным экраном 12 образуется воздушная подушка, которая предохраняет поверхности стеком от контакта с водой и возможностью загрязнения их взвешенными веществами.

Показания фотоприемников 3 поступают в измерительную систему (не показана), в которой после стандартных преобразований выводится на систему индикации. В случае, если показания устройства индикации не удовлетворяют по точности измерений, ориентируясь по мерной линейке 8, регулировочным винтом 7 меняют расположение подвижной гильзы 11 относительно стакана 2, которая передвигается по направляющему шпунту 19. Чем больше концентрация загрязняющих веществ в анализируемой воде, тем выше мутность и меньше оптическая проницаемость среды, тем больше расстояние между отверстиями 13 на корпусе и отверстиями 14 на гильзе будет уменьшаться, вследствие чего диапазон измерений фотоприемников будет расширяться.

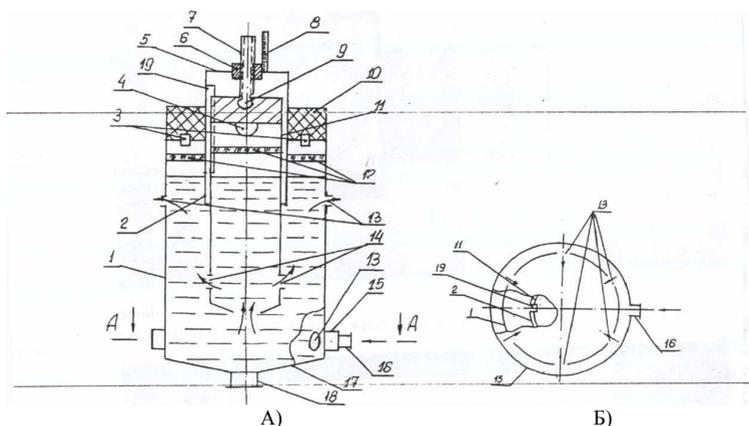


Рис. 1. Внешний вид прибора

«Фотометрический анализатор жидкости. Мутномер»:

А - вид сбоку, Б - вид сверху. 1 - корпус, 2- стакан, 3- фотоприемник, 4-источник света, 5-крышка стакана, 6-штулка, 7-винт регулировочный, 8-мерная линейка, 9-сферический шарнир, 10-поплавок, 11- подвижная гильза, 12-прозрачные экраны, 13-отверстия на корпусе, 14 - отверстия на гильзе, 15-кольцевой коллектор, 16-патрубок подачи воды, 17 - днище корпуса, 18-сливной патрубков.

Предложенное устройство может быть использовано как в стационарных устройствах с прокачкой воды через патрубок 15 от внешнего насоса, так и как портативный переносной измеритель с подачей воды от ручного насоса.

Таким образом, использование предложенного устройства позволяет повысить надежность и точность измерений содержания взвешенных веществ в сточных водах.

Литература:

1. Ranade, V.V., Bhandari, V.M. Chapter 1. Chemical Engineering and Process Development Division. In Industrial Wastewater Treatment, Recycling, and Reuse: An Overview; CSIR-National Chemical Laboratory: Pune, India, 2014; pp. 1–80.

2. APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater, 19th Ed., American Water Works Association and the Water Environment Federation, Washington, D.C. (2005)

3. ASTM. Standard test method for determining sediment concentration in water samples. D3977-97R07, West Conshohocken, PA. (2007)

УДК 504.3.054

**ОЦЕНКА ВКЛАДОВ ПЕРЕДВИЖНЫХ И СТАЦИОНАРНЫХ
ИСТОЧНИКОВ ВЫБРОСОВ
В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ В ЗОНАХ ВЛИЯНИЯ
АВТОМАГИСТРАЛЕЙ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ
В Г. КАЗАНИ**

Васильева М.А.¹, обучающийся;
Шагидуллин А.Р.², к.ф.-м.н., с.н.с.

¹ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
(г. Казань, Российская Федерация)

²Институт проблем экологии и недропользования АН РТ
(Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Рассматривается отдельно вклад выбросов автотранспорта и стационарных источников, формирующих фоновый уровень загрязнения атмосферного воздуха. Анализируется рассеивание концентрации примеси диоксида азота, которая содержится в передвижных и стационарных источниках выброса. Проведен расчет риска для здоровья населения от двух типов источников.

Ключевые слова: загрязняющие вещества, выбросы от автотранспорта, выбросы от стационарных источников, примеси в атмосферном воздухе, автотранспорт, риск для здоровья.

**ESTIMATION OF CONTRIBUTIONS FROM MOBILE AND STATIONARY
SOURCES EMISSIONS TO THE ATMOSPHERIC AIR IN THE AREAS OF
INFLUENCE OF HIGHWAYS AND INDUSTRIAL FACILITIES IN KAZAN**

Vasilyeva M.A.¹, the student;

Shagidullin A.R.², Ph.D., senior researcher laboratory of applied ecology

¹ Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI"
(Kazan, Russian Federation)

²Institute of Ecology and Subsoil Use of the Academy of Sciences
of the Republic of Tatarstan
(Kazan, Russian Federation)

Annotation: The contribution of emissions from vehicles and stationary sources that form the background level of atmospheric air pollution is considered separately. The dispersion of the concentration of nitrogen dioxide impurities, which is contained in mobile and stationary emission sources, is analyzed. The calculation of the risk to public health has been carried out.

Keywords: pollutants, emissions from vehicles, emissions from stationary sources,

impurities in the air, vehicles, health risks.

На сегодняшний день воздухоохраные решения в основном заключаются в сокращении выбросов от стационарных источников в период НМУ. Но для крупного города выбросы передвижных источников загрязнения могут быть доминирующими. Выбросы от автотранспорта поступают на малой высоте с небольшой скоростью в зону дыхания человека. Неблагоприятные параметры рассеивания автомобильных выбросов формируют максимумы концентраций компонентов выбросов и в зонах жилой застройки. Поэтому развитие систем мониторинга за качеством атмосферного воздуха и разработка адекватных воздухоохраных решений, имеют большое значение. Экологический мониторинг качества атмосферного воздуха имеет пространственно-временные, количественные и качественные ограничения, которые могут быть нивелированы за счет использования косвенных методов оценки (исследование депонирующих сред), методов математического моделирования, использования информационных технологий, интерполяции и картирования. Для расчета концентраций широкого перечня компонентов выбросов предлагается использование программы УПРЗА «Эколог-Город» [1].

Так, на локальном участке в зоне жилой застройки нами проведены расчеты отдельного вклада выбросов автотранспорта и стационарных источников, формирующих фоновый уровень загрязнения. Проводился анализ рассеивания примеси диоксида азота (NO_2), содержащегося в выбросах стационарных и передвижных источников. Выявлено, что наибольший вклад в загрязнение приземного слоя атмосферного воздуха данной примесью вносит автотранспорт (до 90%). На рисунке 1 и рисунке 2 представлены поля рассеивания концентрации диоксида азота от автотранспорта и ТЭЦ-1, соответственно.

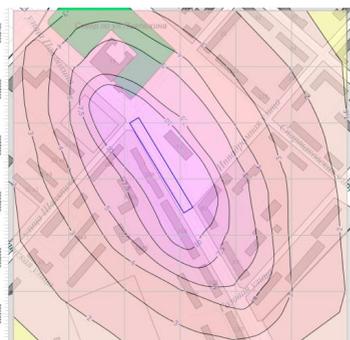


Рис. 1. Поля концентрации NO_2 от автотранспорта



Рис. 2. Поля концентрации NO_2 от стационарных источников

На локальных участках территории, находящейся под воздействием автотранспорта, вклад в фоновый уровень загрязнения атмосферного воздуха АТС вносят передвижные и стационарные источники выбросов. Для разработки адекватных воздухоохраных решений необходимо учитывать вклад каждого

типа источников выбросов. Оценку вклада источников выбросов необходимо осуществлять с использованием методики [2] оценки риска здоровью населения при аэрогенном воздействии.

Для оценки вклада источников выбросов в формирование риска здоровью населения проведен расчет рисков с помощью программы «Эколог - город» в зоне влияния стационарных (ТЭЦ - 1) и передвижных источников загрязнения. Вблизи Казанской ТЭЦ - 1 выбраны точки жилой зоны для определения риска здоровью населения.

Референтная доза/концентрация - суточное воздействие химического вещества в течение всей жизни, которое устанавливается с учетом всех имеющихся современных научных данных и, вероятно, не приводит к возникновению неприемлемого риска для здоровья чувствительных групп населения.

Значения уровня суммарного и индивидуального риска для здоровья населения при учете референтных концентрации набора приоритетных для контроля примесей, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Расчет риска для здоровья населения по значениям концентраций приоритетных примесей

| № | Источ-ник | Сум-мар-ный риск | NO ₂ | NO | SO ₂ | CO | CH ₄ | Бенз/а/пирен | Фор-мальде-гид | Бензин | Керо-син |
|---|-----------|------------------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|--------------|----------------|--------|----------|
| 1 | АТС | 0,83 | 0,54 | 0,06 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0,01 | 0,07 | 0,15 |
| | ТЭЦ-1 | 0,46 | 0,23 | 0,02 | 0,04 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 0,12 |
| 2 | АТС | 0,81 | 0,52 | 0,06 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0,01 | 0,06 | 0,15 |
| | ТЭЦ-1 | 0,42 | 0,18 | 0,02 | 0,06 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,03 | 0,11 |
| 3 | АТС | 1,83 | 1,20 | 0,13 | 0,01 | 0,02 | 0 | 0,01 | 0,02 | 0,13 | 0,32 |
| | ТЭЦ-1 | 0,44 | 0,15 | 0,01 | 0,07 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,14 |
| 4 | АТС | 1,16 | 0,75 | 0,08 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0,02 | 0,09 | 0,20 |
| | ТЭЦ-1 | 0,49 | 0,28 | 0,02 | 0,04 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 0,10 |
| 5 | АТС | 1,19 | 0,79 | 0,09 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0,02 | 0,09 | 0,19 |
| | ТЭЦ-1 | 0,33 | 0,15 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,08 |
| 6 | АТС | 1,13 | 0,74 | 0,08 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0,001 | 0,01 | 0,09 | 0,19 |
| | ТЭЦ-1 | 0,28 | 0,11 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 0,05 |
| 7 | АТС | 1,65 | 1,07 | 0,12 | 0,01 | 0,02 | 0 | 0,01 | 0,02 | 0,13 | 0,27 |
| | ТЭЦ-1 | 0,44 | 0,25 | 0,02 | 0,03 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 0,09 |
| 8 | АТС | 1,07 | 0,68 | 0,07 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0,01 | 0,08 | 0,21 |
| | ТЭЦ-1 | 0,28 | 0,10 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0,03 | 0,03 | 0,05 |

Значения канцерогенного риска для здоровья населения представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Риск канцерогенного риска для здоровья населения при воздействии
приоритетных примесей**

| № | Источ- ник | Сум- мар- ный риск | NO ₂ | NO | SO ₂ | CO | CH ₄ | Бенз/ а/ пирен | Фор- мальде- гид | Бензин | Керо- син |
|---|---------------|-----------------------------|-----------------|----|-----------------|----|-----------------|----------------------|------------------------|--------|--------------|
| 1 | АТС | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | ТЭЦ-1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | АТС | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | ТЭЦ-1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | АТС | 0,0001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0001 | 0 |
| | ТЭЦ-1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | АТС | 0,0001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0001 | 0 |
| | ТЭЦ-1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | АТС | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0001 | 0 |
| | ТЭЦ-1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | АТС | 0,0001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0001 | 0 |
| | ТЭЦ-1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | АТС | 0,0001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0001 | 0 |
| | ТЭЦ-1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | АТС | 0,0001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0001 | 0 |
| | ТЭЦ-1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Значения хронического риска для здоровья населения представлены в таблице 3.

Таблица 3

**Расчет хронического риска для здоровья населения при воздействии
приоритетных примесей**

| № | Источ- ник | Сум- мар- ный риск | NO ₂ | NO | SO ₂ | CO | CH ₄ | Бенз/ а/ пирен | Фор- мальде- гид | Бензин | Керо- син |
|---|---------------|-----------------------------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|----------------------|------------------------|--------|--------------|
| 1 | АТС | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0 | 0 | 0,0001 | 0,01 | 0,01 |
| | ТЭЦ-1 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0 | 0 | 0,0003 | 0 | 0 |
| 2 | АТС | 0,03 | 0,01 | 0 | 0 | 0,01 | 0 | 0 | 0,0001 | 0,01 | 0,01 |
| | ТЭЦ-1 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0004 | 0 | 0,01 |
| 3 | АТС | 0,07 | 0,04 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0 | 0 | 0,0002 | 0,01 | 0,01 |
| | ТЭЦ-1 | 0,02 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0 | 0,0003 | 0,003 | 0,01 |
| 4 | АТС | 0,04 | 0,02 | 0,01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0001 | 0,01 | 0,01 |
| | ТЭЦ-1 | 0,02 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0 | 0,0004 | 0 | 0 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|-------|------|------|------|------|------|---|---|--------|------|------|
| 5 | АТС | 0,05 | 0,02 | 0,01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0001 | 0,01 | 0,01 |
| | ТЭЦ-1 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0002 | 0 | 0 |
| 6 | АТС | 0,05 | 0,02 | 0,01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0001 | 0,01 | 0,01 |
| | ТЭЦ-1 | 0,01 | 0 | 0 | 0,01 | 0 | 0 | 0 | 0,0003 | 0 | 0 |
| 7 | АТС | 0,06 | 0,03 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0 | 0 | 0,0002 | 0,01 | 0,01 |
| | ТЭЦ-1 | 0,02 | 0,01 | 0 | 0 | 0,01 | 0 | 0 | 0,0003 | 0 | 0 |
| 8 | АТС | 0,04 | 0,02 | 0,01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0001 | 0,01 | 0,01 |
| | ТЭЦ-1 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0 | 0 | 0 | 0,0004 | 0 | 0 |

Канцерогенный, неканцерогенный и хронический риск для здоровья населения при воздействии стационарных источников выбросов характеризуется как минимальный. Канцерогенный, неканцерогенный и хронический риск для здоровья населения при воздействии выбросов автотранспорта характеризуется как минимальный в точках 1 и 2, а в точках 3,4,5,6,7,8 характеризуется как низкий. Выбросы диоксида азота от АТС в точках 3 и 7 формируют средний риск для здоровья населения.

Таким образом, наибольший вклад в загрязнение приземного слоя атмосферного воздуха приоритетными примесями вносит автотранспорт – до 90%. Достижение приемлемого уровня риска для населения в зонах риска в г. Казани может быть достигнуто снижением выбросов в атмосферный воздух загрязняющих веществ передвижными источниками загрязнения [4-5]. Такими мероприятиями, целью которых является снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха в зоне автомагистралей, являются:

- снижение удельного расхода горючего в автомобилях;
- применение новейших конструкций двигателя;
- качественное и экологически безопасное топливо;
- применение присадок;
- переработка или нейтрализация вредных выбросов;
- уменьшение массы автомобиля и улучшение его аэродинамических форм;
- диагностика и наладка системы двигателя;
- посадка зеленых насаждений по обочинам автомагистрали.

Комплексный подход с использованием современных расчетных технологий [6] позволит минимизировать риск здоровью населения г. Казани, создаваемого стационарными и передвижными источниками выбросов.

Литература:

1. УПРЗА «Эколог» 4.60 [Электронный ресурс] // ОАО Фирма «Интеграл». URL: <https://integral.ru/shop/cargo/372.html> (дата обращения 01.06.21).
2. Р 2.1.10.1920-04 Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. - М: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. - 143 с.
3. Санитарные правила и нормы СанПин 1.2.3685-21 Гигиенические норма-

тивы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. - М., 2021. - 988 с.

4. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Новикова С.В., Шмакова Ю.А. Оценка вероятности превышения приземных концентраций примесей в зонах действия полимерных производств (на примере г. Нижнекамска). Сообщение 1/Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 16. С. 111-114.

5. Тунакова Ю.А., Новикова С.В., Шагидуллин А.Р., Валиев В.С. Антонио Хосе Мораис Подходы для оценки и управления качеством компонентов урбоэкосистемы с помощью методов нейросетевого моделирования//Журнал теоретической и прикладной экологии, 2019, № 4, С. 16-21.

6. 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 504.3.054

ПОДХОДЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ПОСТОВ НАБЛЮДЕНИЙ С ПОЗИЦИЙ ТЕОРИИ РИСКА НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА НИЖНЕКАМСКА

Шагидуллина Р.А.¹, д.х.н., начальник управления обеспечения экологической безопасности и экологического мониторинга;

Григорьева И.Г.², ст. преподаватель;

Валиев В.С.³, с.н.с.

¹Министерство экологии и природных ресурсов Республики Татарстан

²ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ»,

³Институт проблем экологии и недропользования АН РТ
(Казань, Российская Федерация)

Аннотация: Рассмотрены способы оценки вероятности превышения пороговых концентраций и риска формирования болезней органов дыхания детского и взрослого населения на территории города Нижнекамска. Показаны преимущества использования теоремы Байеса для вероятностной оценки риска, по сравнению с точечной детерминистической оценкой. Выделены участки улиц, с наибольшими значениями данных показателей, являющиеся зонами охвата соответствующих постов наблюдений.

Ключевые слова: вероятность, оценка риска, уровень загрязнения атмосферного воздуха, приоритетные примеси

APPROACHES FOR ASSESSING THE LOCATION OF OBSERVATION POSTS FROM RISK THEORY POSITIONS USING THE EXAMPLE OF THE TERRITORY OF THE CITY OF NIZHNEKAMSK

Shagidullina R.A.¹, doctor of chemistry, head of the department of state ecological expertise and regulation of environmental impact;

Grigoreva I.G.², senior lecturer;

Valiev V.S.³, senior researcher laboratory of biogeochemistry

¹Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Tatarstan

²Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI,

³Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use
of Tatarstan Academy of Sciences

(Kazan, Russian Federation)

Annotation: Methods of estimation of probability of exceeding threshold concentrations and risk of diseases of respiratory organs of children and adult population in the territory of Nizhnekamsk are considered. The advantages of using Bayes' theorem for probabilistic risk assessment compared to point deterministic assessment are shown. Sections of streets with the highest values of these indicators, which are the coverage areas of the corresponding observation posts, are identified.

Keywords: probability, risk assessment, level of air pollution, priority impurities

Определение риска негативного воздействия аэрогенного загрязнения в городах с высоким уровнем антропогенной нагрузки на состояние здоровья населения является основой разработки управляющих мероприятий для его снижения. Согласно п. 6.4.2.4. Руководства Р.2.1.10.1920-04 [1] целесообразно проводить мониторинговые исследования уровня загрязнения атмосферного воздуха в точках, которые позволяют определять экспозицию в очагах загрязнения, так и экспозицию, под воздействием которой находится большая часть населения. Для этой цели на территории г. Нижнекамска выделялись участки, расположенные в разных районах города, привязанных к местоположению автоматических станций контроля загрязнения атмосферы (АСКЗА), с высокой плотностью жилой застройки. Данные участки относятся к местам проживания большей части населения города. По приоритетным примесям, входящим в программу наблюдений на АСКЗА составлялись ряды коэффициентов опасности, определяемых по формуле, согласно Руководству Р.2.1.10.1920-04:

$HQ_i = C_{сутi} / ПДК_{с.ci}$, где $C_{сутi}$ - среднесуточная концентрация i -той примеси, $ПДК_{с.ci}$ – среднесуточная ПДК i -той примеси. Интегральный коэффициент опасности рассчитывался как математическое ожидание (медиана) всех частных HQ полученных в течение периода исследования. Вероятности оценивались с помощью теоремы Байеса. В результате был получен ряд значений, характеризующий распределение вероятности повышения значений среднесуточной концентрации выше ПДК, по меньшей мере, у половины всех примесей, участвовавших в расчете. Расчет проводился как по разным годам отдельно, так и за весь аналитический 3-х летний период. Данные группировались по зо-

нам исследования (участкам, привязанным к постам АСКЗА). Значения полученных Байесовых вероятностей представлены на рис. 1 (значения: ряд 1 – 2017 г., ряд 2 -2018 г., ряд 3-2019 г.).

Меньшие значения вероятностей по годам исследования получены для участков улиц Спортивная и Ямле. В районах расположения улиц Сююмбике, Юности и Гагарина вероятности превышения ПДК_{с.с.} демонстрируют устойчивый тренд роста.

В качестве маркерного признака при оценке уровня загрязнения атмосферного воздуха для выявления критических областей с наиболее достоверной оценкой риска и низким уровнем неопределенности нами использовалась частота болезней органов дыхания, согласно рекомендациям [2].

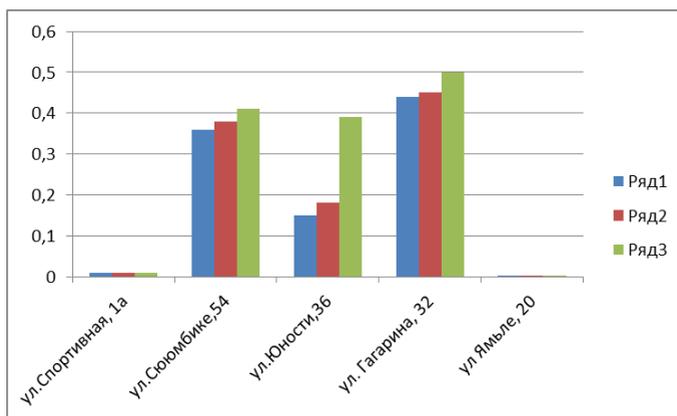


Рис. 1. Значения вероятностей превышения ПДК_{с.с.} приоритетными примесями (2017-2019 гг.)

Согласно п. 4.8.1. Руководства Р 2.1.10.1920-04 оценка неопределенностей, т.е. достаточно полное описание всех ошибок, неточностей, недостаточно надежных предположений и заключений, которые могут отразиться на конечных результатах характеристики риска и формулируемых выводах является обязательным этапом идентификации опасности.

Следует отметить, что рассчитанные Байесовы вероятности указывают не на абсолютную, а на относительную вероятность события среди всей совокупности зон, в которых это событие встречается обязательно, то есть, это вероятность того, что событие произойдет именно в конкретной зоне. Так как совокупная вероятность того, что среднесуточная концентрация, по меньшей мере, половины всех примесей превысит ПДК с.с. именно в районе улиц Юности и Гагарина составляет более 80%, то эти участки можно считать зонами риска.

Согласно п. 4.8.2. Руководства Р 2.1.10.1920-04 основным источником неопределенности этапа идентификации опасности является недостаточная степень полноты, достоверности и репрезентативности исходных данных. Нами выбраны для анализа значения концентраций примесей, получаемых на автома-

тизированных постах с 20 минутным осреднением, что сводит к минимуму случайные и систематические погрешности при статистической обработке длинных рядов наблюдений. Согласно п. 7.9.5. Руководства Р 2.1.10.1920-04 возможные неопределенности подразделяются на три категории:

- обусловленные отсутствием или неполнотой информации, необходимой для корректного определения риска;
- связанные с некоторыми параметрами, используемыми для оценки экспозиции и расчета рисков (неопределенность параметров);
- обусловленные пробелами в научной теории, необходимой для предсказания на основе причинных связей (неопределенности модели).

Согласно классическим представлениям теории вероятности, вероятность наступления события характеризуется частотой наступления этого события, то есть отношением количества наблюдений события n к общему количеству наблюдений N при большом (теоретически бесконечном) общем количестве наблюдений [3]. Теорема Байеса является одной из основных теорем элементарной теории вероятностей, которая определяет вероятность наступления события в условиях, когда на основе наблюдений известна лишь некоторая частичная информация о событиях [4]. Для случайных событий при вычислении их вероятности наиболее результативно использование теоремы Байеса [5]. Согласно п. 7.9.6. Руководства Р 2.1.10.1920-04 неопределенности присущи всем этапам оценки риска.

Риск здоровью для i -той зоне рассчитывался как нормализованное произведение Байесовой вероятности в i -той зоне, приведенное к лагу вероятностей (0,1), на относительный ущерб (прирост заболеваемости):

$$R_i = \frac{\left(\frac{P_i}{P_{0,1}}\right)U_{\%}}{1000} \quad (1)$$

где: R_i – относительный риск (шанс) заболеваемости в i -той зоне, на человека;

P_i – Байесова вероятность интегрального превышения ПДК с.с. в i -той зоне;

$P_{0,1}$ – минимальная расчетная дискретность вероятностей (лаг), равен 0,1;

$U_{\%}$ – прирост заболеваемости на лаг ее вероятности, промилле.

Рассчитанные таким образом удельные относительные риски по выделенным участкам исследования представлены в табл. 2.

Таблица 2

Значения относительных рисков здоровью населения на разных участках города Нижнекамск

| Зоны | Риск здоровью детей первого года жизни | Риск здоровью взрослых |
|--------------------|--|------------------------|
| ул. Спортивная, 1а | 0,001 | 0,001 |
| ул. Сююмбике, 54 | 0,025 | 0,015 |
| ул. Юности, 36 | 0,060 | 0,035 |
| ул. Ямле, 20 | 0,001 | 0,001 |
| ул. Гагарина, 32 | 0,07 | 0,04 |

Наиболее высокие риски отмечены в районе улиц Юности, Гагарина Сююмбике. Схожие результаты оценки значений вероятностей превышения ПДК с.с. приоритетными примесями и удельных относительных рисков болезней органов дыхания по выделенным участкам исследования показывают корректность местоположения и особую значимость при разработке воздухоохраных мероприятий в районе улиц Юности и Гагарина. Использование теоремы Байеса является вероятностным методом оценки риска, и обладает целым рядом преимуществ по сравнению с точечной детерминистической оценкой. Данный метод будет эффективен при подготовке прогноза изменчивости риска здоровью населения в условиях изменения содержания приоритетных атмосферных примесей в период неблагоприятных для рассеивания примесей метеорологических условий, что описано в работах [6-9].

Литература:

1. Руководство Р 2.1.10.1920-04 Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду.

2. Рахманин Ю.А., ред., Новиков С.М., Шашина Т. А., Абалкина И.Л., Скворцова Н.С. Риск воздействия химического загрязнения окружающей среды на здоровье населения - от оценки к практическим действиям. М.: ИТ «АдамантЪ», 2003.

3. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник для вузов. М.: Изд-во Юрайт, 2020. – 479 с. –).

4. Даниэль Канеман Принятие решений в неопределенности. Правила и предубеждения, 2018 Гуманитарный центр — URL: <https://www.livelib.ru/author/114408/top-daniel-kaneman> (дата обращения: 15.09.2021).

5. Kraft, Stephanie A; Duenas, Devan; Wilfond, Benjamin S; Goddard, Katrina AV The evolving landscape of expanded carrier screening: challenges and opportunities. *Genetics in Medicine.* (24 September 2018). 21: 790–797. doi:10.1038/s41436-018-0273-4.

6. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Григорьева И.Г. Учет метеорологических факторов, формирующих уровень загрязнения приземного слоя атмосферы в зонах действия полимерных производств // Вестник Казанского технологического университета, 2013. Т. 16, № 19. - С. 75-77.

7. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Новикова С.В., Шмакова Ю.А. Оценка вероятности превышения приземных концентраций примесей в зонах действия полимерных производств (на примере г. Нижнекамска). Сообщение 1/Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 16. С. 111-114.

8. Тунакова Ю.А., Новикова С.В., Шагидуллин А.Р., Валиев В.С. Антонио Хосе Мораис Подходы для оценки и управления качеством компонентов урбоэкосистемы с помощью методов нейросетевого моделирования//Журнал теоретической и прикладной экологии, 2019, № 4, С. 16-21.

9. 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 504.3.054

РАССЕИВАНИЕ ГАЗООБРАЗНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ С ПОЛИГОНА ТБО Г. ДУШАНБЕ

Бобоев Х.Б., старший преподаватель;

Расулов О.У., доцент

Каримов Б.Й., ассистент

Таджикский технический университет им. академика М.С. Осими

(г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Аннотация: в статье приводятся результаты расчёта рассеивания вредных веществ в атмосфере в период эксплуатации полигона твёрдых бытовых отходов г. Душанбе. Расчёты выполнены по аммиаку, сероводороду и толуолу в соответствии с методикой ОНД-86. Определены категории объекта (полигона) по воздействию его выбросов на атмосферный воздух.

Ключевые слова: твёрдые бытовые отходы (ТБО), полигон, свалочный газ, рассеивания, атмосфера, санитарно-защитной зоны (СЗЗ).

ISPERSION OF GASEOUS POLLUTANTS IN ATMOSPHERIC AIR FROM THE LANDFILL OF DUSHANBE

Boboev H.B., senior lecturer;

Rasulov O.U., associate professor

Karimov B.Y., assistant

Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi

(Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Annotation: the article presents the results of calculating the dispersion of harmful substances in the atmosphere during the operation of the solid waste landfill in Dushanbe. Calculations were performed for ammonia, hydrogen sulfide and toluene in accordance with the OND-86 methodology. The categories of the object (landfill) are determined by the effect of its emissions on atmospheric air.

Keywords: solid household waste (MSW), landfill, landfill gas, dispersion, atmosphere, sanitary protection zone (SPZ).

Полигоны твердых бытовых отходов (далее ТБО) являются экологическим и санитарно-гигиеническим опасным источником для объектов окружающей природной среды. По данным ГУП «Хочагии манзилию коммуналий» ежегодно в Таджикистане образуется более 1.5 – 2.0 млн. тн. ТБО, без учёта

отходов, образующихся в селской местности. Только за сутки в г. Душанбе образуется, примерно до 480 тн. ТБО [1-3].

Образование свалочного газа на полигоне ТБО зависит от климатических и геологических условий места расположения полигона, морфологического и химического состава завозимых отходов, условий складирования (площадь, объем, глубина захоронения), влажности отходов, их плотности и другие факторы. При длительном хранении ТБО на полигоне, отходы подвергаются физико-химическим и биохимическим превращениям с образованием и выделением вредных веществ [5,7].

Расчетное определение количества и состава свалочного газа, образующегося на полигоне ТБО г. Душанбе изучали по утвержденным методикам [5-7]. Расчёты образования свалочного газа для полигона ТБО г. Душанбе подробно описаны в статье [4]. Общая характеристика свалочного газа и результаты вычислений представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Общие характеристики свалочного газа на полигоне ТБО г. Душанбе

| Показатели | Значения |
|--|----------|
| Удельный выход газа с полигона ТБО за год (Q_{t_2} , кг/кг отходов) | 0.179 |
| Период полного сбраживания органической части отходов ($t_{сбр}$, лет) | 12 |
| Количественный выход газа из 1 тн. ТБО в год (Руд, кг/т) | 4.77 |
| Плотность свалочного газа, $кг/м^3$ | 0.95 |

Таблица 2

Результаты расчётов образующегося свалочного газа на полигоне ТБО

| № | Загрязняющие вещества | Класс опасности | ПДК м.р., $мг/м^3$ | Суммарный выброс вещества (2010 г.) | |
|---|-----------------------|-----------------|--------------------|-------------------------------------|--------|
| | | | | г/с | т/год |
| 1 | Метан | ОБУВ | - | 52.08 | 1575.5 |
| 2 | Диоксид углерода | 4 | 5.0 | 44.03 | 1331.0 |
| 3 | Азота диоксид | 3 | 0.4 | 0.11 | 3.304 |
| 4 | Аммиак | 4 | 0.2 | 0.52 | 15.77 |
| 5 | Ангидрид сернистый | 3 | 0.5 | 0.07 | 2.048 |
| 6 | Сероводород | 2 | 0.008 | 0.026 | 0.774 |
| 7 | Толуол | 3 | 0.6 | 0.71 | 21.43 |

Анализ имеющихся данных о морфологическом составе ТБО в г. Душанбе показал, что с каждым годом непрерывно повышается доля органической составляющей (в основном пищевой) в отходах. Поэтому расчет выбросов свалочного газа целесообразно проводить для условий стабилизированного процесса разложения отходов при максимальном выходе свалочного газа.

Расчет рассеивания вредных веществ в атмосфере в период эксплуатации полигона ТБО г. Душанбе выполнен по методике ОНД-86 [8].

Расчеты рассеивания выполнены по аммиаку, сероводороду и толуолу, для наиболее опасной скорости ветра (5 м/с) без учёта фонового загрязнения.

Максимальные приземные концентрации определялись в расчетном прямоугольнике, который охватывает всю территорию площадки полигона, приле-

гающую санитарно-защитной зоны (далее СЗЗ) в размере 500 м, а также территорию за пределами СЗЗ в размере 100 м. Размер расчетного прямоугольника 1000 × 1500 м с шагом сетки 100 × 100 метров и высота исчисления концентрации 2,0 метра.

Анализ результатов расчётов рассеивания представлен в таблице 3.

Таблица 3

Результаты расчетов рассеивания

| Код вещества | Загрязняющее вещество | См. на границе полигона ТБО, мг/м ³ | См. на границе СЗЗ-500 м, мг/м ³ | Хм. (м) |
|--------------|-----------------------|--|---|---------|
| 0303 | Аммиак | 0.11 | 0.05 | 576 |
| 0333 | Сероводород | 0.14 | 0.06 | 576 |
| 0621 | Толуол | 0.05 | 0.02 | 576 |

В результате анализа расчётов рассеивания (табл. 3) установлено, что максимальные приземные концентрации газо-парообразного аммиака и толуола на территории полигона ТБО не превышают ПДК м.р. в том числе на границе СЗЗ. Результаты расчёта рассеивания показывают минимальное превышения концентрации сероводорода на границе нормативной СЗЗ (0.06 мг/м³), что свидетельствует о возможности расширения размеров СЗЗ либо принятие профилактические меры по заболеваемости населения, попадающие в зону воздействия вблизи полигона.

Для нормирования воздействия загрязняющих веществ на атмосферный воздух и определения размеров СЗЗ рассчитываем категорию опасности объекта (далее КОО). Согласно Рекомендаций по делению предприятий на категории опасности в зависимости от массы и видового состава выбрасываемых в атмосферу веществ» при расчете использована формула:

$$КОО = \sum (Mi/ПДКс.с.)^{Li}$$

где, Mi – масса выброса i-го загрязняющего вещества, т/год;

ПДКс.с. – среднесуточная предельно-допустимая концентрация i-го вещества, мг/дм³;

Li – безразмерная константа, позволяющая соотнести степень вредности i-го вещества с вредностью сернистого ангидрида [29]. Значение Li определяется по данным таблица 4.

Таблица 4.

Классы опасности загрязняющих веществ

| | Класс опасности загрязняющего вещества | | | |
|---------------|--|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Константа, Li | 1.7 | 1.3 | 1.0 | 0.9 |

Расчет категории опасности предприятия (КОП) при эксплуатации полигона ТБО в таблице 5. По полученному значению КОО определяем категорию опасности объекта, руководствуясь таблицей 6.

Таблица 5

Расчет категории опасности объекта (КОО) в период эксплуатации полигона

| № | Загрязняющее вещество | Класс опасности | Li | ПДК с.с., мг/м ³ | Mi, т/год | КОО |
|---|-----------------------|-----------------|-----|-----------------------------|-----------|--------|
| 1 | Аммиак | 4 | 0.9 | 0.04 | 15,77 | 216.86 |
| 2 | Сероводород | 2 | 1.3 | 0.008 | 0,774 | 383.93 |
| 3 | Толуол | 3 | 1.0 | 0.06 | 21,43 | 357.16 |
| | ИТОГО | | | | | 957.95 |

Таблица 6

Оценка категорий опасности объектов

| Значение КОП | Категория опасности объекта |
|---|-----------------------------|
| КОО>100 000, S _з >5км ² | 1 |
| КОО>100 000 | 2 |
| КОО<100 000 | 3 |
| КОО<1 000 | 4 |

Согласно полученному значению КОО, объекту присуждается 4 категория опасности.

Согласно санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам Сан-ПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03, размер санитарно-защитной зоны (СЗЗ) для полигона ТБО может корректироваться с учётом преобладающего направления рассеивания свалочного газа по воздуху. Поэтому организация СЗЗ в 1000 м обусловлена не превышением максимальных концентраций загрязняющих веществ на границе СЗЗ путем рассеивания свалочного газа. Однако в настоящее время вблизи полигона ТБО находится жилой застройки, который попадают в санитарную зону полигона.

Таким образом, согласно расчёт рассеивания загрязняющего вещества, границу СЗЗ для полигона ТБО предлагается принять как нормативную, шириной более 700 м от границы полигона, т.к. на основании данных, полученных расчетным путем ($X_m=576$ м), максимальные концентрации на данном расстоянии ожидаются менее ПДК_{м.р.}.

За период эксплуатации полигона ТБО г. Душанбе можно сделать следующие выводы:

- полигон ТБО загрязняет атмосферного воздуха и окружающей среды, за счёт ветрового выноса и рассеивание свалочного газа с территории полигона;
- на территории полигона ТБО находится жилой застройки и образующегося свалочного газа для здоровья населения представляет опасность, однако их концентрации не входят за рамки ПДК;
- полигон ТБО требуют план экологического мониторинга и строительства систем сбора и утилизации свалочного газа для обеспечения безопасности эксплуатации полигона.

Литература:

1. Бобоев Х.Б., Назаров Ш.Б., Насруллоев Ф.Х. Анализ существующей ситуации в обращении с промышленными и твёрдыми бытовыми отходами в Республике Таджикистан // Известия АН РТ. 2019. №1(174). С. 151-157.

2. Бобоев Х.Б., Кобулиев З.В., Дододжанов М.А. Методическое указания для практических занятий «Физико-химические и теплотехнические свойства твёрдых бытовых отходов». Душанбе, ТТУ, 2011 г. 31 с.

3. Бобоев Х.Б., Гулахмадов Х.Ш., Дододжанов М.А. Методические указания для практических занятий «Мониторинг состояния ОС на полигоне ТБО» // Душанбе, ТТУ, 2012 г. – 39 с.

4. Бобоев Х.Б., Назаров Ш.Б., Иброхимов С.Ж. Определение количества и состава биогаза, образующегося на полигоне ТБО г. Душанбе. // ДАН АН РТ. Серия естественных наук. 2018/№3 (172), С. 91-98.

5. Методика расчёта количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от полигонов твёрдо бытовых и промышленных отходов. М., 2004.

6. Методика исследования свойств твердых отбросов / Акад. коммун. хоз-ва им. К.Д. Памфилова. – М.: Стройиздат, 1970. – 46 с.

7. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от 24.12.2004 № 14-01-333. - Спб:НИИ Атмосфера, 2002. - 82 с.

8. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. – Л., Гидрометеоздат, 1987. – 93 с.

УДК 504.3.054

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОСТРОЕНИЯ НЕЧЕТКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ С УЧЕТОМ КАЧЕСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ

Кремлева Э.Ш., старший преподаватель
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ»

Аннотация: Развитие систем поддержки принятия решений (СППР) связано главным образом с развитием возможности средств вычислительной техники, которая позволяет не только производить обработку информации, но и предоставлять результаты в удобном для лица, принимающего решения, виде. Последнее обстоятельство во многом определяет эффективность применения полученных от СППР рекомендаций на практике.

Ключевые слова: системы поддержки принятия решений, инновационные информационные технологии, системы Такаги-Сугено и Мамдани

DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF AUTOMATIC CONSTRUCTION OF A FUZZY MODEL FOR A DECISION SUPPORT SYSTEM TAKING INTO ACCOUNT HIGH-QUALITY INFORMATION

Kremleva E.S., senior lecturer

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

Annotation: The development of decision support systems (DSS) is mainly associated with the development of the capabilities of computer technology, which allows not only to process information, but also to provide results in a convenient form for the decision-maker. The latter circumstance largely determines the effectiveness of the application of the recommendations received from the DSS in practice.

Keywords: decision support systems, innovative information technologies, Takagi-Sugeno and Mamdani systems

Система поддержки принятия решений (СППР) включает в себя правила принятия решений и соответствующие модели с базами данных, а также интерактивный компьютерный процесс моделирования.

Основу СППР составляет комплекс взаимосвязанных моделей с соответствующей информационной поддержкой исследования, экспертные и интеллектуальные системы, включающие опыт решения задач управления и обеспечивающие участие коллектива экспертов в процессе выработки рациональных решений.

Существует множество классификаций СППР:

1. Классификация, основанная на принципах человеко-машинного взаимодействия. СППР подразделяются на пассивные, активные и кооперативные.

- Пассивной СППР называется система, которая помогает процессу принятия решения, но не может вынести предложение, какое решение принять.
- Активная СППР может сделать предложение, какое решение следует выбрать.
- Кооперативная позволяет ЛПР изменять, пополнять или улучшать решения, предлагаемые системой, посылая затем эти изменения в систему для проверки. Система изменяет, пополняет или улучшает эти решения и посылает их опять пользователю. Процесс продолжается до получения согласованного решения.

2. Классификация, основанная на концепции приложения СППР:

- СППР, управляемые сообщениями (Communication-Driven DSS, ранее групповая СППР - GDSS), поддерживает группу пользователей, работающих над выполнением общей задачи;
- СППР, управляемые данными (Data-Driven DSS), или СППР, ориентированные на работу с данными (Data-oriented DSS), в основном ориентируются на доступ и манипуляции с данными;
- СППР, управляемые документами (Document-Driven DSS), управляют, осуществляют поиск и манипулируют неструктурированной информацией, заданной в различных форматах;

- СППР, управляемые знаниями (Knowledge-Driven DSS), обеспечивают решение задач в виде фактов, правил, процедур;

- СППР, управляемые моделями (Model-Driven DSS), характеризуются в основном доступом и манипуляциями с математическими моделями (статистическими, финансовыми, оптимизационными, имитационными);

- некоторые OLAP-системы, позволяющие осуществлять сложный анализ данных, могут быть отнесены к гибридным СППР, которые обеспечивают моделирование, поиск и обработку данных.

3. Классификация, основанная на технической реализации СППР [24].

- СППР всего предприятия подключена к большим хранилищам информации и обслуживает многих менеджеров предприятия.

- Настольная СППР - это малая система, обслуживающая лишь один компьютер пользователя.

4. Классификация, основанная на данных, с которыми работают СППР.

- Оперативные СППР, или Executive Information Systems (EIS), предназначены для немедленного реагирования на изменения текущей ситуации в управлении финансово-хозяйственными процессами компании.

- Стратегические СППР, или Decision Support System (DSS), ориентированы на анализ значительных объемов разнородной информации, собираемой из различных источников.

Анализ современных подходов к построению СППР показывает, что большинство методов разрабатываются для обработки исключительно количественных данных. В условиях постоянно увеличивающегося потока информации, и, следовательно, объемов данных, требующих анализа, специалист предметной области, использующий СППР для конкретных решений по управлению, постоянно сталкивается с необходимостью адекватной интерпретации полученных результатов. Решением возникшей проблемы может стать построение интеллектуальных СППР, способных учитывать человеческий способ восприятия информации – в виде слов на естественном языке. То есть для устранения опасности возникновения семантических разрывов специалист, принимающий решение, должен получать рекомендации на естественном языке в терминах знакомой ему предметной области. СППР такого гибридного типа будут представлять собой сплав экспертной и интеллектуальной систем.

Самый естественный способ учета мнений специалистов-экспертов в математической модели – их непосредственное привлечение для ее построения. Однако, не являясь специалистами в математическом моделировании, эксперты должны принимать участие в генерации модели на уровне указаний, оценок и рекомендаций. В соответствии с таким подходом, СППР строятся на основе синергетического подхода, объединяющего в себе строгие математические методы и экспертные решения группы специалистов конкретной предметной области. Полученные в результате модели способны обобщать не только количественную, но и качественную неформализуемую информацию, что отражается на этапе ее построения и обучения [1-4].

На этапе эксплуатации модель способна работать полностью в автомати-

ческом режиме, без привлечения человека, и представляет собой эффективный аппарат ППР для областей с вербальными критериями принятия решений. Новые перспективы для СППР открывает использование моделей и методов искусственного интеллекта, таких как искусственные нейронные сети и аппарат нечетких множеств. Анализ существующих классификаций систем поддержки принятия решений показал, что наиболее перспективными являются СППР типа Data Mining, позволяющие получать новые знания из информации с применением средств ИИ. Особенно эффективно использование СППР с элементами искусственного интеллекта в тех областях, где решения принимаются на основе качественных оценок объектов или сложившейся ситуации. В частности, при решении задач экологической безопасности специалисты предметной области принимают решения о необходимости проведения тех или иных природоохранных мероприятий на основании качественных оценок природных объектов. Следовательно, качественная информация должна быть учтена при разработке алгоритмов СППР в сфере экологии. Однако, проведенный анализ существующих систем поддержки принятия решений показал, что в современных СППР слабо реализована возможность учета в моделях качественной информации, что часто приводит к снижению эффективности систем из-за неправильной интерпретации количественного ответа системы (возникновения семантических разрывов).

В связи с этим актуальной научно-технической задачей является разработка специальных моделей, методов и алгоритмов на основе нейронных сетей и нечеткой логики для возможности создания систем поддержки принятия решений с учетом качественной информации. Ключевым моментом учета качественной информации в системах поддержки принятия решений является возможность адекватного качественного оценивания объектов в терминах предметной области [5-9].

Для решения сформулированной задачи предложено строить модели качественной оценки объектов двумя альтернативными способами: с привлечением экспертов-аналитиков на этапе создания модели; и полностью автоматически, опираясь лишь на имеющиеся данные, в том числе и качественные. Для реализации предложенного подхода необходима разработка моделей, методов и программных средств с использованием теоретических основ искусственного интеллекта, позволяющих строить множественные нелинейные регрессионные зависимости, учитывать качественные и количественные данные об экологических объектах и вырабатывать рекомендации для принятия управленческих решений на их основе.

С учетом постановки задачи, имеющиеся в распоряжении исследователей данные представляют собой вещественные многомерные кортежи вида:

| | | | | |
|-----|--|---------------------|------|------------------|
| | Структура исходных данных для генерации модели ППР | | | |
| | Параметр системы №1 | Параметр системы №2 | | Параметр системы |
| № n | Выходной параметр системы | | | |
| | x1 | x2 | xn | y |
| | Качественная интерпретация A1 | A2 | An | B |

Здесь:

y – измеренная, или однозначно вычисляемая на основании значений x_i , РЕШАЮЩАЯ количественная величина, на основании значения которой даются качественные рекомендации системой ППР

x_i – измеренные количественные параметры системы, от которых зависит РЕШАЮЩАЯ величина y . Зависимость y от x_i может быть как явной, заданной в виде формального описания, так и неявной.

A_i – известные качественные выражения количественных параметров x_i (вербальные определения параметров в технической документации, нормативных актах, инструкциях и т.п.).

B – искомое качественное выражение решающего параметра y . Именно это качественное значение (в виде лексической переменной) будет являться ответом СППР с элементами человеческого восприятия информации.

Из этого следует, что задачу создания рекомендуемой модели с вербальным выходом следует решать в два этапа:

1. Определение решающего параметра y в виде количественного значения.
2. Анализ полученного результата и его интерпретация в виде качественной оценки.

Так как вычисление значения y следует проводить с учетом качественных интерпретаций A_i значений x_i , в данном случае невозможно применить такие методы вычислений, как построение модели регрессии вида

$y=f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, где M – количество кортежей в наборе, x_k – конкретные значения параметров для k -того набора данных, y_k – конкретное значение выходной величины y для k -того набора данных

Так как необходимо сформировать модель, способную, с одной стороны, обрабатывать количественные значения параметров системы, а с другой – качественно их интерпретировать, то для решения поставленной задачи наилучшим решением будет являться аппарат нечеткой логики, в которой параметры для расчетов задаются в качественной форме и интерпретируются в виде количественного значения некоторой функции-преобразователем.

Переменные, задаваемые словами, были впервые предложены и описаны Лофти Заде в 1965 году. Он назвал их «лингвистическими» переменными. Лингвистические переменные описывают качественное, т.е. нечеткое отражение человеком окружающего мира. Для того чтобы лингвистические переменные стали полноправными математическими объектами, потребовалось расширить одно из базовых понятий математики – понятие множества. Для этого было введено определение нечеткого множества и разработана теория нечетких множеств, включившая в себя обычные множества как частный случай.

Расчет параметра y , как количественной оценки, удобнее всего проводить на основе системы нечеткого логического вывода Такаги-Сугено-Канга (TSK). В системе Такаги-Сугено правые части правил задаются в виде детерминированных линейных функций входных параметров x_i , операция дефаззификации представляет собой вычисление взвешенного среднего с весами, пропорциональными степени срабатывания каждого правила. Для формирования правых

частей, представляющих собой линейные многочлены параметров x_i , целесообразно применить способ линейной многомерной регрессии.

Для последующего уточнения регрессионных коэффициентов, а также параметров функций принадлежности левых частей правил, необходимо воспользоваться возможностью представления системы TSK в виде нечеткой нейронной сети с ее последующим обучением.

Качественную интерпретацию параметра y , как лингвистической переменной, удобнее всего проводить на основе системы нечеткого логического вывода Мамдани, в которой правые части задаются в виде условия принадлежности выходной переменной к одному из нечетких значений, композиция представляет собой операцию логического ИЛИ, а дефаззификация – определения центра тяжести результирующей интегральной функции принадлежности. Был разработан численный метод для такого преобразования с последующей вербальной интерпретацией. Сегодня наибольшее распространение получили две системы нечеткого логического вывода: система Такаги-Сугено и система Мамдани. Основное отличие таких систем в формировании правых частей правил вывода. Если система Сугено выдает четкий (количественный) результат в виде значения линейной функции, то система Мамдани в правых частях выводов содержит нечеткие правила принадлежности выходной переменной заданному множеству – вербальному (качественному) описанию выходной переменной.

Т.е. если в системе Сугено присутствуют нечеткие правила вида:

$$\langle \text{Если } (x_1 \in A_{1j}) \text{ И } (x_2 \in A_{2j}) \text{ И } \dots (x_n \in A_{nj}) \text{ ТО } (1) \\ y = b_{j0} + b_{j1} * x_1 + b_{j2} * x_2 + \dots b_{jn} * x_n \rangle \quad j=1,2,\dots,m;$$

где x_i – четкие значения нечетких переменных, A_{ij} – нечеткие множества, b_{ji} - некоторые числа.

В системе Мамдани те же правила будут иметь вид:

$$\langle \text{Если } (x_1 \in A_{1j}) \text{ И } (x_2 \in A_{2j}) \text{ И } \dots (x_n \in A_{nj}) \text{ ТО } y \in C_j \rangle, \quad j=1,2,\dots,m; \quad (2)$$

Система Сугено (1) как механизм вычисления является предпочтительной, так как позволяет производить настройку (обучение) всего алгоритма методами обучения нечетких нейронных сетей. Однако при этом ответ системы всегда численный, и интерпретировать его в лингвистической форме не представляется возможным.

Не смотря на то, что вывод системы Мамдани получается дальнейшей дефаззификацией качественных переменных в его правых частях, и в классической форме также является числовым, сам подход задания правых частей правил в виде нечетких термов наводит на мысль о возможности использования системы Мамдани для получения качественного результата, то есть словесного описания результата вычислений.

В этом случае встает задача создания двух идентичных систем, Сугено и Мамдани, для одних и тех же входных данных. При этом:

1) Число входных переменных системы Мамдани совпадает с числом входов Такаги-Сугено.

2) Все нечеткие термы и их функции принадлежности системы Такаги-

Сугено и Мамдани идентичны.

3) Все правила логического вывода Такаги-Сугено и системы Мамдани одинаковы.

4) Число нечетких термов выходной переменной системы Мамдани и Такаги-Сугено совпадают. Для каждого нечеткого терма выходной переменной необходимо задать собственную функцию принадлежности.

5) Основная проблема заключается в задании правых частей правил нечеткого вывода обеих систем. Известно, что модели типа Мамдани и типа Сугено будут абсолютно идентичными только тогда, когда заключения правил заданы четкими числами, т. е. в случае, если:

- Термы выходной переменной в модели типа Мамдани задаются синглтонами - нечеткими аналогами четких чисел. В этом случае степени принадлежности для всех элементов универсального множества равны нулю, за исключением одного со степенью принадлежности равной единице;

- Заключения правил в базе знаний модели типа Сугено заданы функциями, в которых все коэффициенты при входных переменных равны нулю.

В случае, когда системы Такаги-Сугено и Мамдани имеют произвольный вид, невозможно построить две совершенно идентичные системы этих типов. Однако можно построить две системы, в некотором смысле «близкие» друг другу. Близость понимается как одинаковый четкий ответ двух систем в случае дефазификации ответа системы Мамдани.

Если система Мамдани уже построена, то получить из нее аналогичную систему Сугено довольно просто. В некоторых математических пакетах существуют даже встроенные функции для такого преобразования (например, MathLab имеет функцию `tam2sug`). Однако подобное обратное преобразование, когда правые части системы Сугено уже заданы, и требуется разработать правые части вывода аналогичной системы Мамдани, невозможно.

Итак, встает задача разработки численного метода преобразования линейных многочленов правых частей правил системы Такаги-Сугено в функции принадлежности правых частей (выходной переменной) системы Мамдани.

Запишем значение выходной переменной для системы логического вывода Такаги-Сугено с заданными линейными правыми частями правил:

$$y = \frac{\sum_{j=1}^M w_j y_j}{\sum_{j=1}^M w_j} \quad (3)$$

Здесь: w_j - вес j -того правила при подаче на вход системы четкого набора данных $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$; y_j - правая часть j -того правила (линейный многочлен). При этом:

$$w_j = \prod_{i=1}^N \mu_i^j(x_i) \quad (4)$$

$$y_j = \sum_{i=1}^N t_i^j x_i + t_0^j \quad (5)$$

где $\mu_i^j(x_i)$ - функции принадлежности входных переменных, определенные в виде гауссианов с параметрами a_i^j и σ_i^j , j – номер правила вывода, i – индекс нечеткого термина в правиле:

$$\mu_i^j(x_i) = \exp \left[- \left(\frac{x_i - a_i^j}{\sigma_i^j} \right)^2 \right] \quad (6)$$

Тогда окончательно выходную переменную можно определить как:

$$y = \frac{\sum_{j=1}^M \left(\sum_{i=1}^N t_i^j x_i + t_0^j \right) \prod_{i=1}^N \exp \left[- \left(\frac{x_i - a_i^j}{\sigma_i^j} \right)^2 \right]}{\sum_{j=1}^M \prod_{i=1}^N \exp \left[- \left(\frac{x_i - a_i^j}{\sigma_i^j} \right)^2 \right]} \quad (7)$$

Именно при таком способе задания алгоритма Такаги-Сугено он является универсальным аппроксиматором.

Естественно было бы определить такую систему нечеткого вывода типа Мамдани, которая, с одной стороны, была бы по возможности идентична системе Такаги-Сугено, а с другой – также являлась универсальным аппроксиматором. Идентичность двух систем естественно понимать в «близости» значений выходной переменной при одинаковых значениях входных параметров. При этом стоит учесть, что система Мамдани, в отличие от Такаги-Сугено, выдает нечеткий результат, который на завершающем этапе необходимо привести к четкости (дефаззифицировать). То есть способ дефаззификации будет существенным образом влиять на ответ системы, а, следовательно, и на степень ее «близости» к системе Сугено.

Система типа Мамдани является универсальным аппроксиматором, если используется стандартный набор правил вида:

Если $(x_1^j$ есть A_1^j) и $(x_2^j$ есть A_2^j) и ... $(x_N^j$ есть A_N^j), ТО $(y^j$ есть C^j)
при

1. гауссовских функций принадлежности входных переменных:

$$\mu_{A_i}^j(x_i) = \exp \left[- \left(\frac{x_i - a_i^j}{\sigma_i^j} \right)^2 \right] \quad (8)$$

2. гауссовской функции принадлежности выходной переменной:

$$\mu_{C^j}^j(x_i) = \exp \left[- \left(\frac{x_i - c^j}{\sigma_c^j} \right)^2 \right] \quad (9)$$

3. композиции в виде произведения:

$$[A_i(x_i) \text{ and } A_j(x_j)] = A_i(x_i)A_j(x_j),$$

4. импликации в форме Ларсена:

$$[A_i(x_i) \text{ and } A_j(x_j)] \Rightarrow C_i(y) = A_i(x_i)A_j(x_j)C_i(y),$$

5. центроидном методе приведения к четкости:

$$y = \frac{\sum_{j=1}^M c^j \prod_{i=1}^N \exp \left[- \left(\frac{x_i - a_i^j}{\sigma_i^j} \right)^2 \right]}{\sum_{j=1}^M \prod_{i=1}^N \exp \left[- \left(\frac{x_i - a_i^j}{\sigma_i^j} \right)^2 \right]} \quad (10)$$

где c^j - центры функций принадлежности выходной переменной.

Существуют и другие способы задания систем Мамдани, обладающих свойствами универсальных аппроксиматоров.

Таким образом, если система Такаги-Сугено функционирует согласно формуле (7), а система Мамдани – согласно формуле (10), то обе они будут являться универсальными аппроксиматорами.

Литература:

1. Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику. Винница: Издательство винницкого государственного технического университета, 2001. - 198 с.

2. Holsapple C. W., Whinston A. B. Decision Support Systems: A Knowledge-based Approach. Minneapolis: West Publishing Co., 1996.

3. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Новикова С.В., Шмакова Ю.А. Оценка вероятности превышения приземных концентраций примесей в зонах действия полимерных производств (на примере г. Нижнекамска). Сообщение 1/Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 16. С. 111-114.

4. Тунакова Ю.А., Новикова С.В., Шагидуллин А.Р., Валиев В.С. Антонио Хосе Мораис Подходы для оценки и управления качеством компонентов урбо-экосистемы с помощью методов нейросетевого моделирования//Журнал теоретической и прикладной экологии, 2019, № 4, С. 16-21.

5. 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.

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

7. Тунакова Ю.А., Новикова С.В., Шагидуллина Р.А., Кремлева Э.Ш. Роль качественных оценок в задачах экологического управления в зонах действия полимерных производств // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 20. С. 276-279.

8. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Новикова С.В. Методология определения нормативов качества для приоритетных загрязняющих веществ//Вестник НЦБЖД. 2014. № 1 (19). С. 122-127.

9. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Новикова С.В., Кремлева Э.Ш. Роль качественных оценок в задачах экологического управления в зонах дей-

ствия полимерных производств. // Вестник Казанского технологического университета. 2013, №20, с. 276-280.

УДК 624.012

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДОВ

Тунакова Ю.А.¹, доктор химических наук, профессор;

Новикова С.В.¹, доктор технических наук, профессор;

Шагидуллин А.Р.², к.ф.-м.н., с.н.с.;

Морайш (Иванова) С.Ю.³, аспирант

¹ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
(г. Казань, Российская Федерация)

² Институт проблем экологии и недропользования АН РТ
(Казань, Российская Федерация)

³ УрГАХУ - Уральский государственный архитектурно-художественный университет
(г. Екатеринбург, Россия)

Аннотация. Предложен и обоснован подход для эффективного планового управления застройкой на урбанизированной территории на основе поэтапного применения интеллектуальных алгоритмов для зонирования территории. Предлагаемые подходы предназначены для систем принятия природоохранных решений с целью разработки стратегии планового экологичного хозяйственного освоения урбанизированной территории.

Ключевые слова: архитектурно-конструктивные системы, экологическая безопасность территорий, нейросетевые технологии

USE ARCHITECTURAL AND DESIGN SOLUTIONS TO ENSURE THE ECOLOGICAL SAFETY OF THE TERRITORIES OF THE CITIES

Tunakova Yu.A.¹, doctor of chemical sciences, professor;

Novikova S.V.¹, doctor of technical sciences, professor;

Shagidullin A.R.², Ph.D., senior researcher laboratory of applied ecology;

Moraysh (Ivanova) S.Y.³, PhD student

¹ Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI
(Kazan, Russian Federation)

² Institute of Ecology and Subsoil Use of the Academy of Sciences
of the Republic of Tatarstan
(Kazan, Russian Federation)

Annotation. An approach for effective planned management of development in an urbanized area based on the phased application of intelligent algorithms for zoning the territory is proposed and justified. The proposed approaches are intended for environmental decision-making systems in order to develop a strategy for planned eco-friendly economic development of an urbanized territory.

Keywords: architectural and structural systems, environmental safety of territories, neural network technologies

Снижение негативного воздействия антропогенной деятельности на урбанизированных территориях реализуется при создании экологически безопасной городской среды. Существует научное направление - "градостроительная экология", которая изучает – архитектурно-планировочные закономерности регулирования взаимодействия человека и природы, антропогенной и природной среды с целью создания благоприятных условий для их сохранения, воспроизводства и совместного гармоничного развития [1]. Объекты градостроительной экологии представляют собой пространственные системы разного уровня. С одной стороны эта система районной и микрорайонной планировки. С другой стороны- планировочные, конструктивные и конструктивно-планировочные элементы зданий. Предметом градостроительной экологии является исследование процессов взаимодействия в системе «человеческая деятельность – окружающая среда на урбанизированной территории».

Обеспечение экологической безопасности городской среды основывается на последовательном решении взаимосвязанных задач, учитывая при этом особенности местности:

- планирование экологической совместимости города, как развивающейся социально-экономической системы, с окружающей природной средой;
- градостроительно - функциональное зонирование территории города и разработка ее архитектурно-планировочных решений;
- оценка динамики показателей экологического состояния локальных участков территорий;
- проектирование строительных систем с учетом факторов окружающей среды, влияющих на качество формируемой среды обитания;
- разработка средозащитных мероприятий, обеспечивающих выполнение требований к безопасности среды обитания.

На первом этапе для формирования стратегических планов дальнейшего хозяйственного освоения территории необходимо осуществить зонирование этой территории, что позволяет интегрировать и обобщить множество факторов в виде единой характеристики, незаменимой при разработке плановых управленческих решений. Наибольшие перспективы имеет объединение различных научных областей знания для решения задач зонирования урбанизированной территории [2-5].

Для решения данной проблемы предлагается использовать разработан-

ную авторами методику поэтапной (каскадной) кластеризации, названную еметодикой каскадной фильтрации. Разработанная методика отличается от стандартной кластеризации повышением точности, которое достигается многократной декомпозицией данных неким алгоритмом кластеризации для тех групп данных, детализация в которых недостаточна.

Степень детализации каждой группировки после очередного этапа кластеризации может быть оценена точными математическими (статистическими) методами, либо экспертно. В последнем случае эксперт на основании анализа входящих в кластер объектов на основании собственного опыта делает вывод, насколько, с его точки зрения, алгоритм адекватно распределил участки урбанизированной территории в группы по уровню их загрязнения. В данной работе использован экспертный метод оценки, где под «однородностью» и «неоднородностью» эксперт подразумевает компактность локализации выбранных в кластер точек по территории, то есть, вектором, задающим степень однородности, является их пространственная локализация.

На первом этапе все данные априорно относятся к единому кластеру (группе). Если, по мнению эксперта, данные в кластере на самом деле не являются однородной группой, производится разбиение группы на заданное число кластеров. Таким образом, формируются кластеры первого уровня каскада. Далее эксперт анализирует данные в каждом из выделенных кластеров (групп). Если в какой-то из групп вновь обнаружится выраженная неоднородность, то эти группы также кластеризуются. В результате формируются кластеры второго уровня каскада, детализация в которых выше, чем в первом уровне. Анализ полученных в результате кластеризации групп и их дальнейшая кластеризация (формирование уровней каскада с повышением степени детализации) продолжается до тех пор, пока для всех выделенных групп не будет достигнута приемлемая (по мнению эксперта) степень однородности. В качестве эксперта может выступать как человек – специалист предметной области, так и автомат или алгоритм, оценивающий степень однородности данных в группе методами статистического анализа. В первом случае эксперт на основании анализа входящих в кластер объектов (в данном случае, топологических точек на карте города) и собственного опыта делает вывод, насколько, с его точки зрения, алгоритм адекватно распределил точки в кластеры по уровню их загрязнения.

Разработанная методика отличается от стандартной повышением точности, то есть качества кластеризации. Увеличение точности достигается многократной декомпозицией данных.

Тесты показали, что и для данных, изначально топологически образующих плотные группы, и для данных с изначально смешанной, существенно неоднородной структурой, наилучшие результаты по точности демонстрирует алгоритм нейронных самоорганизующихся сетей Кохонена (SOM-карт). Именно этот алгоритм был нами отобран для построения модели каскадной нейросетевой фильтрации. Данный алгоритм анализирует ряды распределений исследуемых параметров и выделяет зоны (локации), различающиеся интенсивностью исследуемых параметров. Данный подход был апробирован на территории

г. Нижнекамска.

Для зонирования территории г. Нижнекамска с целью выделения кластеров по уровню загрязнения воздуха использовались результаты систематических наблюдений за содержанием приоритетных загрязняющих веществ (ЗВ), входящих в перечень веществ, подлежащих систематическому контролю на стационарных и маршрутных постах: диоксид азота; оксид азота; аммиак; оксид углерода; углеводороды C1-C10 суммарные; серы диоксид; сероводород; толуол.

Для зонирования использовались экспериментальные измерения перечисленных приоритетных примесей в 17-и контрольных точках в период 2019 - 2020 гг:

1. г. Нижнекамск, 36 микрорайон (мкр.), пр. Химиков, 2;
2. г. Нижнекамск, пересечение пр. Вахитова и пр. Мира;
3. г. Нижнекамск, пересечение пр. Строителей и ул. Вокзальной;
4. г. Нижнекамск, ул. Сююмбике, 54;
5. Нижнекамский промышленный узел (НПУЗ), в районе АО «Нижнекамский завод технического углерода» (АО «НЗТУ»);
6. г. Нижнекамск, пересечение пр. Вахитова и ул. Спортивной;
7. г. Нижнекамск, пересечение ул. Менделеева и ул. Мурадыяна;
8. н.п. Прости, Нижнекамский муниципальный район (НМР), начало жилого массива;
9. НПУЗ, Граница между ПАО «Нижнекамскнефтехим» (ПАО «НКНХ») и ПАО «Нижнекамскшина» (ПАО «НШЗ»);
10. НПУЗ Пересечение Соболековской трассы и объездной дороги;
11. п. Строителей НМР, ул. Грушевая;
12. г. Нижнекамск, биологические очистные сооружения ПАО «НКНХ», граница санитарно-защитной зоны;
13. г. Нижнекамск, кольцо на пересечении пр. Химиков и пр. Строителей;
14. г. Нижнекамск, пересечение пр. Строителей и пр. Мира;
15. г. Нижнекамск, ул. Р. Гайнуллина, 10;
16. н.п. Б. Афанасово, НМР, у мечети;
17. НПУЗ, в районе АО «ТАНЕКО».

Зонирование осуществлялось методом кластерного анализа на основе SOM-карт с применением авторской методики нейросетевой фильтрации [6]. Технически расчеты и визуализация выполнены в аналитическом математическом пакете Deductor Studio версии 4.3.

1 этап зонирования предполагал формирование трех кластеров (зон) с последующим анализом, и дополнительным этапом кластеризации при необходимости. В результате получено следующее распределение точек мониторинга по зонам:

Зона №1 (соответствует Кластеру 0):

1. г. Нижнекамск, 36 мкр., пр. Химиков, 2;
2. г. Нижнекамск, пересечение пр. Вахитова и пр. Мира;
3. г. Нижнекамск, пересечение пр. Строителей и ул. Вокзальной;

4. г. Нижнекамск, ул. Сююмбике, 54;

5. НПУЗ, в районе ОАО «НЗТУ».

Зона №2 (соответствует Кластеру 1):

1. г. Нижнекамск, пересечение пр. Вахитова и ул. Спортивной;

2. г. Нижнекамск, пересечение ул. Менделеева и ул. Мурадыяна;

3. н.п. Прости, НМР начало жилого массива;

4. НПУЗ, граница между ПАО «НКНХ» и ПАО «НШЗ»;

5. НПУЗ, пересечение Соболековской трассы и объездной дороги;

6. п. Строителей НМР, ул. Грушевая;

Зона №3 (соответствует Кластеру 2):

1. г. Нижнекамск, БОС ПАО «НКНХ» граница СЗЗ;

2. г. Нижнекамск, Кольцо на пересечении пр. Химиков и пр. Строителей;

3. г. Нижнекамск, пересечение пр. Строителей и пр. Мира;

4. г. Нижнекамск, ул. Р. Гайнуллина, 10;

5. н.п. Б. Афанасово НМР, у мечети;

6. НПУЗ В районе АО «ТАНЕКО».

Анализ произведен на основе двумерной свертки исходных 8-ми мерных коротежей данных с визуализацией на SOM-картах. Анализ особенностей каждой из выделенных зон позволяет сделать следующие выводы:

1. Кластер №0 включает 5 контрольных точек и характеризуется относительно средним содержанием всех приоритетных загрязняющих веществ. Повышенные содержания в данной зоне имеют оксид углерода (в первую очередь) и оксид азота. Низкие концентрации диоксида азота свидетельствуют о слабой способности атмосферы данной зоны к самоочищению, что подробнее будет рассмотрено в разделе 2. Кроме того, в данной зоне слегка повышено содержание диоксида серы. В целом зону №1 можно охарактеризовать как «зону среднего уровня загрязнения».

2. Кластер №1 включает 6 точек измерения. Содержания приоритетных загрязняющих веществ в данной зоне ниже аналогичных значений в остальных двух (Кластере 0 и Кластере 2). Наблюдается относительно умеренное преобладание содержания диоксида азота над его оксидом, что можно интерпретировать как благоприятный фактор, говорящий о более высокой способности атмосферного воздуха зоны к самоочищению. В целом зону №2 можно охарактеризовать как «зону низкого уровня загрязнения».

3. Кластер №2. Содержит 6 контрольных точек. По сравнению с остальными зонами содержание приоритетных загрязняющих веществ или находится на том же уровне, или повышено. Причем повышения концентраций варьируются от умеренных до ярко выраженных. Значительно повышено содержание диоксида серы, сероводорода, в некоторых точках суммарных углеводородов С1-С10. Характерной чертой кластера можно назвать его неоднородность. Так, в нем присутствуют как точки с самыми высокими, так и самыми низкими содержаниями аммиака и углеводородов. В целом кластер следует охарактеризовать как «зону высокого уровня загрязнения».

Результаты зонирования по уровню экологического территориального

риска могут быть использованы в регулировании планировки и застройки.

Так, в зонах высокого уровня территориального риска не должно планироваться размещение жилой застройки, особенно значимо озеленение территории. В зонах, в которых преобладает влияние стационарных источников выбросов, следует исключить появление новых источников загрязнения. Для зон, которые характеризуются значительным вкладом передвижных источников выбросов необходимо строительство окружных автомобильных дорог, скоростных магистралей для уменьшения транспортных потоков в черте города.

Предлагаемая методика зонирования на основе оценки уровня территориального экологического риска предназначена для повышения эффективности архитектурно-планировочных решений.

Литература:

1. Григорьев В. А. Решение экологических проблем в градостроительных концепциях в период с конца XIX до конца XX вв. // Сибирская архитектурно-художественная школа: Материалы Всероссийск. науч.-практ. конф. (г.Новосибирск, 12 марта 2001). – Новосибирск, 2001. – С. 91.

2. Кулешов А. С. Особенности современного формирования структуры пространства и среды городов // Пром. и гражд. стр-во. – 1996. – № 1. – С. 35.

3. Sprenger J. Environmental Risk Analysis: Robustness Essential for Precaution // Philosophy of Science, 79 (5). 2012. Pp. 881–892.

4. Suter G.W. Ecological Risk Assessment in the United States Environmental Protection Agency: A Historical Overview // Integrated Environmental Assessment and Management. - 2008. Volume 4, Number 3. Pp. 285–289.;

5. Janssen C. Putting ecological realism in environmental risk assessment // Report on 14th Annual CEFIC-LRI Workshop «Evolution or Revolution – Research priorities for future risk assessment». Brussels, 14–15 November 2012.

6. Tunakova, Y. A. Qualitative measure of the environment risk level for the fuzzy control systems of environmental safety / Y. A. Tunakova, S. V. Novikova, A. R. Shagidullin, K. N. Novikova. – Текст: электронный // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – №1703. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1703/1/012046/meta> (дата обращения 28.12.2020).

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| Направление 1. Инженерная защита окружающей среды | 3 |
| <i>Николаева Л.А., Айкенова Н.Е.</i> Применение карбонатного шлама для очистки промышленных сточных вод от фенолов | 3 |
| <i>Васильева М.А., Мингазетдинов И.Х., Тунакова Ю.А.</i> Устройство и принцип работы термокаталитического нейтрализатора с рециркуляцией отработавших газов для снижения образования диоксида азота | 5 |
| <i>Гаджиева В.А., Мирошниченко Ю.С., Мясоедова Т.Н.</i> Сорбционная активность и регенерация сорбентов на основе гуминовых веществ | 9 |
| <i>Галимова А.Р., Мингазетдинов И.Х., Тунакова Ю.А.</i> Центробежно - абсорбционное устройство для очистки воздуха от взвешенных и газообразных загрязняющих веществ | 13 |
| <i>Гаптуллин А.Н., Галимова А.Р.</i> Разработка технологической схемы очистки сточных вод, сочетающей электрокоагуляционную и ионообменную методы | 17 |
| <i>Гоголь Э.В., Чумарова К.С.</i> Управление производственной безопасностью процесса термической утилизации кадмийсодержащих аккумуляторных батарей | 20 |
| <i>Гоголь Э.В., Чумарова К.С.</i> Управление экологической безопасностью процесса термической утилизации кадмийсодержащих аккумуляторных батарей | 24 |
| <i>Графкина М.В., Телишевская А.Л.</i> Совершенствование метода расчета образующихся отходов бурения | 29 |
| <i>Гречина А.С., Степанова С.В.</i> Ликвидация нефтяного пятна с поверхности воды отходами шелухи гречихи | 33 |
| <i>Шайхиев И.Г., Дряхлов В.О., Набиев Р.Р.</i> Применение полимерных мембран для разделения углеводородных эмульсий | 36 |
| <i>Кузнецов М.В.</i> Применение микро- и нанопористых сорбентов на основе стеклотканей, модифицированных привитыми поверхностными соединениями, для предотвращения и ликвидации чрезвычайных ситуаций | 38 |
| <i>Кулебякин С.Д.</i> Снижение выбросов составных компонентов лакокрасочных покрытий - эмалей и растворителей | 41 |
| <i>Мингазетдинов И.Х., Газизова А.Ф., Ткачев Д.О.</i> Комбинированный многотупенчатый центробежно-флотационный сепаратор | 45 |
| <i>Мингазетдинов И.Х., Казахмедов С.Н.</i> Регулируемый винтовой гидроциклон | 50 |
| <i>Мингазетдинов И.Х., Нуртдинов К.Р.</i> Флотационная установка с саморегулированием | 54 |
| <i>Мингазетдинов И.Х., Конюхова С.Д.</i> Разработка устройства для очистки сточных вод от масел, нефти, нефтепродуктов | 56 |

| | |
|---|-----|
| <i>Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Караева Ю.В.</i> Адаптации аспергилла к белому фосфору | 60 |
| <i>Николаева Л.А., Аджигитова А.А.</i> Использование отходов потребления в технологиях очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов | 63 |
| <i>Николаева Е.С., Степанова С.В.</i> Очистка сточных вод нефтехимических предприятий отходами переработки злаковых культур | 68 |
| <i>Осипова И.В., Мингазетдинов И.Х.</i> Напорный фильтр двухстороннего действия с регенерацией | 71 |
| <i>Платонова М.С., Гоголь Э.В.</i> Анализ методов по снижению концентраций диоксинов в выбросах | 73 |
| <i>Платонова М.С., Гоголь Э.В.</i> Потенциальные точки риска формирования диоксинов, как способ повышения эффективности термической утилизации отходов | 78 |
| <i>Тагоев С.А.</i> Выбор электростатического золоуловителя на примере второй очереди душанбинской ТЭЦ-2 | 81 |
| <i>Шумкова И.Н., Шайхиев И.Г., Свергузова С.В.</i> Изменение состава и водопоглощения сорбционного материала на основе отхода водоочистки | 85 |
| <i>Мингазетдинов И.Х., Тунакова Ю.А., Якунин С.А.</i> Разработка мобильной снегоплавильной установки | 88 |
| <i>Гисматуллина А.И., Мальцева С.А., Мингазетдинов И.Х.</i> Расчёт конструктивных и технологических параметров ленточного пресс-фильтра | 94 |
| <i>Гисматуллина А.И., Мальцева С.А., Григорьева И.Г.</i> Техно-экономическое обоснование реагентной очистки сточных вод электрохимического производства от загрязняющих веществ | 98 |
| <i>Желовицкая А.В., Слесарева К.В.</i> Сжиженные углеводородные газы: опасности транспортировки и хранения | 101 |
| <i>Гоголь Э.В., Бурганов А.И.</i> Использование устройства для измельчения углеродистого осадка в процессе подготовки полупродуктов при утилизации бетонных отходов | 105 |
| <i>Гоголь Э.В., Габдрахманова А.И.</i> Способы переработки отработанных литий-ионных аккумуляторов | 107 |
| <i>Гоголь Э.В., Кашина С.К.</i> Автоматизированная вертикальная городская ферма для уменьшения содержания нитратов в сточных водах | 110 |
| <i>Николаева Л.А., Зайнуллина Э.Р.</i> Изучение осушки природного газа отходом энергетики | 113 |
| <i>Тимофеева С.С., Булашева А.А.</i> Фармацевтический мусор в прибайкалье | 116 |
| <i>Добродеев С.Н.</i> Передовые практики повышения безопасности труда в России | 121 |
| <i>Петрова В.А.</i> Оценка профессионального риска работающего | 126 |

| | |
|--|-----|
| Направление 2. Экологически чистые материалы и технологии | 131 |
| <i>Брылякова А.А., Степанова С.В.</i> Исследование очистки воды от нефти комбинированными отходами злаковых культур в динамических условиях | 131 |
| <i>Шавалеева С.М., Бурганов А.И.</i> Система очистки сточных вод текстильного производства от взвешенных частиц | 134 |
| <i>Шавалеева С.М., Гараева Э.Ф.</i> Мероприятия по очистке сточных вод предприятий молочной промышленности от взвешенных частиц | 137 |
| <i>Исхакова Р.Я., Травникова А.В.</i> Пиролиз как эффективный метод утилизации промышленных и бытовых отходов | 140 |
| <i>Шавалеева С.М., Каримов Р.Р.</i> Очистка сточных вод целлюлозно-бумажного производства от взвешенных частиц | 143 |
| <i>Кузнецов М.В.</i> Синтез неорганических материалов с использованием экологически чистой технологии свс, исследования их физико-химические характеристик и практические применения | 147 |
| <i>Шавалеева С.М., Уланова А.А.</i> Тестирование безопасности наночастиц для живых организмов на примере семян растений | 150 |
| <i>Янов В.В., Хунпиев И.Р., Зенитова Л.А.</i> Устойчивость биodeградируемых композиций на основе полипропилена к фототермическому воздействию | 153 |
| <i>Гумерова Г.И.</i> Гибридные энергетические системы | 156 |
| <i>Холиков М.С., Халилов И.Х., Шарифов Д.А, Бадалов А.</i> Термическая устойчивость технических жидкостей LUMIX ATF-III-D-AVTOMATIC-TRANS OIL И 20W-50BP SUPER | 159 |
| <i>Морайш А.Ж., Морайш (Иванова) С.Ю., Тунакова Ю.А. , Новикова С.В.</i> Использование опыта создания архитектурно-конструктивной системы Помбалино для обеспечения сейсмозащиты зданий и сооружений | 163 |
| <i>Желовицкая А.В., Заляев А.И.</i> Композиционные материалы в системе обработки объектов водной среды от загрязняющих веществ | 170 |
| Направление 3. Экологический мониторинг и контроль | 174 |
| <i>Тунакова Ю.А., Байбакова Е.В., Валиев В.С.</i> Результаты комплексной оценки уровня загрязнения поверхностных вод на территории РТ | 174 |
| <i>Якунин С.А., Штилова Р.Р., Валиев В.С.</i> Индикаторные функции снежного покрова для оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха автотранспортными выбросами | 178 |
| <i>Гоголь Э.В., Фаткузаманов А.Р.</i> Мониторинг разливов нефти на объектах нефтедобычи и при нефтетранспортировке | 181 |
| <i>Иванов Д.В., Валиев В.С., Маланин В.В., Зиганшин И.И.</i> Формы миграции свинца, меди и цинка в водах нижнего течения р. Казанка | 185 |

| | |
|--|-----|
| <i>Шурмина Н.В., Богданова О.В., Иванов Д.В.</i> Биогенные элементы в искусственной экосистеме биологических прудов на оз. Нижний Кабан г. Казани | 190 |
| <i>Шагидуллин А.Р., Мусина А.А., Габдрахимова В.А.</i> Характеристики ветрового режима г. Казань для оценки рассеивающей способности атмосферы | 195 |
| <i>Шагидуллин А.Р., Мусина А.А., Габдрахимова В.А.</i> Динамика уровней загрязнения атмосферного воздуха г. Нижнекамск по данным автоматических станций мониторинга | 199 |
| <i>Утомбаева А.А., Каримуллин Л.К., Вершинин А.А., Петров А.М.</i> Характеристика микробного сообщества рекультивированной нефтезагрязненной ллювиальной дерновой почвы под посевами различных культур | 203 |
| <i>Кан В.В., Ажогина Т.Н.</i> Гены резистентности к антибиотикам в почвах ростовской области, подверженных антропогенному загрязнению | 207 |
| <i>Каримуллин Л. К., Петров А.М.</i> Ферментативная активность нефтезагрязненных дерново-подзолистых почв | 209 |
| <i>Кузнецов М.В.</i> Исследования условий возникновения и динамики развития природных катастроф с целью преодоления их неблагоприятных экономических и экологических последствий | 212 |
| <i>Кулагина В.И., Сунгатуллина Л.М., Рязанов С.С., Кольцова Т.Г.</i> Мониторинг состояния почв при органическом земледелии и обилие бактерий рода <i>Azotobacter</i> | 215 |
| <i>Утомбаева А.А., Зайнулгабидинов Э.Р., Петров А.М.</i> Фитотоксичность нефтезагрязненных аллювиальных дерновых почв | 219 |
| <i>Хафизова И.С., Перушкина Е.В., Сибиева Л.М., Хасанова А.А., Хабибуллина А.Р., Сироткин А.С.</i> Оценка дефосфатации сточных вод на станции биологической очистки в летний сезон | 223 |
| <i>Хлыщенко Ю.И., Галимова А.Р.</i> Анализ причин и последствий аварий котельных установок | 226 |
| <i>Антонов И.В., Лебединская В.С.</i> Исследование загрязнения водных объектов курортного района Санкт-Петербурга с помощью тест-объекта - инфузорий <i>Paramecium caudatum</i> | 230 |
| <i>Гисматуллина А.И., Мальцева С.А.</i> К вопросу об определении концентрации тяжелых металлов в водах Куйбышевского водохранилища | 234 |
| <i>Платонова М.С., Гоголь Э.В.</i> Анализ путей формирования полихлорированных или полибромированных дибензодиоксинов и дибензофуранов, априорная вероятность образования из прекурсоров | 236 |
| <i>Мингазетдинов И.Х., Гумерова Г.И.</i> Фотометрический анализатор жидкости | 240 |

| | |
|---|-----|
| Направление 4. Информационные технологии в техносферной безопасности | 243 |
| <i>Васильева М.А., Шагидуллин А.Р.</i> Оценка вкладов передвижных и стационарных источников выбросов в атмосферный воздух в зонах влияния автомагистралей и промышленных объектов в г. Казани | 243 |
| <i>Шагидуллина Р.А., Григорьева И.Г., Валиев В.С.</i> Подходы для оценки местоположения постов наблюдений с позиций теории риска на примере территории города Нижнекамска | 248 |
| <i>Бобоев Х.Б., Расулов О.У., Каримов Б.Й.</i> Рассеивание газообразных загрязняющих веществ в атмосферный воздух с полигона ТБО г. Душанбе | 253 |
| <i>Кремлева Э.Ш.</i> Разработка концепции автоматического построения нечеткой модели для системы поддержки принятия решений с учетом качественной информации | 257 |
| <i>Тунакова Ю.А., Новикова С.В., Шагидуллин А.Р., Морайш (Иванова) С.Ю.</i> Использование архитектурно-конструктивных решений для обеспечения экологической безопасности территорий городов | 266 |

ХИМИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ – XXI

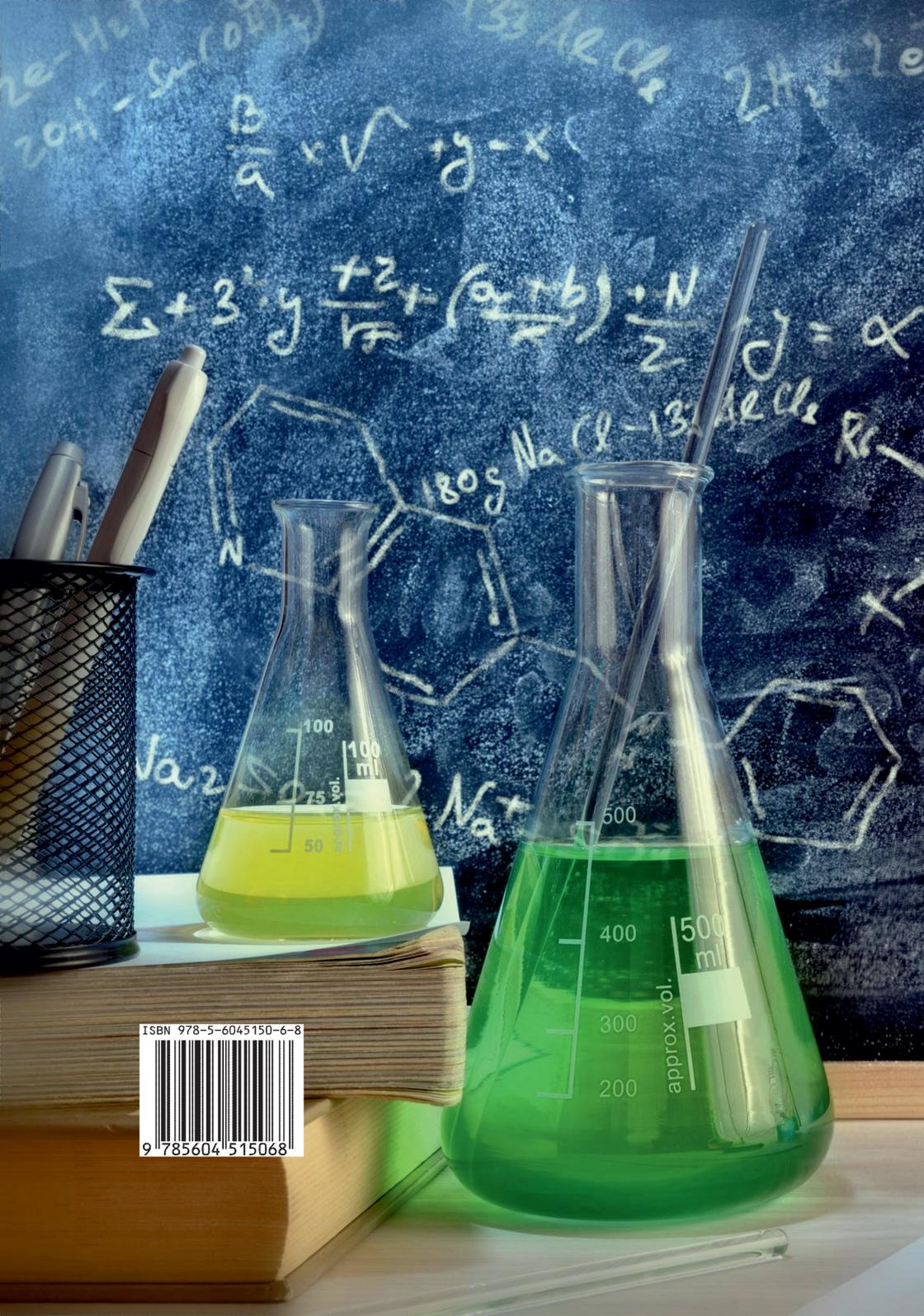
**СБОРНИК ТРУДОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
(ШКОЛА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ), ПОСВЯЩЕННОЙ 90-ЛЕТИЮ
КАЗАНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМ. А.Н. ТУПОЛЕВА – КАИ
И 60-ЛЕТИЮ СОЗДАНИЯ ИНСТИТУТА АВТОМАТИКИ
И ЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ КНИТУ-КАИ**

Казань, 28 – 30 сентября 2021 г.

Материалы конференции опубликованы в авторской редакции.
За содержание докладов и перевод на английский язык ответственность несут авторы

Отпечатано в изд-ве ИП Сагиева А.Р.
420073, г. Казань, ул. Ад. Кутуя, 116

Заказ № 524 от 29.10.21 г.
Формат 60x84 1/8. Усл. печ. л. 17,25.
Бумага офсет 80 г. Печать ризографическая.
Тираж 25 экз.



ISBN 978-5-6045150-6-8



9 785604 515068