

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

Федеральное государственное унитарное предприятие «РосРАО»

Всероссийское общество охраны природы

Саратовский филиал Института проблем экологии и эволюции

им. А.Н. Северцова РАН

**Экологический мониторинг опасных промышленных
объектов: современные достижения, перспективы
и обеспечение экологической безопасности населения**

Сборник научных трудов

Под редакцией д-ра биол. наук, профессора Е.И. Тихомировой

Саратов 2019

Экологический мониторинг опасных промышленных объектов: современные достижения, перспективы и обеспечение экологической безопасности населения: сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции. Саратов: ООО «Амирит», 2019. Часть 2. 224 с.

Сборник научных статей составлен на основе материалов Всероссийской научно-практической конференции «Экологический мониторинг опасных промышленных объектов: современные достижения, перспективы и обеспечение экологической безопасности населения», которая проводилась в рамках I Всероссийского научно-общественного форума «Экологический форсайт» в СГТУ имени Гагарина Ю.А. совместно с ФГУП «РосРАО», Всероссийским обществом охраны природы и Саратовским филиалом ИПЭЭ им. А.Н. Северцова РАН при поддержке профильных министерств Правительства Саратовской области 11-13 декабря 2019 г.

В сборнике представлены работы по следующим направлениям работы конференции: методологические аспекты экологического мониторинга опасных промышленных объектов и прогнозирование состояния антропогенно нарушенных территорий; современные информационные технологии в экологическом мониторинге опасных промышленных объектов; современные методы выявления экотоксикантов в объектах окружающей среды и оценка их воздействия на экосистемы и здоровье человека; разработка инновационных методов экологической реабилитации антропогенно нарушенных территорий; математическое моделирование оценки токсичности ксенобиотиков, рисков здоровью населения и эффективности технологических систем на производственно-технических комплексах по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов I и II классов опасности.

Были рассмотрены также вопросы экологических, экономических и социальных проблем загрязнения территорий опасными отходами; правовые и экономические аспекты экологической политики в сфере утилизации отходов и обеспечения экологической безопасности; обоснования рациональной системы мониторинговых наблюдений за состоянием окружающей среды производственно-технических комплексов по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов I и II классов опасности.

Предназначается для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов, специализирующихся в области экологии и в сфере обращения с отходами.

Редакционная коллегия:

доктор биологических наук, профессор Е.И. Тихомирова (отв. редактор);

доктор биологических наук О.В. Нечаева

кандидат биологических наук, доцент О.В. Абросимова

(зам. отв. редактора)

**Современные методы выявления экотоксикантов в объектах
окружающей среды и оценка их воздействия
на экосистемы и здоровье человека**

**О.В. Абросимова¹, Л.А. Рычева¹, С.Н. Герасимов²,
И.Н. Нестеров³, В.Е. Буланов³, О.М. Посненкова⁴**

¹Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., ²
ООО «Медис», г. Саратов, ³ Филиал 2 1477 ВМКГ МО РФ, ⁴ Саратовский
государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВА НИТРИЛА АКРИЛОВОЙ
КИСЛОТЫ НА РАЗВИТИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ
ЗАБОЛЕВАНИЙ, СВЯЗАННЫХ С СЕРДЦЕМ И СОСУДАМИ**

В статье рассмотрены развития профессиональных заболеваний, их зависимость от экологической безопасности предприятия, а также оценка влияния производства нитрила акриловой кислоты на развитие профессиональных заболеваний, связанных с сердцем и сосудами.

Ключевые слова: профессиональное заболевание, экологическая безопасность, сердечно-сосудистые заболевания, нитрил акриловая кислота

Профессиональное заболевание – это заболевание, обусловленное, главным образом, воздействием негативных факторов риска, связанных с профессиональной деятельностью. Наиболее социально значимые из них: аллергические заболевания, новообразования, заболевания дыхательных путей, болезни системы кровообращения (ишемическая болезнь сердца и гипертоническая болезнь) и многие другие [1].

Профилактика профессиональных заболеваний – система различных мер, которые направлены на снижение риска профзаболеваний, замедление развития уже существующей болезни, уменьшение травматизма на производстве. Она позволит во много раз снизить риск возникновения подобных заболеваний.

Сегодня проблема профилактики особенно распространена во всем мире. Каждый год в России регистрируется около 8 тысяч новых случаев профессиональных заболеваний.

Экологическая безопасность – допустимый уровень негативного воздействия природных и антропогенных факторов экологической опасности на окружающую среду и человека. Обеспечение экологической безопасности важно, как для работников предприятия, так и для окружающей среды в целом. На предприятиях, где стоит устаревшее оборудование, существует несовременная технология производства,

экологическая безопасность может отсутствовать, а риск получения профессиональных заболеваний возрастать.

Материалы и методы. Целью настоящего исследования являлась оценка влияния нитрила акриловой кислоты, на проявление профессиональных заболеваний, а именно сердечно-сосудистых заболеваний, у работников, непосредственно относящихся к производству НАК, а также у тех, кто относится к этому производству опосредованно.

Нитрил акриловой кислоты, акрилонитрил (CH_2CHCN) – бесцветная легколетучая, легко воспламеняющаяся жидкость с неприятным запахом. Пары в 1,9 раза тяжелее воздуха, образуют с воздухом взрывоопасные смеси. НАК является исходным сырьем для производства пластмасс, АБС-пластиков, синтетических волокон, эфиров акриловой кислоты, пластификаторов, бутадиен-нитрильных каучуков, необходимых для производства маслостойких резин [2].

Острые отравления возникают при действии высоких концентраций акрилатов при нарушениях технического режима. В зависимости от действующей концентрации они проявляются различной симптоматикой от преходящих легких явлений раздражения слизистых оболочек, зуда кожи, головной боли, рвоты и головокружения до чувства страха, двигательного беспокойства, расстройств дыхания, потери сознания, комы, напоминая фазы отравления синильной кислотой [2,3].

Хронические интоксикации возникают при стаже работы более 5-7 лет. Клиническая картина хронического отравления акрилатами обусловлена как действием целой молекулы вещества, так и высвобождаемой при ее распаде циангруппой и проявляется преимущественно нарушениями нервной, сердечно сосудистой систем и крови [3].

Но к настоящему времени пока не сложилось комплексное представление о характере влияния условий труда на «сердечное» здоровье работника, как и степени распространенности ведущих заболеваний сердечно-сосудистой системы в разных областях производственной и непроизводственной сферы. Безусловно, поведение индивида, его отношение к себе и своему здоровью, выбор им стереотипа образа жизни, который действует на всем ее протяжении, важен в сохранении здоровья. Однако нельзя отрицать, что образ жизни определяется очень многими факторами, в основном весьма далекими от медицины, в том числе и связанными с профессиональной деятельностью: шум, вибрация, перепады температур, запыленность, присутствие химических и/или биологических повреждающих факторов, вклад которых в развитие профессиональных заболеваний уже определен [4,5,6].

Отбор и описание участников. В ходе проведения исследования было оценено около 180 материалов амбулаторных карт, где были данные на основе

медицинских профессиональных осмотров сотрудников предприятия за 2018 год.

Все сотрудники были разделены на 2 группы: 1-я группа – производственный персонал. Это те люди, которые не имеют отношения к производству НАК: электрогазосварщики, машинисты, аппаратчики, слесари, механики, электромонтеры и др., а 2-я группа – аппаратчики отделения перегонки НАК, аппаратчики окисления, лаборанты химанализа и др.

Особое внимание уделялось полу, возрасту работников, профессии сотрудника, месту работы (цех, лаборатория, офис) и продолжительности трудового стажа на предприятии. Наряду с этим изучались индивидуальные значения САД, ДАД, ЧСС, ЭКГ, значения глюкозы, холестерина, гемоглобина, а также тромбоцитов в крови.

Для получения полной картины был произведен анализ диагноза терапевта, по которому каждому из пациентов, проходящих медосмотр, было поставлено заключение о профессиональной пригодности работника.

Результаты. В ходе обработки данных было выявлено, что выбранные группы отличались между собой.

Процент мужчин в группе сотрудников, работающих с производством НАК, больше (68%), чем в группе производственного персонала, не относящегося к производству отхода второго класса опасности (59%). Здесь же выше (почти на 5лет) стаж работников предприятия, что сказывается на их здоровье (табл.1).

Таблица 1

Половозрастной состав групп

	Мужской пол, абс. (%)	Возраст, лет, М±SD	Стаж, лет, М±SD
1 группа (n=91)	59	44,6±10,1	10,8±9,9
2 группа (n=91)	68	42,3±10,0	15,2±8,9
P	0,5	0,2	0,6

Несмотря на то, что средние показатели САД, ДАД и ЧСС находятся в норме (из общего числа сотрудников в первой группе было выявлено 16 человек с повышенным САД, в то время, как во второй – 19), по результатам ЭКГ процент появления гипертрофии левого желудочка (ГЛЖ) сердца выше практически в 3 раза у сотрудников предприятия, работающих с переработкой НАК (4% в первой группе и 13% - во второй) (Табл.2). Причинами ГЛЖ являются сахарный диабет, ожирение или избыточная масса тела, высокое артериальное давление, ишемические заболевания, неправильный образ жизни и другие. Так, практически у всех людей, у которых были обнаружены признаки ГЛЖ, наблюдались те или иные причины ее возникновения. При этом на втором месте по поставленным диагнозам стоят заболевания ЖКТ, которые могут быть причинами повышенного артериального давления.

Показатели анализа крови сотрудников обеих групп предприятия, вошедших в выборку, оказались в норме, но поставленные специалистами диагнозы «практически здоров» в обеих группах чуть выше 50%, что говорит о том, что значимая часть сотрудников, работающих на предприятии имеют те или иные отклонения в здоровье. При этом процент встречаемости диагнозов терапевтов у пациентов с разными степенями артериальной гипертензии, ИБС, ХСН, и сахарным диабетом во второй группе больше, чем в первой (табл.2).

Таблица 2

Данные профосмотра работников предприятия

	ГЛЖ сердца, чел, абс. (%)	АГ, абс, (%)	Ишемическая болезнь сердца, абс, %	Хроническая сердечная недостаточность, абс, (%)	Сахарный диабет, абс, (%)	Практически здоров, абс, (%)
1 группа	4	21	1	0	2	54
2 группа	13	23	1	1	3	52
p	0,05	0,6	0,2	0,4	0,7	0,6

Выводы. Результаты проведенного исследования доказывают, что производство нитрил акриловой кислоты может влиять на развитие профессиональных сердечно-сосудистых заболеваний: при сравнении двух групп, в одной из которых сотрудники предприятия непосредственно относились к ее производству, в ходе исследования были выявлены отклонения по некоторым показателям.

В связи с особой распространенностью общих факторов риска, таких как курение, ожирение, профилактические мероприятия должны носить массовый характер. Основа профилактики — ориентация рабочих на самосохраняющее поведение: проведение антитабачной пропаганды, внедрение массового спорта на предприятиях и создание на заводах школ здорового образа жизни. Также необходимо чаще проводить профессиональные медицинские осмотры для раннего выявления заболеваний сотрудников.

Соблюдение контроля факторов риска и планомерное воздействие на них, а также обеспечение экологической безопасности на предприятии позволят продлить профессиональное долголетие рабочих.

Литература

1. Артамонов В. Технические и коммунальные отходы и окружающая среда// Гражданская защита. - 2007. - N 2. - С. 30-31.
2. Справочник химика Т.1; под ред. Б.Н. Никольский. - Л.: Химия, 1966. - 1072 с.

3. Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей. [Текст]: под ред. засл. деят. науки проф. Н.В. Лазарева и док. мед. наук Э.Н. Левиной. изд. - 7-е, пер. и доп. В трех томах. Т.2; - Л.: Химия, 1979. - 624 с.
4. Dawber Th.R. The Framingham study. The epidemiology of atherosclerotic disease. London: Harvard University Press, 1980. – 328 p.
5. Cyclic acid anhydrides: human health aspects. Concise International Chemical Assessment Document 75 // World Health Organization. – 2009.
6. Лазарев Н.В. Вредные вещества в производстве. – Л: Химия, 1976.-Т 2. – с.94-95.

А.С. Алябьева, М.А. Полосухина, Н.В. Пахарькова

Сибирский Федеральный университет, г. Красноярск

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДРЕВЕСНЫХ И КУСТАРНИКОВЫХ РАСТЕНИЙ В ПАРКАХ И СКВЕРАХ ГОРОДА КРАСНОЯРСКА

В работе была проведена оценка состояния хвойных и лиственных насаждений в парках и скверах города Красноярска. Районы исследования были выбраны с разной антропогенной нагрузкой. Определено содержание пигментов и их соотношение в хвое и листьях, также определено содержание загрязняющие вещества в смывах с поверхности листьев и хвои.

Ключевые слова: *Pinus sylvestris*; *Picea obovata*; *Malus baccata*; *Syringa josikaea*; *Cotoneaster melanocarpus*; загрязнение воздуха; хлорофилл.

Влияние загрязнения воздуха на зеленые насаждения городов является одной из актуальных тем в сфере эколого-биологических наук. Многими авторами доказано, что атмосферное загрязнение затрагивает ассимиляционный аппарат растений, разрушая структуры клеток и впоследствии приводя к нарушению метаболических и физиологических процессов [1].

На территории города Красноярска находятся парки, скверы, набережные, озелененные территории жилых и промышленных районов, защитные зоны, где представлены различные виды деревьев и кустарников. Как мы знаем, в городской среде растения испытывают сильную антропогенную нагрузку. Находясь постоянно в зоне загрязнения, деревья и кустарники поглощают и накапливают различные поллютанты.

В летний период 2019 года нами проводились исследования древесных и кустарниковых растений на территории города Красноярска. Сбор древесных и кустарниковых растений осуществлялся в двух скверах и одном парке города: 1- Сквер Космонавтов (Советский район); 2- Центральный парк (Центральный район); 3- Сквер Серебряный (Октябрьский район).



Рис. 1. Расположение исследуемых районов (фото автора, июль 2019г.)

Исследовали следующие виды растений: хвойные деревья - ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.); лиственные деревья - яблоня ягодная (*Malus baccata* (L.) Borkh); кустарники сирень венгерская (*Syringa josikaea* Jacq.), кизильник черноплодный (*Cotoneaster melanocarpus* Fischex. Blytt.). Для оценки состояния древесных и кустарниковых растений в парках и скверах г.Красноярска мы определяли загрязняющие вещества в смывах с поверхности листьев и хвои при помощи жидкостного хроматографа LC-20 Prominence, также содержание пигментов в листьях и хвое с помощью спектрофотометра SPEKOL 1300 Analytik Jenna AG [2].

По полученным данным (рис. 2.) о содержании загрязняющих веществ в смывах с поверхности листьев и хвои было выявлено, что Центральный парк является самым загрязненным районом. Так, на поверхности листьев кизильника в Центральном парке содержание сульфатов имело самый высокий показатель 29 мг/дм³, более чистым районом оказался сквер Космонавтов. Сквер Серебряный занимает промежуточное место между двумя этими районами.

Для оценки состояния пигментного комплекса растения мы использовали такие показатели как суммарное содержание хлорофилла а и хлорофилла б, а также их отношение. По данным, представленным на рисунке 1, мы видим, что с ростом загрязнения общее содержание хлорофиллов у ели сибирской уменьшается. У сосны обыкновенной данной закономерности не выявлено, вероятно это связано с особенностью данного вида, а именно с дефолиацией сосны [3]. В районах с высоким уровнем загрязнения она сбрасывает поврежденную хвою, и оставшаяся хвоя вынуждена работать интенсивнее, соответственно имеет большое содержание хлорофилла. Для лиственных пород такой тенденции не наблюдается, это может быть связано с тем, что помимо загрязнения на общее содержание хлорофилла могут влиять и другие факторы.

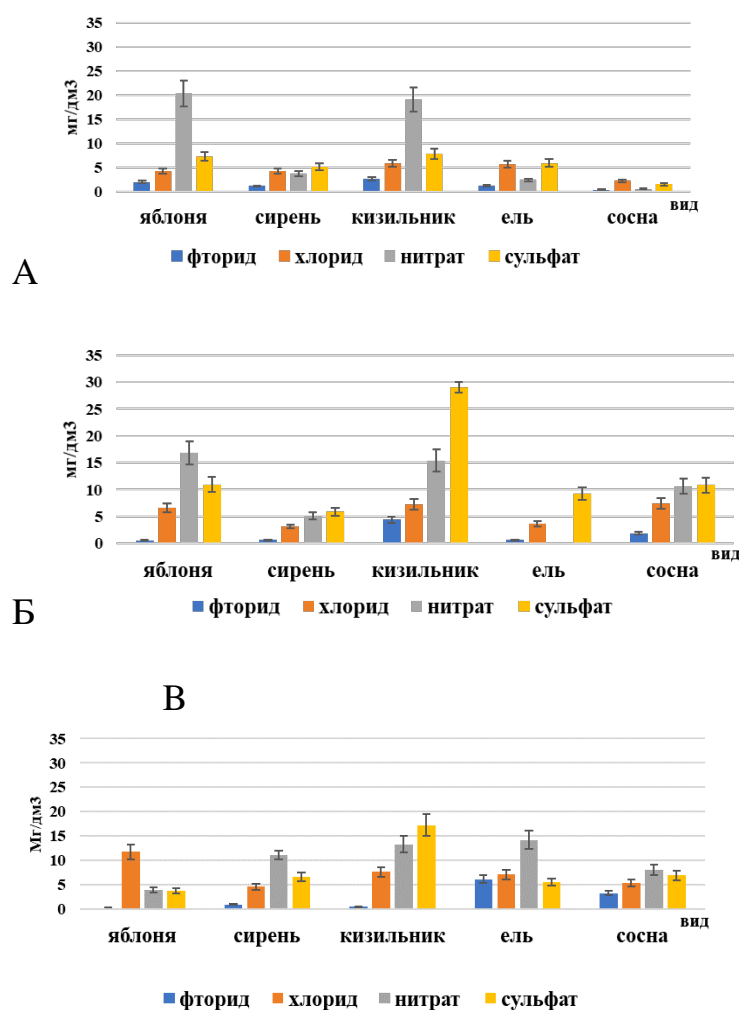


Рис. 2. Содержание анионов в смывах листьев и хвои в исследуемых видах (А-сквер Космонавтов, Б-Центральный парк, В- сквер Серебряный)

Такой показатель как отношение хлорофиллов a/b является одним из показателей стресса растений, чем больше этот показатель, тем меньше уровень загрязнения воздуха и наоборот [4]. Так, мы видим, что в сквере Космонавтов данное отношение у кизильника больше по сравнению с другими районами, что соответствует данным по смывам. Такая же зависимость наблюдается и у сирени. У хвойных данный показатель практически не меняется. Это может быть объяснено тем, что сосна и ель имеют ксерофитные свойства, их хвоя с толстой кутикулой и погруженными устьицами. Поэтому, несмотря на загрязнение воздушной среды, хвойные растения чувствуют себя нормально [3].

В целом можно отметить, что состояние пигментного комплекса исследуемых растений реагирует не на отдельные компоненты воздушной среды, а на весь комплекс загрязняющих веществ, но, по данным корреляционного анализа, наибольшее влияние оказывают «кислые» газы.

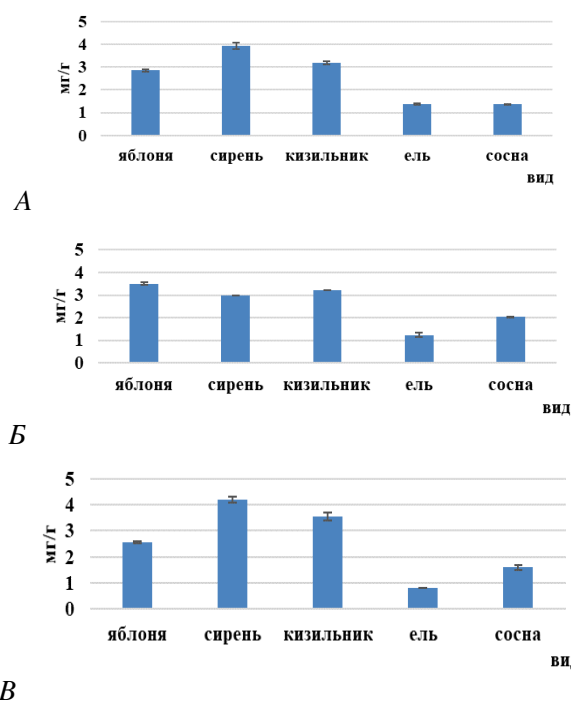


Рис. 3. Содержание хлорофиллов (a+b) хвои и листвы исследуемых видах в пересчете на сухую массу в А - сквер Космонавтов, Б- Центральный парк, В - сквер Серебряный (июль, 2019)

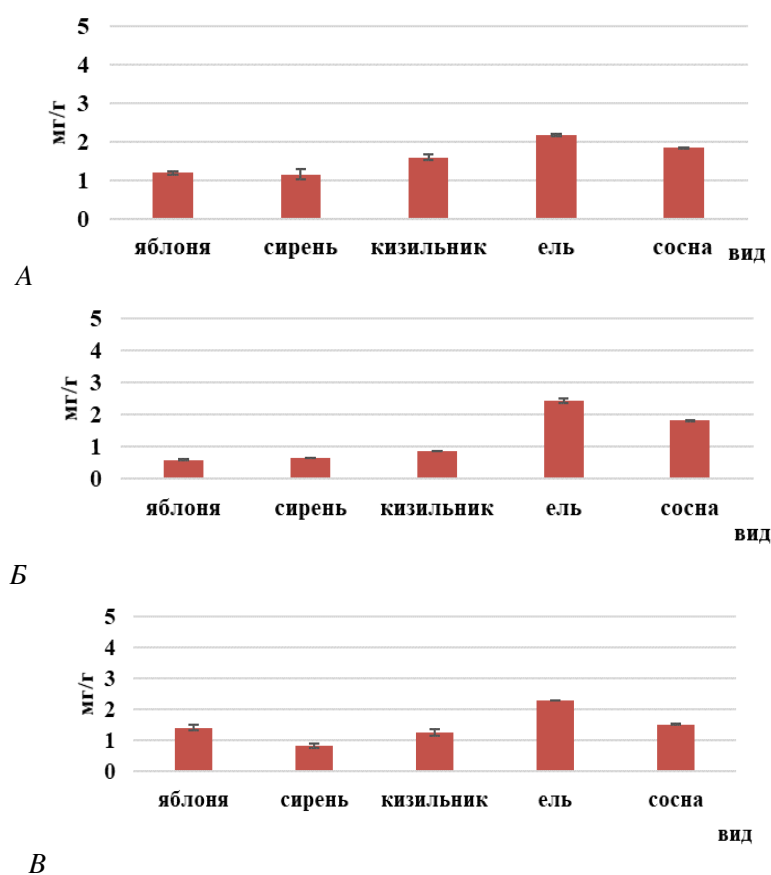


Рис. 4. Отношение хлорофиллов (a/b) хвои и листвы исследуемых видах в пересчете на сухую массу А- сквер Космонавтов, Б- Центральный парк, В - сквер Серебряный (июль, 2019)

Литература

1. Андропова, М.М. Влияние загрязнения атмосферного воздуха на ассимиляционный аппарат растений придорожных насаждений / М.М. Андропова // Сборник научных трудов молодых ученых, аспирантов, студентов и преподавателей по результатам проведения VIII молодежного экологического конгресса "Северная пальмира" / Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН. Санкт-Петербург. –2017. –С.151-156.
2. Большой практикум по фотосинтезу: Учеб./ В.Ф. Гавриленко, Т.В. Жигалова. – М.: изд-во «Академия», 2003. – 256 с.
3. Пахарькова Н. В., Калякина О. П., Шубин А. А., Григорьев Ю. С. Флуоресцентная диагностика зимнего покоя хвойных в урбоэкосистемах с различным уровнем загрязнения воздушной среды // Журнал Сибирского федерального университета. Серия «Химия». –2009. Т. 2. –№ 4. –С. 359–367.
4. Титова М.С. Содержание фотосинтетических пигментов в хвое *Picea abies* и *Picea koraiensis* // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2010. – № 12-1(118). С. 9-12. – ISSN: 1814-6457.

О.В. Атаманова, М.В. Истрашкина

Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.

ВЫЯВЛЕНИЕ ЭКОТОКСИКАНТОВ В СТОЧНЫХ ВОДАХ ТЕКСТИЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Приводятся результаты выявления экотоксикантов в сточных водах текстильного предприятия. Определяется токсичность образцов сточных вод предприятия до и после адсорбционной очистки.

Ключевые слова: многокомпонентный адсорбционный фильтр, токсичность, сточная вода, ароматические соединения.

Наличие экотоксикантов в сточных водах промышленных предприятий при недостаточно качественной очистке стоков может приводить к попаданию токсичных веществ в объекты окружающей среды, в частности, в природные водоемы, что оказывает негативное воздействие на водные экосистемы.

Разработанные на кафедре «Экология» в Саратовском государственном техническом университете имени Гагарина Ю.А. в рамках Госзадания Минобрнауки РФ по заявке № 5.3922.2017/ПЧ адсорбционные системы очистки сточных вод [1] от ароматических соединений необходимо было апробировать в производственных условиях для оценки эффективности их использования.

Разработанные многокомпонентные адсорбционные фильтры (МАФ) были испытаны на сточных водах текстильного предприятия -

Балашовского филиала ПАО «Куйбышев Азот», которое является одним из ведущих в России по производству капролактама. Основным источником сточных вод, загрязненных ароматическими соединениями, является цех предприятия по окрашиванию тканей из капролактама.

Чтобы проверить эффективность разработанных МАФ был выполнен отбор в разное время трех проб сточных вод из основного дренажного колодца. Каждый из образцов сточных вод был по очереди профильтрован через 3-х-слойную сорбционную загрузку, слою которой располагались в следующей последовательности: силикагель марки АСКГ; анионит марки АВ-17-8; бентонит, прошедший модификацию углеродными нанотрубкам и обожженный при температуре 550° С.

Результаты исследований при помощи газовой хромато-масс-спектрометрии позволили выявить в пробах воды помимо металлов, углеводороды, в т. ч. ароматические.

Был проведен анализ образцов до и после очистки на ряд общих показателей загрязнения (таблицы 1, 2). Некоторые вещества после пропускания проб через фильтрующую загрузку вообще не были обнаружены.

Таблица 1

Результаты анализа исходных образцов сточной воды

Показатель	Значение показателя			Норматив ГН 2.1.5.1315-03)
	Проба №1	Проба №2	Проба №3	
Запах при 20° С, балл	0	0	0	2
Запах при 60° С, балл	3	3	2	2
Окраска	200	195	10	-
ХПК, мгО ₂ /дм ³	511,20±0,12	432,50±0,19	156,20±0,16	30,0
Сухой остаток, мг/ дм ³	1792,0±5,7	1834,6±4,7	942,5±4,2	1000
Жесткость, мг/ дм ³	6,70±0,08	6,00±0,07	4,50±0,07	7,0
Хлориды (мг/дм ³)	467,5±1,1	398,0±0,9	327,8±2,2	350
Сульфаты (мг/дм ³)	82,4±0,5	62,5±0,5	78,3±0,4	500
Железо общее (мг/дм ³)	0,21±0,04	0,24±0,05	0,18±0,01	0,1
Медь (мг/дм ³)	0,11±0,02	0,070±0,005	0,06±0,005	0,001
Цинк (мг/дм ³)	0,004±0,001	0,0050±0,0003	0,0020±0,0003	0,01
Свинец (мг/дм ³)	0,0020±0,0005	0,0010±0,0001	0,0040±0,0005	0,006
Кадмий (мг/дм ³)	0,0040±0,0005	0,005±0,0001	0,0030±0,0002	0,005
Марганец (мг/дм ³)	0,0200±0,0005	0,020±0,006	0,010±0,002	0,1
Никель (мг/дм ³)	0,030±0,006	0,020±0,009	0,020±0,005	0,02
Фосфаты (мг/дм ³)	0,90±0,08	1,10±0,01	0,42±0,08	3,5
о-фенилендиамин, мг/дм ³	0,30±0,02	0,80±0,05	0,40±0,05	0,01
резорцин, мг/дм ³	0,80±0,04	1,50±0,04	0,20±0,03	0,1
о-толуидин, мг/дм ³	0,30±0,04	0,10±0,02	0,18±0,02	-
п-нитрофенол, мг/дм ³	0,070±0,008	0,090±0,006	0,050±0,005	0,02

Таблица 2

Результаты анализа проб сточной воды после очистки

Показатель	Значение показателя			Норматив ГН 2.1.5.1315-03
	Проба №1	Проба №2	Проба №3	
Запах при 20° С, балл	0	0	0	2
Запах при 60° С, балл	0	0	0	2
Окраска	12	10	0	-
ХПК, мгО ₂ /дм ³	21,25±8,10	49,50±5,72	33,84±3,80	30,0
Сухой остаток, мг/дм ³	536,30±23,08	458,65±17,00	298,14±15,50	1000
Жесткость, мг/дм ³	5,20±0,02	4,75±0,05	3,29±0,03	7,0
Хлориды, мг/дм ³	322,45±11,07	273,31±8,95	225,70±10,00	350
Сульфаты, мг/дм ³	52,00±2,18	39,25±1,45	44,00±3,00	500
Железо общее, мг/дм ³	0,148±0,004	0,090±0,003	0,110±0,02	0,1
Медь, мг/дм ³	0,0100±0,002	0,0014±0,0001	0,0100±0,0005	0,001
Цинк, мг/дм ³	0,0010±0,0001	0,0012±0,0002	0,0010±0,0001	0,01
Свинец, мг/дм ³	0,0010±0,0001	0,0018±0,0001	0,0020±0,0002	0,006
Кадмий, мг/дм ³	0,0010±0,0002	0,0014±0,0003	0,0010±0,0001	0,005
Марганец, мг/дм ³	0,0090±0,0010	0,0080±0,0004	0,0060±0,0009	0,1
Никель, мг/дм ³	0,0100±0,0003	0,0100±0,0005	0,0100±0,0004	0,02
Фосфаты, мг/дм ³	0,400±0,04	0,490±0,02	0,280±0,005	3,5
о-фенилендиамин, мг/дм ³	0,010±0,003	0,010±0,008	0,021±0,008	0,01
резорцин, мг/дм ³	0,102±0,009	0,020±0,007	0,0210±0,0009	0,1
о-толуидин, мг/дм ³	0,048±0,005	0,013±0,005	0,0170±0,0005	-
п-нитрофенол, мг/дм ³	0,014±0,002	0,0150±0,0005	0,005±0,003	0,02

Проведенные испытания показали, что разболтанные МАФ очищают сточные воды на 80-99% не только от производных бензола (см. табл. 2), но и от тяжелых металлов.

Определение токсичности образцов промышленных сточных вод, а также модельного раствора исследуемых ароматических соединений в расчетной концентрации возможного проскока в случае аварийной ситуации (50 мг/дм³), проводили до и после очистки с использованием МАФ. Исследования выполнены с использованием допущенных для целей государственного экологического контроля методик: ПНД Ф 14.1:2:4.12-06; 16.1:2.3.3.9-06 и ФР.1.39.2004.01143. Результаты исследований представлены в таблицах 3, 4.

Установлено, что исходные образцы сточных вод текстильного предприятия являются среднетоксичными по результатам биотестирования с использованием тест-объекта *Chlorella vulgaris*, и оказывают острое токсическое действие по результатам биотестирования на *Daphnia magna*. После очистки сточной воды с использованием МАФ эти воды становятся слаботоксичными, и кратность разведения сточных вод, при котором вредное воздействие на гидробионтов отсутствует <100. Модельный раствор нитро-, amino- и гидроксипроизводных бензола по результатам биотестирования на тест-объекте *Chlorella vulgaris* является токсичным, а

по результатам биотестирования на *Daphnia magna* оказывает острое токсическое действие. После очистки с использованием МАФ фильтрат модельного раствора слаботоксичен, и кратность разведения сточных вод, при котором вредное воздействие на гидробионтов отсутствует <100.

Таблица 3

Результаты биотестирования исследуемых проб сточных вод и модельного раствора с использованием тест-объекта *Chlorella vulgaris*

№ пробы, название пробы	Степень разбавления тестируемой пробы, раз	Оптическая плотность, среднее значение	Отклонение от контроля, %	Оценка качества пробы: оказывает/ не оказывает токсическое действие
Контроль	-	0,069	0	среднетоксичная
Проба № 1 (сточные воды)	1	0,052	24,1	
	3	0,054	21,7	
	9	0,056	17,8	
	27	0,062	10,1	
	81	0,068	1,4	
Контроль	-	0,070	0	слаботоксичная
Проба № 2 (фильтрат сточных вод)	1	0,082	-17,1	
	3	0,058	17,1	
	9	0,073	-4,3	
	27	0,078	-11,4	
	81	0,075	-7,1	
Контроль	-	0,070	0	токсичная
Проба № 3 (модельный раствор)	1	0,046	27,1	
	3	0,048	25,7	
	9	0,051	21,4	
	27	0,057	14,2	
	81	0,068	2,9	
Контроль	-	0,071	0	слаботоксичная
Проба № 4 (фильтрат модельного раствора)	1	0,067	5,6	
	3	0,070	1,4	
	9	0,068	4,2	
	27	0,072	-1,4	
	81	0,070	1,4	

Проведенные опыты позволили не только выявить в исходной сточной воде экотоксиканты – ароматические соединения, но и заключить, что разработанные МАФ позволяют существенно повысить качество очистки сточных вод текстильного предприятия от этих токсических соединений. Это обеспечит снижение антропогенного воздействия сточных вод предприятия на окружающую среду, поскольку фильтраты не являются токсичными для биотест-объектов, и, следовательно, не представляют потенциальную экологическую опасность.

Таблица 4

Результаты биотестирования исследуемых проб сточных вод и модельного раствора с использованием тест-объекта *Daphnia magna Straus*

Тестируемая проба водной вытяжки отхода, концентрация пробы	Продолжи- тельность наблюдения, часы	Смертность дафний в опыте, в % к контролю	Оценка тестируемой пробы: оказывает/ не оказывает острое токсическое действие
Проба № 1(сточные воды)			
100%	24	50	оказывает
	48	60	
10 ⁻²	24	10	не оказывает
	48	20	
10 ⁻³	24	0	не оказывает
	48	10	
Проба № 2(фильтрат сточных вод)			
100%	24	0	не оказывает
	48	10	
10 ⁻²	24	0	не оказывает
	48	0	
10 ⁻³	24	0	не оказывает
	48	0	
Проба № 3(модельный раствор)			
100%	24	80	оказывает
	48	100	
10 ⁻²	24	50	оказывает
	48	80	
10 ⁻³	24	10	не оказывает
	48	20	
Проба № 4(фильтрат модельного раствора)			
100%	24	0	не оказывает
	48	10	
10 ⁻²	24	0	не оказывает
	48	0	
10 ⁻³	24	0	не оказывает
	48	0	

Литература

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

**А.Б. Байдосова, С.Ж. Кужамбердиева, Б.Б. Абжалелов,
Д.Д. Орынбеков**

Кызылординский государственный университет им. Коркыт Ата,
Республика Казахстан

ВЛИЯНИЕ КОЛЕБАНИЯ МАЛОГО АРАЛА НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ В ПРИАРАЛЬЕ

В статье рассказывается о проблеме Аральского моря. О том какие шаги были предприняты и предпринимаются для улучшения экологической обстановки и для сохранения Аральского моря. Была построена плотина для разделения моря на две части для сохранения хотя бы небольшую часть Аральского моря.

Ключевые слова: Аральское море, плотина

Известно что, экологическая обстановка в Приаралье переживает непоправимые потери, утратила свое природно-хозяйственное значение и ради сохранения природы региона было решено спасти хотя бы небольшую часть Аральского моря. В целях охраны природы, в августе 2005 года, была сооружена Кокаральская плотина, отделяющая Северное Аральское море от большого моря. Экологический и социально-экономический эффект, польза от плотины была в том же году, с окончанием строительства. Во первых, бесчисленное количество пресной воды Сырдарьи, которое без пользы вытекало в большое море, стало собираться в Северном малом море. Тем самым доказав, что если мы будем обдуманно действовать, можем не только восстановить природу, которую разрушили своими руками, но и управлять ею и адаптировать к новым экологическим обстановкам. Если раньше море отделилось от города Аральска на 75,0 км, то теперь стало близко на 12,0 км. Но не только экологическая, но и экономическая выгода была от плотины, так как в 2006 году с Северного моря было выловлено 2,3 тыс. тонны рыбы. Это больше в 10 раз прошлогоднего результата. Некоторые заброшенные приморские населенные пункты ожили, стало развиваться рыболовство и животноводческое хозяйство. Уменьшились соляные ветры, пылесброс в атмосферу, восстановился удобный микроклимат. Рабочий уровень Кокаральской плотины рассчитан на 40,0 метровую отметку зеркала моря. Выходит, если, эта ситуация будет постоянной, объем воды собирающийся на Северном малом море не будет превышать $21,0 \text{ км}^3$. Для малого моря этого недостаточно. Потому что, из четырех частей Северного Арала полноводие будет только в Центральной и в заливе Шевченко, а юго-западные окраины залива Бутакова и Сарышыганак, которые лежат выше отметки, будет маловодной. Из-за этого могут остаться в далеке от моря густонаселенный город Аральск и приморские населенные пункты (Карашалан, Бугень, Каратуп, Тастубек, Акеспе, Акбасты). Значит, Кокаральская плотина не может полностью

решить экологические проблемы [1].

По результатам наблюдений, в 2018 году в Малое море поступило 3,6 км³ воды, а за 9 месяцев 2019 года объем поступившей воды составил 2,7 км³. Это говорит о том, с каждым годом Северное Аральское море получает мало воды. Чем меньше воды получает море, тем ниже его уровень [2].

Приток реки постоянно меняется, это природный процесс. Можно сказать, что все восстановится. Но уменьшение воды в море сказывается на экологической, социально-экономической обстановке в регионе.

После сдачи в эксплуатацию Кокаральской плотины в 2005 году, ожидалось что, вся вода реки Сырдарьи впадающая в Северный Арал останется в самом море. Минеральность морской воды должна была уменьшиться. Так как с завершением проекта масса воды Малого моря увеличится, уровень соли в литре морской воды уменьшиться с прежних 23,0 г/л до 17,0 г/л, значит, вода в Северном море станет более опресненной.

Минеральность воды Аральского моря. 2018 год

Моря	pH	Жесткость, мг-экв	Мг/литр						
			HCO ₃	Cl	SO ₄	Ca	Mg	Na + K	Сухой остаток
Северное Аральское море	7,45	90,0	183,0	7090,0	3789,0 9	600,0	729,6	4797,5	16090,0
Большое Аральское море	7,45	93,0	256,2	13612,8	3622,8	580,0	772,2	9267,5	26512,0

Анализируя информацию (табл.) констатируем, минеральные показатели вод двух морей разные. Соленость Большого Аральского моря в литре воды 26,5 г/л, повторяет уровень 2000-го года. Соленость Северного Аральского моря в литре воды 16,1 г/л, это на 10,4 г/л меньше показателей большого моря. Выходит, из-за того, что основную массу воды Малого моря составляет речная вода, то и меньшая концентрация соли (твердый остаток) в воде. Анализируя концентрацию некоторых ионов, мы видим, что показатели водородных ионов (pH) оценивающие реакцию воды, в водах двух морей одинаковые – 7,45. Этот показатель близок к нейтральной реакции, точнее слабый щелочной. Жесткость морской воды соответственно 90 и 93 мг-эквивалент. Показатели близкие. Такая жесткость свойственна только морской воде. Жесткость воды определяется концентрациями солей кальция (Ca) и магния (Mg). По нашей информации (табл. 3) в водах малого и большого морей концентрация солей щелочных металлов близкая: в водах Малого моря Ca-600 мг/л и Mg – 729,6 мг/л, а в Большом море соответственно 580,0 и 772,2 мг/л. Это очень высокий

показатель. Если, жесткость пресной воды превышает 12–15 мг-эквивалент, то её запрещают использовать в хозяйстве, например, для орошения, животноводства, в бытовых целях. Это небольшое сравнение для оценки жесткости морской воды. Общая щелочность воды Малого моря 183,0 мг/л, это на 73,2 мг/л меньше концентрации Большого моря. Известно, что концентрация ионов соответствует сухому остатку. Из-за того, что вода Малого моря пресная, общая щелочность ниже. Самое очевидное то, что концентрация ионов хлора в воде Большого моря на 6522,8 г/л больше чем в водах Малого моря. Растворимость в воде и продвижение этого элемента независит от температуры среды. Выходит, ионы хлора в водах Большого моря накопились с давних времен. Концентрация ионов сульфата (SO_4) в водах двух морей близкая: в литре воды Малого моря – 3789,1 мг/л сульфата, а в водах Большого моря – 3622,8 г/л ионов сульфата. Концентрация этих ионов в воде зависит от температурного режима. Если, вода охлаждается, то ионы оседают и их количество в воде уменьшается. Ионов натрия много. Ионов натрия и калия в литре воды Малого моря – 4797,5 мг/л, а в водах Большого моря – 9267,5 г/л. Ионы натрия в основном соединяются с ионами сульфата и оседают в виде мирабилитных солей ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$). Эти соли и составляют соли, которые собираются на обезвоживанном грунте морского дна. В летние месяцы температура воздуха поднимается и мирабилит на поверхности грунта испаряет воду с себя, появляется тенардит – сухая серная кислота натрия (Na_2SO_4). Это – порошок белого цвета. Тот самый, который сдувается с поверхности грунта, попадает на поля, пашни и портит плодородную землю. Восточная маловодная часть Аральского моря в 70-ых годах прошлого века быстро осушилась, оставшуюся в поверхности грунта солевую массу с морской воды в виде солевых выносов пылевых бурь стало сдувать во все стороны. Этот процесс в первые 10–15 лет шел очень динамично. Потом восточная набережная моря сдвинулась далеко на запад и уровень соленой воды в пластах понизилась, из-за чего, остановился процесс капиллярного выхода воды по профилю грунта. Потому что, профиль грунта состоит из всяких отложений, пластов. Механический состав этих пластов разный, в основном песчинки, глина, глинистые и алевроит, грунт собранный из отложений пропускает воду по капиллярам очень плохо [3].

Из-за этого, между солёной водой в пластах и поверхностью грунта нет связи. Доказательство тому, во многих участках верхний 1,0–1,5 метровый профиль грунта сухой. В таких условиях соли оставшиеся от морской воды на поверхности грунта, это в основном соли кальция ($\text{CaCO}_3, \text{CaSO}_4$) и натрия (Na_2SO_4 – тенардит) сдуловетром. А от галита (NaCl) оставшегося на грунте появилась жесткая (бронь) скорлупа. Сейчас поверхность восточной осушенной части моря такыровидная и кое-

где встречаются растения, поверхность грунта степи «Массагет» жесткая. Из-за чего в степи на осушенном месте моря солевых выбросов нет. Значит, эта проблема не главная головная боль.

По последней информации поступившей в 2019 году (сентябрь) в засохшие озера Карашалан, Баян, Жыланды, Домалак, Картьма, Кызылжарма поступило 82,0 млн м³ воды. Это в свою очередь способствовало озеленению приморских и прибрежных зон, тем самым уменьшая солевой выброс. В регионе сформировался мягкий микроклимат удобный для домашнего скота, хищных зверей и птиц. Местные жители восстанавливают рыболовное хозяйство и используют растительность влажных земель в качестве пашни.

Литература

1. Шынбергенов Е., Абжалелов Б.Б., Кужамбердиева С.Ж., Нургизаринов А.М. // Влияние колебаний уровня Северного Аральского моря на экологическую обстановку в регионе. «Арал өңірінің тарихи-мәдени мұралары және әлеуметтік экологиясын зерттеу басымдықтары» атты республикалық ғылыми-тәжірибелік конференция. Қызылорда. 2011 жыл, 10-11 қараша 196–199.
2. Шынбергенов Е.А., Сиханова Н.С., Абжалелов Б.Б., Кужамбердиева С.Ж., Тапалова А.С. // Влияние колебания Северного Малого Арала на экологическую обстановку в регионе Экологические проблемы промышленных городов. 6-ая Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. – Саратов, 2013. – С. 318–319.
3. Арыстан Е., Абжалелов Б.Б. // Динамика состава ингредиентов в верхнем и нижнем течении воды реки Сырдарьи и влияние ее на организм человека. Международная студенческая экологическая конференция 2009, Новосибирск. 30 октября–1 ноября.

Байер М.А., Денисова Е.Р.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ТОКСИЧЕСКОГО И ГЕНОТОКСИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОЛИГОНА ТКО КУЧИНО НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Исследование направлено на оценку воздействия на окружающую среду полигона твердых коммунальных отходов “Кучино”, расположенного на юго-востоке Московской области. В ходе работы произведен анализ проб почвы и природной воды окрестностей полигона, а также его фильтрата на общую токсичность и генотоксичность, с использованием различных про- и эукариотических тест-систем и химического анализа. На основе полученных данных, сделан вывод о наличии резко негативного влияния полигона на прилегающие экосистемы.

Ключевые слова: полигон ТКО “Кучино”, токсичность, генотоксичность, lux-test, тест Эймса, тестирование на гидробионтах *Chlorella vulgaris* и *Daphnia magna*.

Важнейшей экологической проблемой современного общества является стремительный рост числа городских свалок, образующихся по причине крайне слабо развитой культуры обращения с коммунальными отходами. Наиболее освещенным СМИ событием последних лет стало закрытие в 2017 году подмосковного полигона ТКО “Кучино” по приказу В.В. Путина после прямого обращения местных жителей и москвичей с жалобой на загрязнение атмосферного воздуха свалочным газом.

Данный полигон расположен на территории плотно заселенного района Балашиха в непосредственной близости к жилым домам, используемому в питьевых целях роднику и охраняемому природному объекту – реке Пехорке. Активно выделяющийся газ свидетельствует о протекании процессов распада захороненных веществ с образованием токсичного фильтрата, загрязняющего близлежащие почвы и гидрологические объекты.

Для комплекса исследований был проведен отбор десяти проб, отмеченных на схеме (рис. 1).



Рис. 1. Схема расположения точек отбора проб (с возрастанием нумерации происходит увеличении высоты рельефа)

Значения, полученные в результате измерения водородного показателя жидких проб, демонстрируют изменение рН-баланса в щелочную сторону, по мере приближения к полигону (табл. 1).

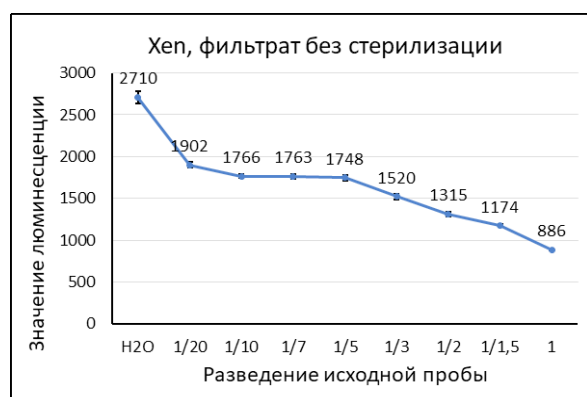
Таблица 1

Значения водородного показателя жидких проб					
№ пробы	1) родник	2) ручей	3) река Пехорка	5) фильтрат	8) Тарелочкин пруд
Значение Ph	5,5	6,0	7,0	8,5	7,5
-----> <-----					

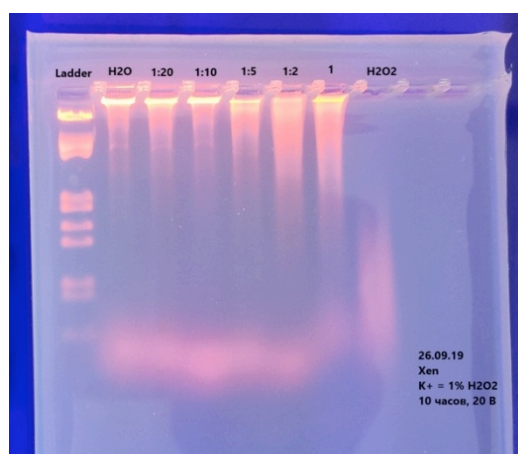
В работе были применены тест-системы, неоднократно использованные в подобных исследованиях [1], [2], основанные на трансгенных бактериях *Escherichia coli* и *Salmonella typhimurium*.

Лух-тест на культуре Xen *E. coli* показал, что концентрация фильтрата явно коррелирует с уменьшением люминесценции бактерий, что для данного штамма означает наличие общей токсичности тестируемого соединения (рис. 2, а).

Электрофорез с использованием штамма Xen *E. coli*, определил, что длина ДНК-следа возрастает с увеличением концентрации фильтрата в ряде разведений. Это означает, что фильтрат увеличивает количество мелких, мобильных ДНК фрагментов, а следовательно, обладает генотоксической активностью (рис. 2, б).



а



б

Рис. 2. а) зависимость интенсивности люминесценции штамма Xen *E. coli* от концентрации фильтрата; б) результат электрофореза ДНК штамма Xen *E. coli*, подвергнутого концентрациям фильтрата в течение 1 часа

В тесте Эймса, выявляющем мутагенную активность, использовались бактериальных штаммы *Salmonella typhimurium*: TA 97, TA 98 и TA 100. Тест показал значительное увеличение числа мутантных колоний под воздействием фильтрата и воды из реки Пехорки, в сравнении с контролем, что свидетельствует об их мутагенной активности.

Проведен анализ токсичности жидких проб, путем оценки изменения численности клеток тест-объекта *Chlorella vulgaris* Beijer за 24 часа (по результатам измерения величины оптической плотности) [3].

Таблица 2

Средние значения числа колоний штамма *Salmonella typhimurium* в тесте Эймса

Штамм	H ₂ O (контроль)	Фильтрат (№5)	река Пехорка (№3)
ТА 97	63	1200	850
ТА 98	213	1277	795
ТА 100	122	1367	466

По его результатам в пробах из ручья, реки, а особенно, фильтрата наблюдалось сильное подавление численности клеток водоросли, что свидетельствует о наличии острых токсических свойств водных объектов.

В течение 4-х суток с использованием тест-объекта *Daphnia magna* для фильтрата были определены следующие показатели: полуметальная кратность разведения (ЛК50(96)) = 6,4% и безопасная кратность разведения (БКР) = 1,2%. Из этого следует, что для достижения биологической нейтральности, жидкость необходимо развести в 100 раз.

Результаты химического анализа показали, что содержание мышьяка и тяжелых металлов в почве соответствуют составу фильтрата (табл. 3). Это доказывает наличие сильнейшего негативного воздействия полигона на экологический ландшафт.

Таблица 3

Содержание мышьяка и тяжелых металлов в фильтрате и почве возле полигона

Сравниваемый показатель	Фильтрат (№5), мкг/г	Почва (№6), мг/кг	Отношение
Медь	0,7	320*	0,0022
Цинк	0,32	490*	0,0007
Свинец	0,04	230*	0,0002
Кадмий	0,002	3*	0,0007
Марганец	0,45	580	0,0008
Ртуть	0,0006	0,77	0,0008
Мышьяк	0,04	3,8	0,0105
Никель	0,34	41	0,0082
Хром	0,33	4,4	0,0068
Кобальт	0,06	0,9	0,0666

(* - концентрации, превышающие верхний допустимый уровень).

Выражаем благодарность за помощь в проведении исследования проф. Т.А.Ежовой, проф. С.К.Абилеву, ст. науч. сотр. Е.В.Куприяновой, ст. науч. сотр. В.И. Ипатовой и ст. науч. сотр. Д.М. Гершкович.

Литература

1. Ловинская А.В., Колумбаева С.Ж., Суворова М.А., и др. Комплексное исследование потенциальной токсичности и генотоксичности образцов воды из природных источников пригородной зоны г. Алматы // Экологическая генетика. – 2019. – Т. 17. – № 2. – С. 69–81.
2. Кхатаб З.С. Эколого-генетическая оценка качества воды родников г. Ростова-на-Дону методом биотестирования с использованием светящихся бактерий // Диссертация на соискание к.б.н. - 2012.
3. Григорьев Ю.С. Методика определения токсичности природных и сточных вод по изменению оптической плотности культуры водоросли *Chlorella vulgaris* Beijer // Федеральная служба по надзору в сфере природопользования - 2012.

Л.А. Безбердая, Д.В. Власов, Н.С. Касимов

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

ЗАГРЯЗНЕНИЕ МИКРОЧАСТИЦ РМ₁₀ ПОЧВ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЗОНЫ СЕВАСТОПОЛЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И МЕТАЛЛОИДАМИ

Впервые определены уровни накопления тяжелых металлов и металлоидов в частицах РМ₁₀ (диаметром 10 мкм и менее) почв промышленной функциональной зоны Севастополя, где наиболее интенсивно накапливаются Pb, Sn, Cu, Sr, W. Относительно общих содержаний концентрации практически всех поллютантов в частицах РМ₁₀ почв до 2 раз выше, что определяет их большую опасность. Суммарное загрязнение фракции РМ₁₀ почв соответствует высокому опасному уровню загрязнения, которое установлено примерно на 22% территории города.

Ключевые слова: частицы РМ₁₀, городские почвы, тяжелые металлы, техногенное воздействие

В результате роста численности населения, промышленного производства и транспортных средств в городах происходит техногенное загрязнение ландшафтов наиболее опасными и токсичными поллютантами – тяжелыми металлами и металлоидами (ТМ). Поступая в атмосферу с выбросами автотранспорта и промышленных предприятий, они оседают на поверхности почвы в составе пыли и аэрозолей и накапливаются в течение длительного периода, становясь источником вторичного загрязнения воздуха при выдувании. При эколого-геохимической оценке состояния окружающей среды важным индикатором являются наиболее тонкие микрочастицы диаметром 0,01 мм и менее (физической глины) или РМ₁₀ (РМ – аббревиатура «particulate matter», цифра показывает содержание всех частиц диаметром ≤ 10 мкм), которые несколько суток могут находиться во взвешенном состоянии и затем поступать в органы верхних дыхательных путей человека, повышая риск возникновения многих заболеваний [1].

Основное внимание при этом уделяется мониторингу содержания PM_{10} в атмосферном воздухе, в то время как в других компонентах окружающей среды распределение этих частиц и их состав исследуется значительно реже. В то же время, среди городов с геохимических позиций менее изучены приморские рекреационные города [2], которые в некоторых случаях являются также и крупными промышленными центрами. Типичным представителем такого города является Севастополь. Исследование химического состава почв позволяет оценить загрязнение окружающей среды городов за многолетний период. В связи с этим целью исследования явилась оценка интенсивности загрязнения почв и их микрочастиц PM_{10} в пределах промышленной зоны Севастополя.

Севастополь расположен в юго-западной части Крымского полуострова, на побережье Черного моря и является крупным морским портом, промышленным и рекреационным центром. В городе размещены предприятия нефтехимии, производства строительных материалов, ремонта и судостроения, металлообработки, пищевой промышленности, производственно-складские помещения, котельные и др. Основными стационарными загрязнителями атмосферного воздуха Севастополя являются предприятия теплоэнергетического комплекса, от которых за 2016 г. поступило в атмосферу 6,21 тыс. т загрязняющих веществ, а уловлено и обезврежено всего 1,8 тыс. т [3].

Опробование поверхностных (0-15 см) горизонтов почв в промышленной функциональной зоне Севастополя ($n = 27$) осуществлялось методом конверта летом 2017 г. В качестве регионального фона послужили поверхностные горизонты черноземов ($n = 11$) в пределах западного склона Сапун-горы и в 2 км к северо-востоку от города. Фракция PM_{10} почв выделена в Эколого-геохимическом центре географического факультета МГУ методом отмучивания [4] с использованием при фильтровании мембранного фильтра с диаметром пор 0,45 мкм. Валовое содержание As, Zn, Cd, Pb (I класс опасности), Co, Sb, Ni, Mo, Cr, Cu (II), Ba, V, Sr, W (III), а также Bi, Sn, Cs, Be, Fe, Mn определялось атомно-эмиссионной и масс-спектрометрией с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS, ICP-AES) во ВНИИ минерального сырья им. Н.М. Федоровского.

Загрязнение почв и их фракции PM_{10} ТМ оценивалось с помощью коэффициентов концентрации (K_c) и рассеяния (K_p): $K_c = C_i/C_b$ и $K_p = C_b/C_i$, где C_i – содержание поллютанта в почвах или во фракции PM_{10} в городе, мг/кг; C_b – в фоновых почвах или фракции PM_{10} , мг/кг. Загрязнение микрочастиц PM_{10} почв ассоциациями ТМ характеризовалось величиной суммарного показателя загрязнения (Z_c): $Z_c = \sum K_c - (n - 1)$, где n – число химических элементов с $K_c > 1,5$ [5]. Степень экологической опасности загрязнения ТМ определяли в зависимости от величины Z_c : < 16 – неопасный, 16–32 – умеренно опасный, 32–64 – опасный, 64–128 – очень опасный, > 128 – чрезвычайно опасный уровни. Гигиеническую опасность

загрязнения почв и фракции PM_{10} ТМ оценивали на основе предельно допустимых (ПДК) или ориентировочно допустимых концентраций (ОДК). Коэффициент экологической опасности $Ko = Ci/ПДК_i$ показывает, во сколько раз превышен гигиенический норматив.

Во фракции PM_{10} почв промышленной зоны Севастополя наиболее интенсивно накапливаются (нижние индексы – значения Kc) $Pb_{5,4}Sn_{5,1}Cu_{2,4}Sr_{2,1}W_{1,6}$, которые поступают преимущественно с выбросами предприятий теплоэлектроэнергетики, в составе которых могут содержаться Sn, Pb, Cd, Sr [5, 6, 7], а также металлообработки, ремонтных мастерских и при активном производстве строительных материалов, что приводит к высоким поставкам техногенной пыли. Кроме этого, серьезный вклад в загрязнение почв промышленной зоны Севастополя вносит автомобильный парк предприятий, в результате работы которого с выхлопными газами, при истирании шин и тормозных колодок, абразии дорожного покрытия поступают Zn, Pb, Sn, W, затем накапливающиеся в почвах. Из-за повышенной сорбционной способности мелких частиц содержание практически всех ТМ (кроме Sr) в PM_{10} больше (отношение содержания элемента в PM_{10} к почве в целом составляет 1,1-1,8). При этом наиболее интенсивно аккумулируется Sb, Cd и Bi (в 1,7 раза), а также Pb (в 1,6 раза). Sr, напротив, активнее накапливается в почвах в целом по сравнению с частицами PM_{10} (в 1,3 раза).

Суммарный показатель загрязнения (Zc) ТМ во фракции PM_{10} почв промышленной зоны Севастополя в целом соответствует высокому и опасному уровню ($Zc = 35$), который зафиксирован на 22% территории. В этой фракции техногенные геохимические аномалии имеют немного более высокий уровень загрязнения по отношению к общему содержанию в почвах ($Zc = 32$). Площадь участков с низким, неопасным уровнем суммарного загрязнения частиц PM_{10} почв ($Zc < 16$) составляет около 56%. Во фракции PM_{10} выявлено две геохимических аномалии ТМ с очень высоким, очень опасным ($Zc = 82$) и максимальным, чрезвычайно опасным ($Zc = 358$) уровнями загрязнения. Первая аномалия с высокими значениями Kc Sb (30), Cd (15), Zn (12), Mo (8), Pb (8), Sn (6), Cr и Cu (5), Sr, W и Ba (3) образовалась в районе Инкермана рядом с заводом марочных вин. Вторая аномалия расположена в промышленной зоне Севастополя рядом с аэродромом “Южный”, где концентрации Sb превышают фоновые значения в 144 раза, Zn – 109, Cd – 38, Sn – 20, Pb – 18, Mo – 14, Ba – 12, Sr – 6, Cu и Mn – 4, W – 3, Co – 2 раза.

С гигиенических позиций, наибольшую опасность во фракции PM_{10} почв промышленной зоны Севастополя представляют Zn ($Ko = 5,9$), Sb ($Ko = 1,9$) и Pb ($Ko = 1,3$), ОДК которых превышены на 56%, 22% и 37% территории соответственно. ПДК Cd превышены примерно на 15%, ОДК Cu – на 7% и As – на 15% территории города. Превышений нормативов для V и Ni в частицах PM_{10} почв не выявлено.

Полевые и лабораторные работы выполнены в рамках Крымской комплексной экспедиции Русского географического общества, исследование загрязнения микрочастиц PM_{10} тяжелыми металлами и металлоидами – в рамках проекта РФФИ №19-15-50056.

Литература

1. Ревич Б.А. Мелкодисперсные взвешенные частицы в атмосферном воздухе и их воздействие на здоровье жителей мегаполисов // Проблемы экологического мониторинга и моделирование экосистем. 2018. № 3. С. 53-78.
2. Касимов Н.С., Безбердая Л.А., Власов Д.В., Лычагин М.Ю. Металлы, металлоиды и бенз(а)пирен в микрочастицах почв и дорожной пыли Алушты // Почвоведение. 2019. № 12. С. 1524-1538.
3. Доклад “О состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2016 г.”. Ижевск: ООО «Принт-2», 2017. 300 с.
4. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
5. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.
6. Demetriades A., Birke M. Urban geochemical mapping manual: sampling, sample preparation, laboratory analysis, quality control check, statistical processing and map plotting. Brussels: EuroGeoSurveys, 2015. 162 p.
7. Landing W.M., Caffrey J.M., Nolek S.D., Gosnell K.J., Parker W.C. Atmospheric wet deposition of mercury and other trace elements in Pensacola, Florida // Atmospheric Chemistry and Physics. 2010. Vol. 10. P. 4867-4877..

Бускунова Г.Г., Бикбова И.И

Сибайский институт (филиал) Башкирского государственного университета

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ БАШКИРСКОГО ЗАУРАЛЬЯ

Изучено содержание Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Cd, Pb, Co в почвах Зауралья Республики Башкортостан. Коэффициенты вариации тяжелых металлов в почвах высокие (выше 21%), исключением является Fe, для которого характерна средняя вариация (10,1%). По степени загрязнения Zс изученные почвы в ПП 1 и ПП 4 относились к категории допустимой, а в ПП 2 и ПП 3 – умеренно-опасной.

Ключевые слова: тяжелые металлы, предельно-допустимые концентрации, оценка степени загрязненности почв, коэффициент вариации.

Тяжелые металлы (ТМ) относятся к особым загрязняющим веществам, наблюдения за которыми обязательны во всех средах обитания. Почва является основной средой, в которую попадают ТМ, в том числе из

атмосферы и водной среды. Она же служит источником вторичного загрязнения приземного воздуха и вод, попадающих из нее в Мировой океан. Из почвы ТМ усваиваются растениями, которые затем попадают в пищу. Термин «тяжелые металлы», характеризующий широкую группу загрязняющих веществ, получил в последнее время значительное распространение. В различных научных и прикладных работах авторы по-разному трактуют значение этого понятия. В связи с этим количество элементов, относимых к группе тяжелых металлов, изменяется в широких пределах [1].

Целью работы - оценка загрязнения тяжёлыми металлами техногенно загрязненных почв Зауралья Республики Башкортостан (РБ). Объектом исследований выбраны почвы Зауралья РБ. На территории Зауралья было заложено 4 пробных площадок (ПП) (рис. 1).

Отбор проб почвы проведен методом конверта. С каждой пробной площадки образцы почв отобраны с помощью лопаты на глубине 5-15 см и упаковывали в полиэтиленовые мешочки, затем высушивали, просеивали через сито для дальнейшего исследования [2]. Содержание ТМ (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Cd, Pb, Co) в образцах почв определяли атомно-абсорбционным методом в лаборатории обогатительной фабрики СФ ОАО «УГОК». Для экотоксикологической оценки почв использовали предельно-допустимые концентрации (ПДК) ТМ для подвижных форм [3], для железа – фон [4]. Для оценки степени загрязненности почв ТМ был рассчитан индекс суммарного загрязнения (Z_c): при $Z_c < 16$ загрязнение считается допустимым; при $16 < Z_c < 32$ – умеренно опасным; при $32 < Z_c < 128$ – высокоопасным; при $Z_c > 128$ – чрезвычайно опасным [5].

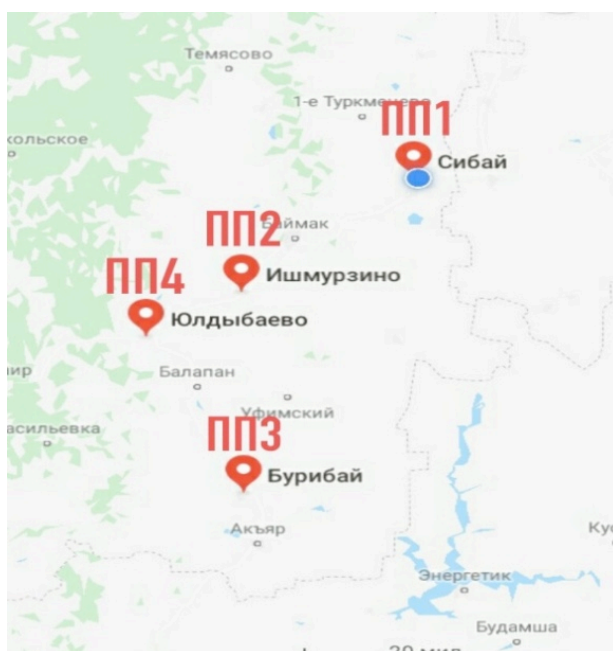


Рис. 1. Карта-схема расположения пробных площадок

Для выяснения изменчивости содержания ТМ в почвах был вычислен коэффициент вариации (C_v , %): C_v до 10% - низкая; от 11% до 20% - средняя; от 21% и выше высокая вариация [6]. Построение графиков, статистическая обработка полученных данных была проведена с использованием пакетов статистических программ MS Excel, Statistica 6.0.

Концентрации подвижной формы Cu в исследованных ПП колеблется от 0,98 до 7,90 мг/кг ($C_v=77,86\%$), Zn - от 66,0 до 156,0 мг/кг ($C_v=40,8\%$), Fe - от 256,0 до 327,0 мг/кг ($C_v=10,1\%$), Ni - от 0,309 до 5,9 мг/кг ($C_v=78,6\%$), Mn - от 3,08 до 252 мг/кг ($C_v=70,6\%$), Pb - от 0,02 до 1,05 мг/кг ($C_v=71,8\%$), Cd - от 0,27 до 3,42 мг/кг ($C_v=66,1\%$), Co - от 0,45 до 6,5 мг/кг ($C_v=79,1\%$) (табл. 1).

Таблица 1

Статистические показатели тяжелых металлов в почвах Зауралья РБ

Тяжелые металлы	Статистические показатели					ПДК п.ф., мг/кг
	M, мг/кг	m, мг/кг	min, мг/кг	max, мг/кг	C_v , %	
Cu	3,765	1,465773	0,98	7,9	77,86313	3
Zn	98,9375	20,21199	66	156	40,85811	23
Fe	284,5	14,43664	265	327	10,14878	3800 (фон)
Ni	3,25225	1,279224	0,309	5,9	78,667	4
Mn	153,27	54,15773	3,08	252	70,66971	140
Pb	0,63	0,226311	0,02	1,05	71,84476	6
Cd	2,215	0,73299	0,27	3,42	66,18424	0,22
Co	3,285	1,29967	0,45	6,5	79,12754	5

Содержание подвижных форм цинка (2,9-6,8 раза) и кадмия (1,2-15,5 раза) в почвах превышают уровень ПДК во всех исследованных ПП.

Максимальные концентрации Cu (2,6ПДК) и Ni (1,5ПДК) отмечаются в ПП 4, Co (1,3ПДК) в ПП 2. Содержание Mn в почвах выходит за пределы ПДК (140 мг/кг) во всех пробных площадках, за исключением ПП 1, где концентрация марганца составляет 3,08 мг/кг. Концентрации Pb и Fe в почвах не выходят за пределы ПДК (рис. 2).

Таким образом, коэффициенты вариации ТМ в почвах высокие (выше 21%), исключением является железо, для которого характерна средняя вариация (10,1%). По степени загрязнения Зс изученные почвы в ПП 1 и ПП 4 относились к категории допустимой, а в ПП 2 и ПП 3 – умеренно-опасной.

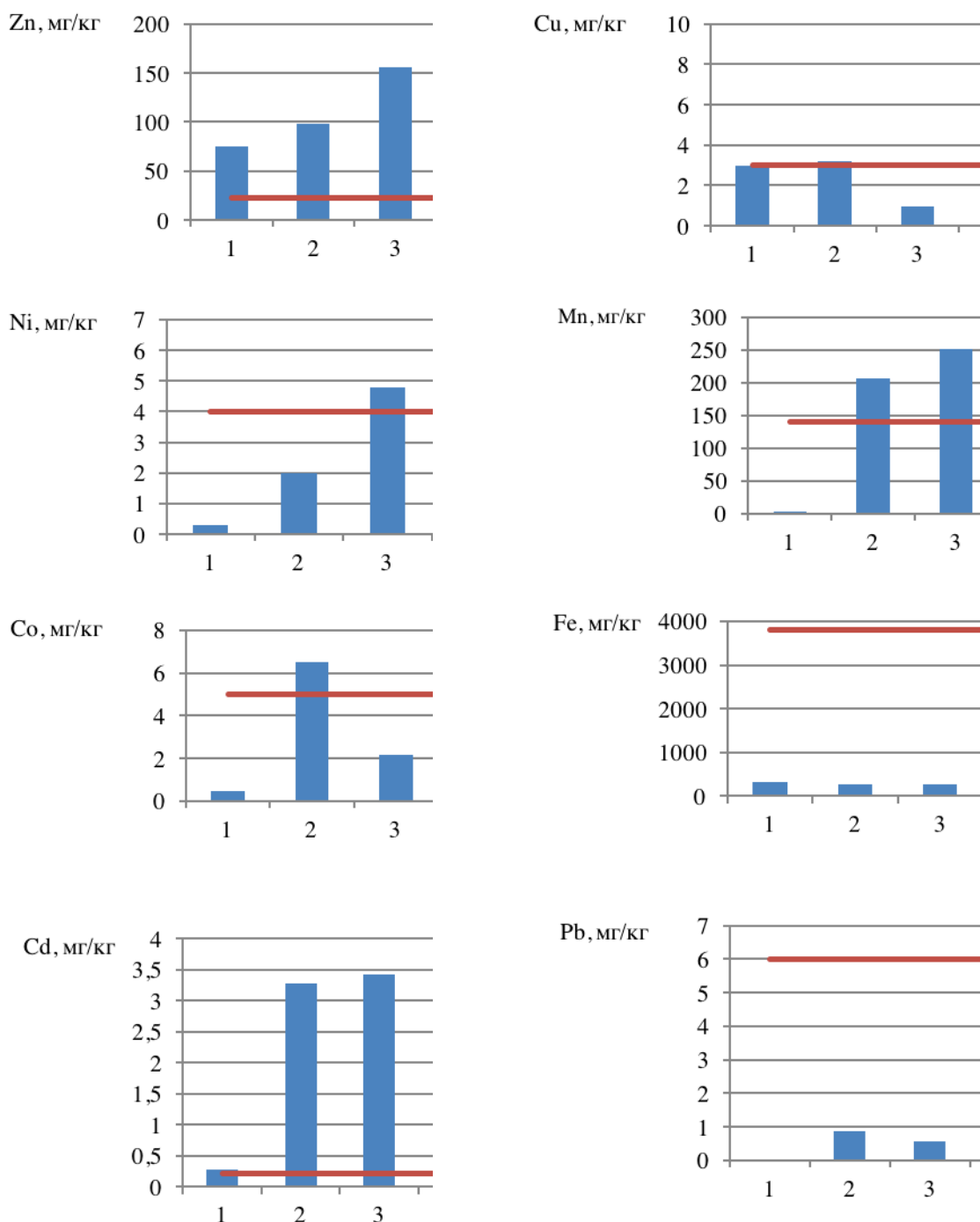


Рис. 2. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах Зауралья РБ:
— ПДК, мг/кг, для Fe – фон.

Литература

1. Щеглов Д.И., Джувеликян Х.А. и др. Загрязнение почв тяжелыми металлами. Способы контроля и нормирования загрязненных почв, Учебно-методическое пособие для вузов-2009.-169 с.
2. ГОСТ 17.4.4.02-84 Охрана природы (ССОП). Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа
4. ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве

5. Черников В.А. и др. Агроэкология. – М.: Колос, 2000. – 536 с.
6. Сает Ю.Е. и др. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
7. Зайцев Г.Н. Методика биометрических расчетов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. – М.: Наука, 1973. – 424 с.

Н. В. Василевская, А. В. Сидорчук

Мурманский арктический государственный университет

ВОЗДЕЙСТВИЕ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ *SORBUS GORODKOVII* ROJARK В ОКРЕСТНОСТЯХ КОМБИНАТА «ПЕЧЕНГАНИКЕЛЬ»

Представлены данные загрязнения почв тяжелыми металлами (Cd, Cu, Pb, Zn), мониторинга вегетативного роста и репродуктивного развития эндемичного вида Фенноскандии – рябины Городкова (*Sorbus gorodkovii* Rojark.), произрастающей в окрестностях обогатительной фабрики г. Заполярного (Мурманская область). Впервые показано, что в условиях арктического климата и полиметаллического загрязнения почв у *S. gorodkovii* происходит ингибирование роста листьев на ранних этапах онтогенеза, а также снижение уровня фертильности пыльцы. В целом ценопопуляции рябины Городкова являются резистентными и адаптированы к хроническому загрязнению почв тяжелыми металлами.

Ключевые слова: *Sorbus gorodkovii*, тяжелые металлы, рост, развитие, Арктика

Мурманская область – один из центров цветной металлургии на Северо-Западе России. Комбинаты «Печенганикель» и «Североникель» ОАО «Кольская горно-металлургическая компания» являются крупнейшими источниками техногенного загрязнения в Евро-Арктическом регионе. На долю этих предприятий приходится от 70 до 90 % ежегодных выбросов сернистого газа и практически 100% никеля и меди на территории Мурманской области. В результате длительного воздействия техногенных выбросов в импактных зонах этих предприятий образовались депрессивные территории, характеризующиеся высокой кислотностью и экстремальным содержанием Cu и Ni в почве и водоемах. Комбинат «Печенганикель» расположен на северо-западе Мурманской области (Печенгский район), в лесотундровой зоне. Медно-никелевый комбинат находится в п. Никель (69° 25' с. ш., 30° 15' в. д.), обогатительная фабрика – в г. Заполярный (69° 25' с. ш., 30° 48' в. д.), зоны их техногенного воздействия существенно перекрываются. Основными загрязняющими веществами при переработке сырья являются диоксид серы и пыль, содержащая тяжелые металлы (Ni, Cu, Co).

Для решения задач экологического мониторинга среды используется метод биоиндикации, позволяющий определить совокупность факторов различного промышленного воздействия на биоценозы. Исследования

проводились в ценопопуляциях *Sorbus gorodkovii* Pojark (рябина Городкова) – эндемика Фенноскандии. Зимостойкий и быстрорастущий вид, широко распространен в городских насаждениях Мурманской области. Исследования *S. gorodkovii* единичны, на Кольском полуострове изучена динамика роста побегов и листьев, особенности мезоструктуры листьев рябины Городкова в условиях техногенного загрязнения г. Мурманска и г. Заполярного [1-4].

В мае 2017 г. в окрестностях обогатительной фабрики ОАО «Кольская горно-металлургическая компания» (г. Заполярный), заложено пять пробных площадок, на которых произрастает рябина Городкова. Все ценопопуляции *S. gorodkovii* находятся в зоне полиметаллического загрязнения почв. Две из них расположены на территории г. Заполярный: ПП₁ – детская спортивная площадка в центре города (1.64 км от обогатительной фабрики), ПП₂ – на выезде из города, рядом с автотрассой (1.8 км от фабрики). Вне города заложены: ПП₃ – окрестности Хлебозавода (0.76 км от фабрики), ПП₄ – лесной массив, рядом с автотрассой (6.6 км от фабрики), ПП₅ – на территории предприятия, в сквере около автотранспортного цеха. Контрольная площадка находится в экологически чистой зоне, в окрестностях поселка Верхнетуломский, на расстоянии 98 км от г. Заполярный. На каждой ПП маркировались по 10 деревьев рябины.

Определение валового содержания металлов в почвах экспериментальных площадок (Cd, Cu, Pb, Zn) выполнено на вольтамперометрическом анализаторе «ТА-Lab» компании «Томь аналит». Измерения параметров листьев проводилось в динамике, в течение июня и июля 2017 г. Замеры листьев (длины и ширины) проводили каждые 7 суток. Длину листа измеряли от его основания, ширину – у пары срединных листочков (N=50). С каждой площадки отобраны образцы соцветий с созревшей пылью. Фиксация материала производилась в 40% этиловом спирте. Исследования пыльцы на фертильность проводилась методом ацетокарминового окрашивания. Фертильная пыльца содержит крахмал и способна прокрашиваться в отличие от стерильной. Всего изучено по 500 пыльцевых зёрен с каждой пробной площадки. Полученные данные обработаны однофакторным дисперсионным анализом.

Анализ образцов почв на валовое содержание тяжелых металлов показал, что на всех экспериментальных площадках отмечается значительное превышение ПДК: Zn (600 – 1740 мг/кг), Pb (90 – 440 мг/кг), Cd (1.6 – 100 мг/кг). Особенно высокие значения получены по концентрации ионов меди (720 – 15600 мг/кг).

В результате изучения динамики роста листьев *S. gorodkovii* получено, что промышленное загрязнение почв тяжелыми металлами оказывает ингибирующее воздействие на апикальный рост листьев, особенно на ранних этапах их развития. На большинстве экспериментальных площадок в начале роста листьев (8.06), их длина в три, а на ПП₁ – в четыре раза меньше

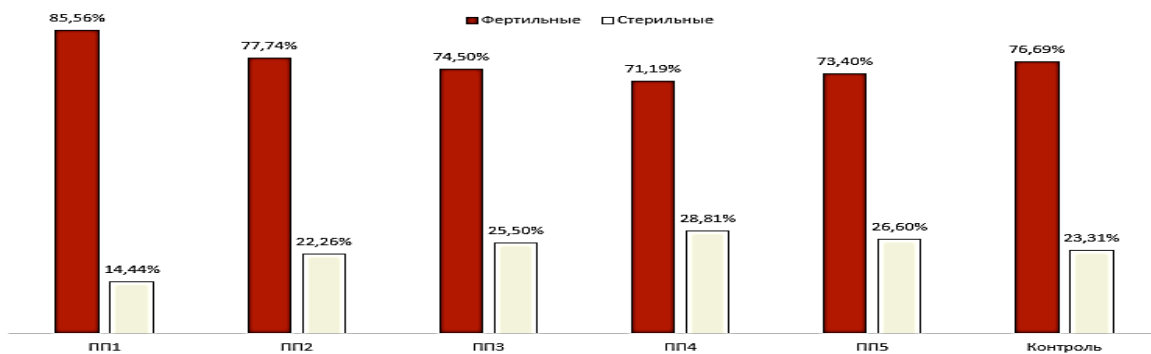
контрольных значений, к середине июня (15.06) ингибирование роста во всех ценопопуляциях снижается до двукратного отставания от контроля.

Во второй половине июня апикальный рост усиливается, длина листьев на пробных площадках г. Заполярный (ПП₁, ПП₂) меньше, чем в контроле на 30 %, в окрестностях обогатительной фабрики (ПП₃, ПП₄, ПП₅) на 40 %. Особый интерес представляет тот факт, что если с середины июля этот показатель в ценопопуляциях *S. gorodkovii* г. Заполярного приближается к контрольным значениям, то на площадках ПП₃, ПП₄, ПП₅ расположенных за пределами города, ингибирование более пролонгировано, апикальный рост листьев отстает от контроля на 20 – 25%.

Аналогичные тенденции прослеживаются в динамике роста листьев *S. gorodkovii* в «ширину». Это понятие достаточно условно, так как измерялась совокупная длина срединных листочков сложного листа. Получено, что в середине июня, сразу после разворачивания листьев, их ширина на всех экспериментальных площадках в 2.5 – 3 раза меньше, чем в контроле. Во второй половине июня эти различия резко снижаются и составляют от 20 до 38 % по площадкам. К 20 июля ширина листьев в ценопопуляциях *S. gorodkovii* г. Заполярный меньше контрольных значений только на 3 – 9 %, в то время как на ПП₃, ПП₄, ПП₅ на 16 – 20 %. Замедление роста обычно рассматривается как одна из наиболее общих и известных реакций растений на промышленное загрязнение, включая диоксид серы и тяжелые металлы.

В результате палинологического анализа во всех протестированных образцах выявлена фертильная и стерильная пыльца *S. gorodkovii*. Содержание фертильных пыльцевых зерен варьирует по экспериментальным площадкам незначительно, от 71.2 до 77.7%, исключение составляет площадка ПП₁, расположенная в г. Заполярный, где ее доля – 85.6% (в контроле 76.6%) (рис. 1). Количество стерильной пыльцы в образцах четырех площадок изменяется от 22.3 до 28.8% (в контроле 23.3%). Минимальное ее содержание – 14.4% выявлено на площадке ПП₁ (рис. 1), несмотря на очень высокий уровень загрязнения почвы тяжелыми металлами. Максимальное содержание стерильной пыльцы (28.8%) обнаружено в пробах площадки ПП₁, рядом с которой находится резервный отстойник «Печенганикеля». Однофакторный дисперсионный анализ показал, что аккумуляция тяжёлых металлов в поверхностных слоях почвы не влияет на количество стерильной и фертильной пыльцы.

Данные мониторинга ростовых показателей *S. gorodkovii* и показатели фертильности пыльцы в импактной зоне медно-никелевого комбината «Печенганикель» свидетельствуют о том, что ценопопуляции рябины Городкова являются высоко резистентными и адаптированы к хроническому загрязнению почв тяжелыми металлами.



Обозначения: ПП₁ – детская спортивная площадка в центре города Заполярный, ПП₂ – на выезде из города, ПП₃ – окрестности Хлебозавода, ПП₄ – 34-й км автотрассы, ПП₅ – сквер на территории обогатительной фабрики, около автотранспортного цеха.

Соотношение фертильных и стерильных пыльцевых зёрен
S. gorodkovii в г. Заполярный и его окрестностях (в %)

Полученные данные подтверждают результаты норвежских и финских исследователей [5, 6], которые впервые показали, что в условиях субарктического климата и промышленного загрязнения на Кольском полуострове происходит быстрая адаптация деревьев к антропогенному стрессу и эволюция их резистентности.

Литература

1. Василевская Н. В. Особенности мезоструктуры листа *Sorbus gorodkovii* Rojark в урбанизированной среде [Текст] / Н. В. Василевская, И. Е. Лебедевич // Естественные и технические науки. - 2015. - № 11 (89). - С. 143 – 147
2. Василевская Н. В. Воздействие техногенного загрязнения г. Мурманска на рост и развитие *Sorbus gorodkovii* Rojark [Текст] / Н. В. Василевская, И. Е. Лебедевич // Естественные и технические науки. - 2016. - № 4 (94). - С. 23 – 28
3. Василевская Н. В. Воздействие промышленного загрязнения комбината «Печенганикель» на динамику роста *Sorbus gorodkovii* Rojark (Мурманская область) [Текст] / Н. В. Василевская, А. В. Сидорчук // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. - 2018. - № 3 (172). - С. 25 – 33
4. Василевская Н. В. Биомониторинг окружающей среды в зоне техногенного воздействия комбината Печенганикель (Мурманская область) [Текст] / Н. В. Василевская, А. В. Сидорчук // Изучение, сохранение и восстановление естественных ландшафтов. - Москва: Планета. - 2017. - С. 346 – 353
5. Eranen J. K. Rapid evolution towards heavy metal resistance by mountain birch around two subarctic copper–nickel smelters [Text] / J. K. Eranen // J. Evol. Biol. - 2008. - V. 21 - P. 492 – 501
6. Eranen J. K. Mountain birch under multiple stressors – heavy metal-resistant populations co-resistant to biotic stress but maladapted to abiotic stress [Text] / J. K. Eranen, J. Nilsen, V. E. Zverev, M. V. Kozlov // J. Evol. Biology. - 2009. - V. 22. - P. 840 – 851.

**ПРОМЫШЛЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ АРКТИЧЕСКОЙ
УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА
СТРУКТУРУ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА РАСТЕНИЙ**

Определены концентрации тяжелых металлов (Cu, Ni, Zn, Pb, V) в почвах г. Мурманска в окрестностях мусоросжигательного и судоремонтного заводов, Мурманского морского торгового порта. При помощи методов световой микроскопии исследованы хлоропласты мезофилла листьев *Betula nana* L. В условиях полиметаллического загрязнения почв в окрестностях промышленных объектов выявлено значительное варьирование размеров хлоропластов, от карликовых до гипертрофированных, нарушение их формы, большое количество слипшихся или тесно сгруппированных мелких хлоропластов.

Ключевые слова: тяжелые металлы, Арктика, *Betula nana*, хлоропласты

В последние десятилетия российская Арктика все больше подвергается антропогенному воздействию вследствие активного развития промышленности, транспорта и логистики, разведки углеводородов и газа [1]. В связи с этим увеличивается уровень загрязнения арктических урбанизированных территорий. Деревья и кустарники реагируют на загрязнение среды комплексом структурных и физиологических реакций. Накопление токсических веществ в их тканях влияет, прежде всего, на структуру и функционирование ассимиляционного аппарата, что показано для ряда гипоарктических видов [2-5].

Исследования проведены в г. Мурманске – крупнейшем незамерзающем порту России, расположенным за Полярным кругом (68°58' с. ш.; 33°05' в. д.). Климатические особенности города формируются под влиянием тёплого Северо-Атлантического течения Баренцева моря. Основными источниками загрязнения атмосферы г. Мурманска являются завод по термической обработке твердых бытовых отходов (ТО ТБО), Мурманский морской торговый порт, Мурманская ТЭЦ (Южная, Центральная, Восточная котельные), 35-й судоремонтный завод АО ЦС «Звездочка» и база РТП «Атомфлот». Экологическая ситуация в последние годы ухудшается. По данным Доклада Министерства природных ресурсов и экологии Мурманской области [6] в 2017 г. в Мурманске выбросы основных загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников (242,9 тыс. т) увеличились на 11,1 тыс. т по сравнению с 2016 г. (231,8 тыс. т). В 2017 г. отмечено увеличение суммарного показателя загрязнения почвы г. Мурманска (К почва) который составил 5,84, что в 2,7 раза выше, чем в 2015 – 2016 гг. [6].

В качестве объекта биомониторинга изучалась *Betula nana* L. – береза карликовая, типичный гипоарктический вид, характерна для умеренно северных районов приатлантической Арктики, образует в южной части тундровой зоны ерниковые заросли.

В июне 2018 г. в г. Мурманск с севера на юг заложено 4 пробных площадки, на которых произрастает *B. nana*, различающиеся по уровню загрязнения среды. ПП₁ – склон сопки на ул. Лобова, ПП₂ – окрестности Семеновского озера, ПП₃ – окрестности озера Среднего, ПП₄ – ул. Героев Рыбачьего. Контрольная площадка находится на 35 км Серебрянского шоссе, в северном направлении от города. Все экспериментальные площадки расположены в районах с повышенной техногенной нагрузкой. ПП₁ (ул. Лобова) – в 400 м от 35-го судоремонтного завода АО ЦС «Звездочка», рядом находится база РТП «Атомфлот», где осуществляется перезагрузка и временное хранение жидких и твердых радиоактивных отходов. ПП₂ (окрестности Семеновского озера) – в 953 м от Мурманского морского торгового порта, где осуществляется дробление и перевалка угля открытым способом. ПП₃ (окрестности озера Среднее) расположена в 373 м от одного из наиболее экологически опасных объектов г. Мурманска – завода по термической обработке твердых бытовых отходов (ТО ТБО). ПП₄ (ул. Героев Рыбачьего) находится рядом с автомобильной дорогой и гаражным кооперативом.

На всех экспериментальных площадках в сентябре 2018 г. собраны пробы почв для анализа на содержание тяжёлых металлов. Определение валового содержания тяжелых металлов (Cu, Ni, Zn, Pb, V) выполнено в Центре лабораторного анализа и технических измерений г. Мурманска на атомно-абсорбционном спектрофотометре МГА-915 М для низких концентраций и атомно-абсорбционным спектрофотометре Contr AA 300 для высоких концентраций тяжелых металлов. На каждой экспериментальной площадке в мае 2018 г. отмаркировано по 10 кустарников *B. nana*. Для проведения анатомических исследований в конце июня, июля и августа 2018 г. собраны листья, которые фиксировали в растворе FAA. Исследование хлоропластов проводили на поперечных срезах листьев под световым микроскопом при увеличении в 400 раз, с помощью окулярмикрометра.

В результате химического анализа во всех пробах почв г. Мурманска выявлено содержание меди (18.3 – 91.8 мг/кг), в контроле 23.1 мг/кг (табл.1). Значительное превышение ПДК (91.8 мг/кг) обнаружено в окрестностях завода по термической обработке твердых бытовых отходов (ПП₃) и 35-го судоремонтного завода АО ЦС «Звездочка» (84.2 мг/кг) (ПП₁). Концентрация никеля в почвах пробных площадок изменяется от 31.6 до 123.3 мг/кг, в контроле 4.2 мг/кг. Превышение ПДК выявлено на трех площадках, максимальное в окрестностях мусоросжигательного завода (123.3 мг/кг) (ПП₃) и 35-го судоремонтного завода АО ЦС «Звездочка» (102.8 мг/кг) (ПП₁). Почвы города сильно загрязнены цинком, наиболее

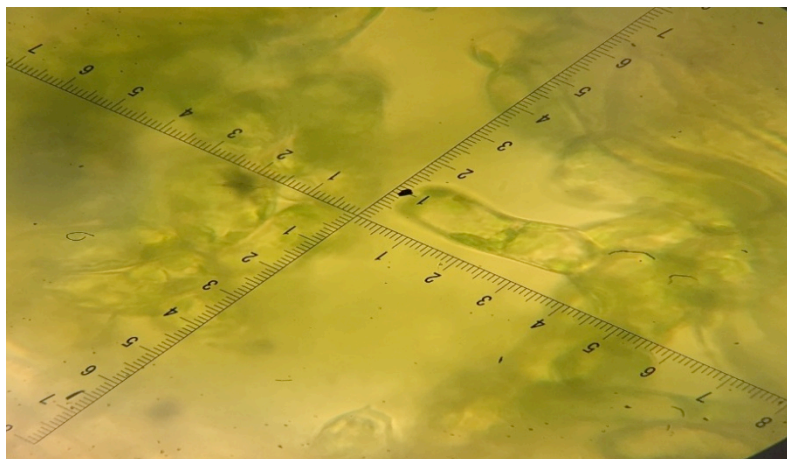
высокие концентрации – в пробах из окрестностей 35-го судоремонтного завода АО ЦС «Звездочка» (520.4 мг/кг), мусоросжигательного завода (358.4 мг/кг) и зоны воздействия Мурманского морского торгового порта (298.6 мг/кг). Неожиданно низким оказалось валовое содержание свинца: от 3.1 до 38.1 мг/кг, в контроле 0.6 мг/кг. На всех площадках концентрация Pb ниже ПДК, кроме ПП₁. Во всех пробах почв, включая контроль, содержится ванадий, его концентрация – от 67.3 до 141.6 мг/кг, в контроле 79.1 мг/кг.

Валовое содержание тяжелых металлов в почвах г. Мурманск в 2018 г. (мг/кг)

№ площадки	Cu	Ni	Zn	Pb	V
ПП ₁	84.2	102.8	520.4	38.1	141.6
ПП ₂	38.4	31.6	298.6	2.3	101.1
ПП ₃	91.8	123.3	358.4	4.5	120.7
ПП ₄	18.3	44.2	34.1	3.1	67.3
Контроль	23.1	4.2	22.6	0.6	79.1

У листьев *B. nana*, произрастающей рядом с промышленными объектами, отмечено значительное варьирование размеров хлоропластов, от карликовых до гипертрофированных, нарушение их формы, большое количество слипшихся или тесно сгруппированных мелких хлоропластов.

В губчатых клетках листьев *B.nana* площадок 35-го судоремонтного (ПП₁) и мусоросжигательного заводов (ПП₃) часто (особенно в июньских и июльских пробах) встречаются гигантские хлоропласты, которые имеют веретеновидную или цилиндрическую форму (8.8 мкм в длину и 2.5 мкм в ширину). Во всех пробах выявлены хлоропласты обычной линзовидной формы, размеры которых варьируют от 2.5 до 5 мкм в длину, 0.5 – 1.5 мкм в ширину. В образцах листьев *B.nana* как в контроле, так и экспериментальных площадок высока доля карликовых хлоропластов круглой формы диаметром 1.25 мкм. Такие карликовые пластиды выявлены во всех пробах. В контроле и на ул. Героев Рыбачьего их доля составляла 20 – 30% от общего числа хлоропластов. В зоне техногенного воздействия предприятий г. Мурманска (ПП₁, ПП₂, ПП₃) количество очень мелких хлоропластов составляет 40 – 50%. При этом, на всех площадках, включая контроль, выявлены слипшиеся или тесно сгруппированные мелкие хлоропласты. Особенно они многочисленны у *B. nana*, произрастающей в окрестностях 35-го судоремонтного и мусоросжигательного заводов. Присутствие большой доли карликовых, слипшихся, гипертрофированных хлоропластов в клетках мезофилла листьев *Betula nana* в окрестностях промышленных объектов г. Мурманска свидетельствует о нарушении их развития.



Гигантские хлоропласты в клетках столбчатого мезофилла листьев *Betula nana* на площадке в окрестностях завода ОАО «Звездочка»

Хлоропласты арктических видов растений относятся к световому типу, имеют мелкие недоразвитые граны и низкое содержание хлорофилла. Для гелиофитов, к которым относятся гипоаркты, характерно слабое развитие гран и небольшое число тилакоидов [3]. Карликовая береза является типичным гелиофитом, как и большинство тундровых растений. Выявленная специфика структуры ассимиляционного аппарата *Betula nana* является адаптацией как к арктическому климату, так и техногенному загрязнению среды. Это требует дальнейших исследований с использованием современных методов световой и электронной микроскопии.

Литература

1. Abakumov E. Soil polychemical contamination on Belyi island as key background and reference plot for Yamal region [Text] / E. Abakumov, G. Shamilishvili, A. Yurtaev // Polish Polar Research Journal.- 2017.- V. 30 (3). P. 313 – 332
2. Лукина Ю. М. Воздействие промышленного загрязнения на строение листа *Betula czerepanovii* (Betulaceae) [Текст] / Ю. М. Лукина, Н. В. Василевская // Растительные ресурсы. - 2012. - Т. 48. Вып. 1. - С. 51 – 58
3. Василевская Н. В. Экология растений Арктики. [Текст] / Н. В. Василевская. – Мурманск. – 2014. – 184 с.
4. Василевская Н. В. Динамика изменений мезоструктуры листьев *Betula nana* L в условиях техногенного загрязнения г. Мурманска [Текст] / Н. В. Василевская, В. В. Стружко // Проблемы обеспечения экологической безопасности и устойчивое развитие арктических территорий» Архангельск. – 2019 . - С. 230 – 235
5. Василевская Н. В. Особенности мезоструктуры листа *Sorbus gorodkovii* Rojark в урбанизированной среде [Текст] / Н. В. Василевская, И. Е. Лебедевич // Естественные и технические науки.- 2015. - № 11 (89). - С. 143 – 147
6. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Мурманской области в 2017 г. Мурманск, 2018. 166 с.

РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ НОВОЙ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТРАБОТАННЫХ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ НА ЧЕЛОВЕКА И ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Предложена новая методика оценки воздействия отработанных СОЖ на человека и окружающую среду. По результатам апробации можно сделать вывод, что новая методика оценки позволяет более точно ранжировать СОЖ по категории воздействия и определять степень негативного воздействия на человека и окружающую среду.

Ключевые слова: смазочно-охлаждающие жидкости, воздействие, методика, оценка

Смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) содержат ряд компонентов, опасных с точки зрения воздействия на человека и окружающую среду и оказывают разнообразное негативное воздействие как на здоровье человека, так и на окружающую среду в целом [1-7]. Отработанные СОЖ являются токсическим опасным отходом. В связи с этим необходимо осуществлять оценку воздействия СОЖ на человека и на окружающую среду.

Авторами проведены исследования степени токсичности некоторых отработанных СОЖ с использованием методов биотестирования.

Для оценки негативного воздействия СОЖ Хамидулловой Л.Р. и др. разработана методика, основанная на балльно-рейтинговой оценке, [3]. Однако данная методика, по мнению авторов, нуждается в усовершенствовании. По полученным результатам оценки СОЖ с использованием прежней методики сделать вывод, что все три испытуемых СОЖ оказывают одинаково умеренное воздействие, однако результаты биотестирования показывают, что СОЖ EcoLineCuttingFluid и EmulsionPro-TecB 380 явно более опасны как по токсической кратности разбавления, так и по способности к биоразлагаемости.

Авторы предлагают следующее усовершенствование данной методики:

- 1) Добавить градацию по степени биоразлагаемости СОЖ;
- 2) Усовершенствовать градацию по токсическим веществам, выделяемым при эксплуатации СОЖ.

В таблице 1 представлена усовершенствованная методика оценки негативного воздействия отработанных СОЖ. С использованием предложенной методики оцениваемые СОЖ ранжируются по степени негативного воздействия следующим образом (таблица 2).

По результатам апробации предложенной методики можно сделать вывод, что новая методика оценки воздействия отработанных смазочно-охлаждающих жидкостей на человека и окружающую среду позволяет более точно ранжировать СОЖ по категории воздействия и определять степень негативного воздействия на человека и окружающую среду.

Таблица 1

Усовершенствованная шкала оценки степени воздействия СОЖ на человека и окружающую среду по суммарному рейтинговому баллу

Суммарный рейтинговый балл	Степень воздействия СОЖ	Предложение к кодировке
14-17 баллов	Гипервоздействие	ГВ
10-13 баллов	Сильное воздействие	СрВ
6-9 баллов	Умеренное воздействие	УВ
1-5 балла	Слабое воздействие	СлВ
0 баллов	Не оказывает воздействия	НВ

Таблица 2

Результаты оценки степени воздействия испытуемых СОЖ на человека и окружающую среду с использованием усовершенствованной методики

Наименование СОЖ	Оцениваемая характеристика	Количество баллов
МАКСОЛ	Раздражающее действие на глаза	2
	Кожно-резорбтивное действие	0
	Сенсибилизирующее действие	0
	Токсичные вещества, выделяемые при эксплуатации СОЖ (для оценки берется вещество, которое соответствует наиболее высокому классу опасности)	5
	Токсичность при внутривенном введении (средняя смертельная доза – LD50)	1
	Биоразлагаемость СОЖ	2
	ИТОГО:	10
	Степень воздействия СОЖ по сумме баллов:	Сильное
Emulsion Pro-Tec B 380	Раздражающее действие на глаза	1
	Кожно-резорбтивное действие	1
	Сенсибилизирующее действие	0
	Токсичные вещества, выделяемые при эксплуатации СОЖ (для оценки берется вещество, которое соответствует наиболее высокому классу опасности)	4
	Токсичность при внутривенном введении (средняя смертельная доза – (LD50)	1
	Биоразлагаемость СОЖ	1
	ИТОГО:	8
	Степень воздействия СОЖ по сумме баллов:	Умеренное
EcoLine Cutting Fluid	Раздражающее действие на глаза	1
	Кожно-резорбтивное действие	1
	Сенсибилизирующее действие	0
	Токсичные вещества, выделяемые при эксплуатации СОЖ (для оценки берется вещество, которое соответствует наиболее высокому классу опасности)	4
	Токсичность при внутривенном введении (средняя смертельная доза – LD50)	1
	Биоразлагаемость СОЖ	0
	ИТОГО:	7
	Степень воздействия СОЖ по сумме баллов:	Умеренное

Литература

1. Васильев, А. В. Анализ негативного воздействия смазочно-охлаждающих жидкостей на человека и биосферу и методов его снижения / А. В. Васильев, Л. Р. Хамидуллова // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2011. – № 4. – С. 10.
2. Токсикологическая и гигиеническая оценка смазочно-охлаждающих жидкостей, внедряемых в промышленность / И. В. Саноцкий [и др.] // Научно-технический прогресс и гигиена труда в машиностроении. – М., 1977. – С. 108-114.
3. Хамидуллова, Л. Р. Классификация и комплексная оценка смазочно-охлаждающих жидкостей по степени воздействия на человека и биосферу / Л. Р. Хамидуллова, А. В. Васильев // Известия Самарского научного центра РАН. – 2011. – Т. 13, № 5. – С. 279-281.
4. Хамидуллова, Л. Р. Воздействие СОЖ предприятий машиностроения как проблема техносферной безопасности / Л. Р. Хамидуллова, А. В. Васильев // ELPIT 2011. PROCEEDINGS : сб. трудов III Междунар. экологического конгресса (V Междунар. науч.-техн. конференции) "Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов" : Россия, Самарская область, Тольятти - Самара, Самарский науч. центр РАН, ТГУ, 21-25 сент. 2011 г. Т. 4. – Тольятти, 2011. – С. 290-295.
5. Хамидуллова, Л. Р. Программное обеспечение по расчету негативного экологического воздействия смазочно-охлаждающих жидкостей на человека и биосферу / Л. Р. Хамидуллова, А. В. Васильев // Сб. материалов докладов XV аспирантско-магистерского семинара, посвященного «Дню энергетика». Т. 2. – Казань, 2011. – С. 186-187.
6. Черемных, Е. Г. Применение в токсикологических исследованиях автоматических приборных биотестов / Е. Г. Черемных // Партнеры и конкуренты. – 2003. – № 11. – С. 10-12.
7. Vasilyev A.V. Method and Approaches to the Estimation of Ecological Risks of Urban Territories. Proc. of Scientific Journal "Safety of Technogenic Environment" of Riga Technical University, Riga, Latvian Republic, edition of Riga Technical University, 2014, №6, pp. 43-46.

Д.В. Власов

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

МЕТАЛЛ(ОИДЫ) В ТОРАКАЛЬНОЙ ФРАКЦИИ ДОРОЖНОЙ ПЫЛИ ЮЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТИ МОСКВЫ

Изучено содержание тяжелых металлов и металлоидов (ТММ) в дорожной пыли и ее торакальной (диаметром 10 мкм и менее – PM_{10}) фракции в Южном административном округе (ЮАО) Москвы, где сосредоточено большое число промзон. PM_{10} накапливают ТММ в 1,6–7,8 раза интенсивнее, чем дорожная пыль в целом. Главные поллютанты дорожной пыли и PM_{10} в ЮАО – Cu, Zn, Cd, Sb, Pb, W, Bi и Mo. Наибольшее суммарное обогащение ТММ характерно для пыли и PM_{10} на крупных

дорогах, МКАД и шоссе.

Ключевые слова: микрочастицы, мегагорода, дорожная пыль

Серьезной экологической проблемой современных городов является загрязнение воздуха, особенно твердыми частицами, одним из источников которых является выдувание дорожной пыли [1]. Утилизация дорожной пыли требует значительных финансовых затрат. Оценка экологического риска загрязнения и определение категории опасности дорожной пыли затруднено из-за недостаточной исследованности в большинстве городов России; такие работы приурочены в основном к крупным городам [2-4]. Изучение состава торакальной фракции (диаметром 10 мкм и менее – PM_{10}) дорожной пыли важно с экологической точки зрения, поскольку она может поступать во внутренние органы грудной клетки человека [1], что опасно из-за ее обогащения многими поллютантами, в том числе тяжелыми металлами и металлоидами (ТММ).

В Москве главными источниками вещества дорожной пыли являются транспорт, выбросы промышленных предприятий, атмосферные выпадения, противогололедные реагенты в зимний период и дефляция почв в летний [5]. Автотранспорт составляет до 98% общего объема выбросов, в 2018 г. – 782 тыс. т [6]. Крупные промзоны с интенсивной техногенной нагрузкой (Ленино, Бирюлево, Нагатино, Коломенское, Котляково, Верхние Котлы, Красный строитель, Чертаново) расположены в Южном округе (ЮАО), что привело к формированию высокого уровня загрязнения территории по сравнению с другими округами [6]. Поэтому цель работы – изучить состав дорожной пыли и фракции PM_{10} в ЮАО.

Дорожная пыль опробовалась в ЮАО на дорогах с разной интенсивностью движения ($n = 26$) в июне-июле 2017 г.: на Московской кольцевой автодороге (МКАД) и радиальных шоссе с количеством полос в одну сторону больше 4 ($n=6$), крупных дорогах с 3–4 полосами ($n=7$); средних с 2 полосами ($n=5$); малых с 1 полосой и внутри дворов со стоянками ($n=8$). Смешанные пробы отбирались вдоль бордюра с обеих сторон дороги с помощью пластикового совка и щетки в 3–5 повторностях.

Содержание PM_{10} в дорожной пыли определялось в Эколого-геохимическом центре МГУ лазерной гранулометрией. Выделение фракции PM_{10} проведено отмучиванием [3]. Содержание ТММ в PM_{10} и валовых пробах пыли определялось в лаборатории ВНИИ минерального сырья имени Н.М. Федоровского масс-спектральным (ICP-MS) и атомно-эмиссионным методами (ICP-AES) с индуктивно связанной плазмой.

В среднем PM_{10} составляют 11,8% от дорожной пыли; колебания доли PM_{10} по категориям дорог невелики (2–5%). В некоторых точках внутри дворов доля частиц PM_{10} достигает 25% из-за неэффективных уборок дорог. Из-за техногенного воздействия дорожная пыль ЮАО накапливает относительно верхней части континентальной коры Cu, Zn, Cd, Sb и Pb в

2,3–3,7 раза, а Mo, W, Sn и Bi – в 1,4–2 раза. Остальными ТММ дорожная пыль обеднена (табл. 1). В PM_{10} содержание Sb почти в 18, Cd – 14, W и Zn – 11, Sn – 8,3, Cu – 7,7, Pb и Bi – 7,1, Mo – 4,7 раз выше кларков верхней части континентальной коры, то есть PM_{10} накапливают ТММ в среднем в 1,6–7,8 раза интенсивнее, чем дорожная пыль в целом.

Таблица 1

ТММ в дорожной пыли и ее частицах PM_{10} в ЮАО Москвы (лето 2017 г.)

Элемент	Кларк, мг/кг [7]	Дорожная пыль ($n=26$)		PM_{10} дорожной пыли ($n=26$)		D_x
		содержание, мг/кг	KK	содержание, мг/кг	KK	
Ti	3900	1909 (839–3536)	0,5	3277 (136–17281)	0,8	1,7
V	106	48 (21–95)	0,5	88 (5,4–501)	0,8	1,8
Cr	92	45 (18–161)	0,5	74 (2,1–493)	0,8	1,6
Mn	770	353 (209–573)	0,5	720 (58–4573)	0,9	2,0
Fe	40600	22635 (10981–40777)	0,6	42641 (2823–220472)	1,1	1,9
Co	15	5,5 (3,1–12)	0,4	15 (1,0–85)	1,0	2,8
Ni	50	20 (9,1–39)	0,4	48 (5,1–310)	1,0	2,5
Cu	27	99 (15–556)	3,7	208 (12–906)	7,7	2,1
Zn	75	169 (94–325)	2,3	841 (48–5663)	11,2	5,0
As	5,6	5,2 (0,67–43)	0,9	2,0 (0,37–5,0)	0,4	0,4
Mo	1,1	2,2 (0,79–4,0)	2,0	5,2 (0,063–21)	4,7	2,4
Cd	0,09	0,28 (0,16–0,55)	3,1	1,3 (0,082–8,6)	14,0	4,5
Sn	2,5	4,5 (1,3–10)	1,8	21 (1,0–137)	8,3	4,6
Sb	0,81	2,5 (0,74–5,7)	3,1	15 (0,45–48)	18,4	5,9
W	2,03	3,0 (0,98–5,6)	1,5	23 (1,2–167)	11,5	7,8
Pb	17	42 (16–280)	2,5	121 (6,5–923)	7,1	2,9
Bi	0,23	0,32 (0,081–1,9)	1,4	1,6 (0,12–12)	7,1	5,1
Rb	98	35 (21–50)	0,4	65 (4,8–420)	0,7	1,9

Примечание. В скобках – минимальное и максимальное значения. D_x – отношение содержания элемента в PM_{10} к пыли в целом [8].

Загрязнение дорожной пыли и ее фракции PM_{10} ТММ оценено с помощью коэффициента обогащения $EF = (C_i/C_{Rb})/(K_i/K_{Rb})$, где C_i и C_{Rb} – содержание i -го элемента и Rb в пробе, K_i и K_{Rb} – кларки i -го элемента и Rb в верхней части континентальной коры [7]. В среднем дорожная пыль ЮАО обогащена (цифры – EF) $Cu_{11}Sb_9Cd_9Pb_8Zn_7Mo_6Sn_6Bi_4W_4As_3$. Фракция PM_{10} обогащена в 2–5 раз интенсивнее, чем дорожная пыль и накапливает $Sb_{30}Cd_{21}Zn_{17}W_{17}Sn_{12}Cu_{12}Pb_{10}Bi_{10}Mo_8$. Основные источники этих ТММ – выбросы автотранспорта, износ дорожного полотна, шин, тормозных колодок и других частей автомобилей [9], а также воздействие железнодорожного транспорта, предприятий по производству электролитической фольги и литью цветных металлов, завода по производству оптоэлектронных приборов, мясокомбината, кирпичного завода, 9-го и 17-го автобусных и 7-го и 8-го троллейбусных парков.

Для интегральной оценки рассчитан суммарный показатель обогащения $TEF = \sum EF - (n-1)$ при $EF > 1$, где n – число элементов с $EF > 1$. Дорожная пыль ЮАО по величине TEF характеризуется низким уровнем

экологического риска, а частицы PM_{10} – высоким. Обогащенность дорожной пыли и PM_{10} ТММ зависит от размера дороги (от интенсивности транспортного потока). Так, наибольшие уровни TEF характерны для дорожной пыли и ее фракции PM_{10} на крупных дорогах, МКАД и шоссе (рис. 1), где помимо легковых автомобилей передвигается большое число крупного грузового и общественного транспорта, поставляющего большое количество твердых частиц. Контрастные аномалии Cu, Sb, Zn, Cd, Sn, Pb и других ТММ формируются в пыли Варшавского, Каширского и Бесединского шоссе, МКАД, проспекта Андропова, Кавказского бульвара, Липецкой улицы, реже – на средних и малых дорогах и во дворах домов.

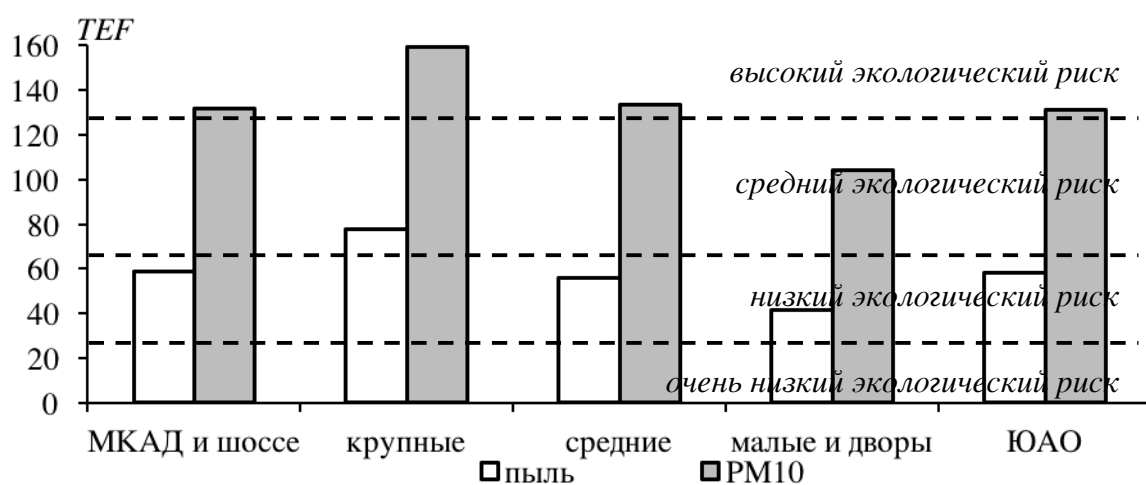


Рис. 1. Суммарное обогащение дорожной пыли и ее фракции PM_{10} ТММ в ЮАО Москвы. Градации TEF даны по [3]

Уборки дорожного полотна городскими службами, в результате которых происходит «обновление» вещества пыли, а также менее интенсивное техногенное воздействие транспорта приводит к снижению TEF в пыли и ее фракции PM_{10} на средних и малых дорогах по сравнению с крупными. Во дворах и на малых дорогах уровень TEF пыли и PM_{10} всего в 1,3–1,8 раза меньше, чем на крупных и средних дорогах, МКАД и шоссе. Поэтому эти территории нуждаются в более частых уборках.

Таким образом, частицы PM_{10} являются одной из важнейших фаз-носителей ТММ в дорожной пыли ЮАО Москвы. Из-за подверженности выдуванию с дорог, способности долгое время находиться в воздухе во взвешенном состоянии и высоких концентраций Sb, Cd, Zn, W, Sn, Cu, Pb, Bi и Mo, частицы PM_{10} создают повышенную экологическую опасность для постоянного населения и гостей округа.

Полевые и лабораторные работы выполнены при финансовой поддержке Русского географического общества (Договор 18/2018-И), обобщение результатов – по проекту Российского научного фонда (№ 19-77-30004).

Литература

1. Ramirez O., Sanchez de la Campa A.M., Amato F., Moreno T., Silva L.F., de la Rosa J.D. Physicochemical characterization and sources of the thoracic fraction of road dust in a Latin American megacity // *Science of the Total Environment*. 2019. V. 652. P. 434-446.
2. Fedotov P.S., Ermolin M.S., Karandashev V.K., Ladonin D.V. Characterization of size, morphology and elemental composition of nano-, submicron and micron particles of street dust separated using field-flow fractionation in a rotating coiled column // *Talanta*. 2014. V. 130. P. 1-7.
3. Власов Д.В., Касимов Н.С., Кошелева Н.Е. Геохимия дорожной пыли (Восточный округ г. Москвы) // *Вестник Моск. ун-та. Сер. 5, геогр.* 2015. № 1. С. 23-33.
4. Селезнев А.А. Тяжелые металлы в поверхностном грязевом осадке города Екатеринбурга // *Известия УГГУ*. 2018. Вып. 1 (49). С. 46-54.
5. Kasimov N.S., Kosheleva N.E., Vlasov D.V., Nabelkina K.S., Ryzhov A.V. Physicochemical properties of road dust in Moscow // *Geography, Environment, Sustainability*. 2019. Vol. 12. N. 4. DOI: 10.24057/2071-9388-2019-55
6. Битюкова В.Р., Саульская Т.Д. Изменение антропогенного воздействия производственных зон Москвы в постсоветский период // *Вестник Моск. ун-та. Сер. 5, геогр.* 2017. № 3. С. 34-41.
7. Касимов Н.С., Власов Д.В. Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии // *Вестник Моск. ун-та. Сер. 5, геогр.* 2015. № 2. С. 7-17.
8. Касимов Н.С., Безбердая Л.А., Власов Д.В., Лычагин М.Ю. Металлы, металлоиды и бенз(а)пирен в микрочастицах почв и дорожной пыли Алушты // *Почвоведение*. 2019. № 12. С. 1524-1538.
9. Grigoratos T., Martini G. Brake wear particle emissions: a review // *Environmental Science and Pollution Research*. 2015. V. 22(4). P. 2491-2504.

Н.Д. Давыдова

ИГСО РАН «Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН», Иркутск

ВЫЯВЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ-ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ, ИХ НАГРУЗКИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ В ОБЪЕКТАХ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Изучен химический состав потока веществ, поступающих от заводов по производству алюминия в растворимой и малорастворимой форме. Среди 20-ти анализируемых элементов (Si, Al, Fe, Ca, Mg, K, Na, Ti, Mn, P, Sr, Ba, Zn, Cu, Ni, Cr, Co, Pb, F, V) выявлены основные загрязнители - F, Al, Na, Ni. В качестве приоритетного загрязнителя выделен фтор, который отличается высокими нагрузками и токсичностью. На территории, прилегающей к заводам, элемент-токсикант присутствует во всех компонентах ландшафтов: атмосферном воздухе, снежном покрове, дождевой воде, растениях, твердой фазе почв, почвенных растворах и грунтовых водах депрессий вблизи заводов. При этом его концентрации в почвах и фитомассе равные и выше ПДК обнаружены за пределами санитарной зоны на расстоянии 5–6 км. Такая ситуация представляет определенную экологическую опасность и требует в 1,5-2,0 раза снижения

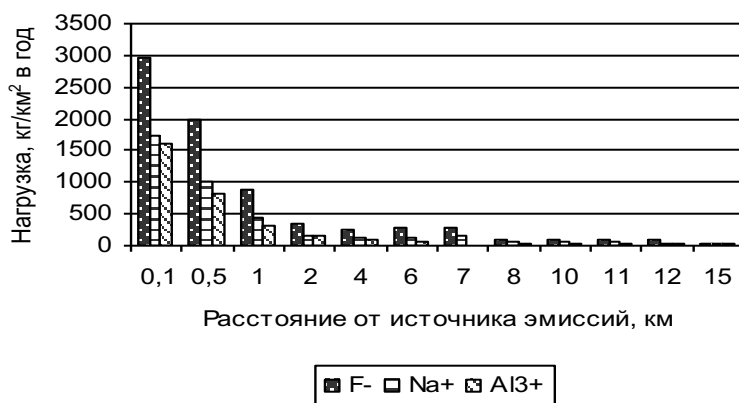
пылегазовых эмиссий заводами ОАО "РУСАЛ Саяногорск" с применением мониторингового сопровождения.

Ключевые слова: загрязнение, поллютанты, снежный покров, почва, растения, нагрузки, нормирование.

Исследования проведены на территории Хакасии (2004-2017 гг.), в зоне распространения пылегазовых эмиссий заводов по производству алюминия ОАО «РУСАЛ Саяногорск», расположенных в долине Енисея, на его левом берегу, в 5-ти км к северу от русла реки.

Ландшафтно-геохимический мониторинг компонентов элементарных ландшафтов и оценка влияния пылегазовых эмиссий на их геохимическое состояние проводились по широкой комплексной программе основанной на принципах и методах геохимии ландшафта [1, 2, 3].

Получены новые экспериментальные данные о химическом составе потоков техногенных веществ в составе эмиссий предприятий по выпуску алюминия. Установлено, что растворимая в снеговой воде часть аэрального потока вблизи заводов обогащена по отношению к снеговой воде фона многочисленной группой поллютантов (в нижнем индексе коэффициент концентрации K_c): $F_{524,3}, Al_{434,9}, Na_{76,3}, Ni_{159,8}, Mn_{13,4}, Sr_{13,3}, Ca_{12,1}, Mg_{11,4}, Si_{6,9}, Zn_{6,1}, Ba_{4,5}, K_{3,3}, Fe_{2,9}, V_{2,5}, Pb_{1,8}, Co_{1,8}$. Наибольшими коэффициентами аномальности выделяются F, Al, Na, Ni. Определение величины их нагрузок (рис.) с целью нормирования (табл.) имеет большое значение для устранения экологических проблем, связанных с загрязнением атмосферы.



Поступление поллютантов, подвижных в водной среде, на территорию, прилегающую к заводам по производству алюминия

Твердые малорастворимые аэрозоли по сравнению с почвами фона содержат в большем количестве $F_{23}, Ni_{15,9}, Al_{5,6}, V_{2,5}, Cu_{2,5}, Zn_{2}, Co_{1,9}, Sr_{1,5}$. В качестве главных поллютантов выделяются F, Ni, Al. Поступление их в малорастворимой форме сопоставимо с хорошо растворимой в воде формой, кроме алюминия, нагрузки которого на порядок больше.

В общем, к приоритетным элементам-загрязнителям пылегазовых эмиссий предприятий по выпуску алюминия отнесены те поллютанты, которые в одной или нескольких ассоциациях имеют индекс аномальности не менее 10. Это F, Al, Na, Ni и сопутствующие им $Mn_{13,4}$, $Sr_{13,3}$, $Ca_{12,1}$, $Mg_{11,4}$ так как превышение содержаний последних над фоном характерно только для жидкой фазы снега.

Нормирование нагрузок фторидов (по фтору) на почвенный покров

Критерий	Нагрузка, т/км² в год		Содержание в почве, мг/кг	
	Формы нахождения			
	Водорастворимая	Малорастворимая	Водорастворимая	Валовая
Допустимый	0,10	0,12	10	500
Критический	0,30	0,20	15	800
Недопустимый	0,50	0,80	30	1000
Фон	0,005	0,02	1,5	400

Установлено, что зона загрязнения снежного покрова фтором распространяется на расстояние более 20 км от алюминиевых заводов преимущественно в северо-восточном направлении со смещением в долину р. Енисей. На границе этой зоны концентрация поллютанта в снеговой воде составляет 0,5 мг/дм³, достигая вблизи завода 30–40 мг/дм³. При этом отмечено, что содержание его в снежном покрове на незагрязненных территориях (фон) составляет 0,03–0,07 мг/дм³.

Содержание фтора в дождевой воде в пределах исследуемой территории существенно меньше по сравнению со снеговой водой. На периферии зоны загрязнения его содержание составляет 0,11 мг/дм³, что близко к среднему по стране (0,054 мг/дм³). В то же время в непосредственной близости от алюминиевых заводов в 90 % случаев концентрации достигали 1–5 мг/дм³, максимальное количество – 13 мг/дм³.

Определено, что предприятия ОАО "РУСАЛ Саяногорск" располагаются на равнине, заполненной валунно-галечниковыми отложениями, которые имеют высокую степень фильтрации водных растворов (до 9 л в сутки). В тоже время террасы покрыты суглинками и супесями. Природные отличия этих поверхностей обусловили формирование различных почв, обладающих неодинаковой способностью к аккумуляции поллютантов соответственно в долине и на увалах.

Выявлено, что первичное поступление техногенного потока фтора в ландшафты зависит, прежде всего, от атмосферной циркуляции и распределительной функции рельефа. Максимальное накопление поллютанта в почвах обнаружено на вершинах и наветренных склонах. Вторичное перераспределение фтора осуществляется преимущественно в процессе миграции в каскадных ландшафтно-геохимических системах, при участии почвенно-геохимических барьеров. В результате аккумуляция элемента происходит как внутри профиля почв (вследствие радиальной

миграции), так в отрицательных формах рельефа (вследствие латеральной миграции). В целом же отмечается постепенное снижение концентрации фтора с удаленностью от источника пылегазовых эмиссий.

Вторичное перераспределение поллютантов в большей степени обусловлено неоднородностью почвенного покрова (плотностью, сложением, гранулометрическим составом), количеством атмосферных осадков (300–400 мм в год), исходным уровнем содержания химических элементов, растительностью (биологическим круговоротом).

Отмечено, что в глинистых фракциях почв может концентрироваться главная часть валового содержания поллютантов загрязнённой почвы. В целом, распределение водорастворимых фторидов в почвах согласуется с распределением тонких фракций мелкозема. Наличие солонцеватого горизонта, за счет высокой сорбционной способности диспергированного материала, также обуславливает повышенные содержания элемента, способствуя образованию его малоподвижной формы. В целом механизмы миграции-аккумуляции фтора определяют характер его радиального распределения в профиле почв и в значительной степени зависят от системы биогеохимических и физико-химических почвенно-геохимических барьеров.

По сравнению с растениями фона растения зоны загрязнения обогащены $F_{14,3-20,8}$, $Ni_{2,0-4,5}$, $Al_{1,6-1,7}$. Выявлено, что содержания фтора в сырой зеленой массе растений в радиусе 12 км имеют повышенные значения (до 3,0 мг/кг), превышающие ПДК. Повышенное содержание элемента в сене обнаруживается на расстоянии до 10–15 км от источника эмиссий (максимально у завода – 315 мг/кг). С увеличением расстояния концентрации постепенно снижаются и составляют 0,5–0,7 ПДК.

Проводить заготовку сена на корм животным возможно за пределами 5–6-ти километровой зоны от Саяногорского и Хакасского алюминиевых заводов, а в некоторых местоположениях и дальше. Постоянный выпас животных на этой территории в летний период может привести к интоксикации их организма.

На удалении 15–18 км от алюминиевых заводов регистрируется превышение фтора в организме мелких млекопитающих [4].

Наращивание производственных мощностей с 230 тыс. тонн алюминия в год (1985 г.) до 839, несмотря на использование современных систем очистки и модернизации технологий предприятий ОАО "РУСАЛ Саяногорск", способствовало образованию фторидной аномалии. Это привело за пределами санитарной зоны (до 5–7 км) к увеличению концентрации фтора в почвах (1–2 ПДК) и возросшей мощности загрязненного слоя (с 2,5–5 до 10 см и глубже). Кроме этого происходит повышение в почвах и валовой формы элемента.

Снижение содержания поллютанта в водных объектах фторидной аномалии наблюдается в направлении снеговая вода – дождевая – грунтовая.

Не затронуты загрязнением глубинные воды питьевого водоснабжения и вода р. Енисей. Повышенное содержание F^- , а иногда и Al^{3+} в воде озер обусловлено природными факторами, так как они находятся за пределами техногенной аномалии.

Рекомендуется ОАО "РУСАЛ Саяногорск", уменьшить годовой выброс твердых и особенно газообразных фторидов в 1,5-2 раза по сравнению с существующим объемом.

Литература

1. Глазовская М.А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. М.: Изд-во МГУ, 1964. 230 с.
2. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: «Астрей-2000», 1999. 763 с.
3. Davydova N.D., Znamenskaya T.I., Lopatkin D.A. Landscape-Geochemical Approach to Solving Problems of Environmental Pollution // Contemporary Problems of Ecology. 2014. Vol. 7. No. 3. Pp. 345-352.
4. Преловский В.А. Антропогенная трансформация населения наземных позвоночных животных Южно-Минусинской котловины: Автореф. дис...канд. геогр. наук. Иркутск, 2015. 23 с.

Е.Ю. Иванова

Воронежский государственный университет

БИОИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА Г. НОВОВОРОНЕЖ ПРИ ПОМОЩИ *PINUS SYLVESTRIS L.*

Оценивали степень загрязненности приземного слоя атмосферы в г. Нововоронеж методами биоиндикация. Выбор места исследования определен наличием в городе крупной атомной станции. Использован метод оценки повреждения хвои сосны обыкновенной по степени повреждения и степени усыхания. Состояния воздуха было оценено как благоприятное.

Ключевые слова: биоиндикация, класс усыхания, класс повреждения, сосна обыкновенная.

Биоиндикация загрязненности воздушной среды по состоянию различных показателей хвойных (в частности, сосны обыкновенной) за годы использования зарекомендовала себя как достаточно информативный, объективный, не требующий значительных финансовых затрат метод. Это связано с высокой степенью чувствительности сосны обыкновенной к типичным поллютантам современных урбосистем [1, 2].

В данной работе была дана оценка качества атмосферного воздуха г.Нововоронежа по биологическим показателям состояния хвои *Pinus*

Sylvestris L. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются автотранспорт, завод «Атомэнергозапчасть», городская котельная МУП «Энергия», Нововоронежский мясокомбинат; основными поллютантами – оксид углерода, диоксид серы, оксиды азота. Согласно изученной литературе по применению биоиндикационных методов в оценке состояния окружающей среды, степень чувствительности сосны обыкновенной к данным загрязнителям достаточно высока, что позволило нам использовать данный способ биоиндикации для определения загрязненности атмосферного воздуха г. Нововоронежа.

В ходе выполнения биоиндикационного исследования были задействованы: 6 типологических точек (2 предположительно благополучные и 4 с загрязнением атмосферного воздуха), 1 вид биоиндикатор (*Pinus sylvestris*), 2 биоиндикационных признака (максимальный возраст хвои и степень повреждения и усыхания хвои второго года жизни).

В ходе отбора проб проводился осмотр у каждого дерева хвои предыдущего года (вторые сверху мутовки). Высокие деревья обследовались на боковых побегах в четвертой сверху мутовке. Всего с каждого объекта было собрано по 50 пар (100) хвоинок, по 2 тест-объекта на участке. Более светлый шипик хвоинки не оценивался. По степени повреждения и усыхания хвои выделяют несколько классов.

Классы повреждения: 1 – хвоинки без пятен; 2 – хвоинки с небольшим числом мелких пятен; 3 – хвоинки с большим числом черных и желтых пятен.

Классы усыхания: 1 – на хвоинках нет сухих участков; 2 – на хвоинках усох кончик 2-5 мм; 3 – усохла 1/3 хвоинки; 4 – вся или большая часть хвоинки сухая.

Далее проводилось определение продолжительности жизни хвои. Обследовались верхушечные части ствола за последние годы: каждая мутовка, считая сверху, - год жизни растения [1, 3].

Согласно оценочной шкале, включающей возрастные характеристики хвои, а также классы повреждения хвои на побегах второго года жизни, была проведена оценка степени загрязнения воздуха (рис. 1, 2).

Сравнив полученные данные по всем точкам, можно сделать вывод, что наиболее загрязнен атмосферный воздух на участке №1. Участок располагается в непосредственной близости сразу от нескольких загрязняющих атмосферу объектов – мясокомбинат, завод «Атомэнергозапчасть» и автомобильная дорога с оживленным движением. Комплексное влияние выбросов от этих объектов привело к тому, что поллютанты, поступающие в ткани хвои сосны обыкновенной достигли концентрации, превышающей нейтрализующие способности хвои, что проявилось в высокой степени ее усыхания и некротизации. Воздух на

данном участке оценивается как от «относительно чистого» до «загрязненного».

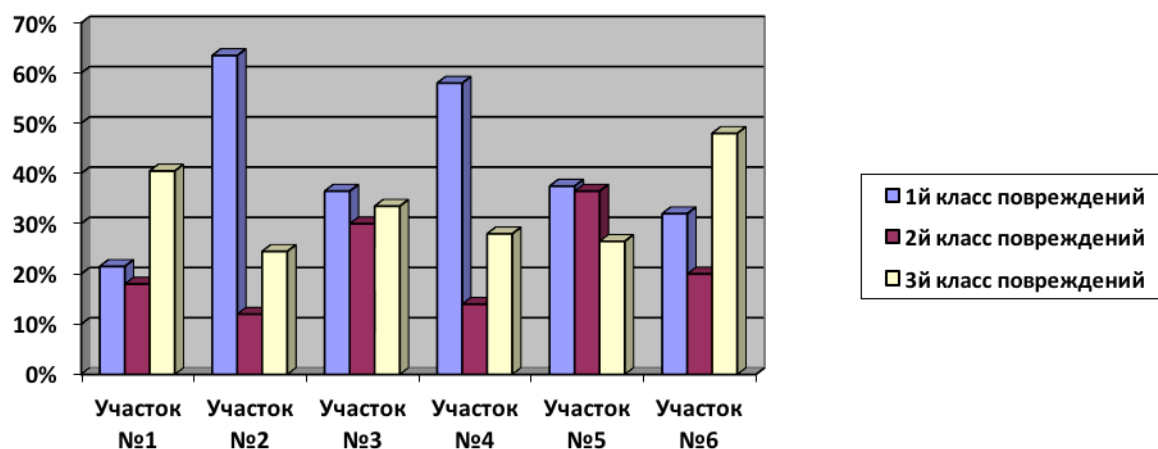


Рис. 1. Распределение хвои по классам повреждений - участкам

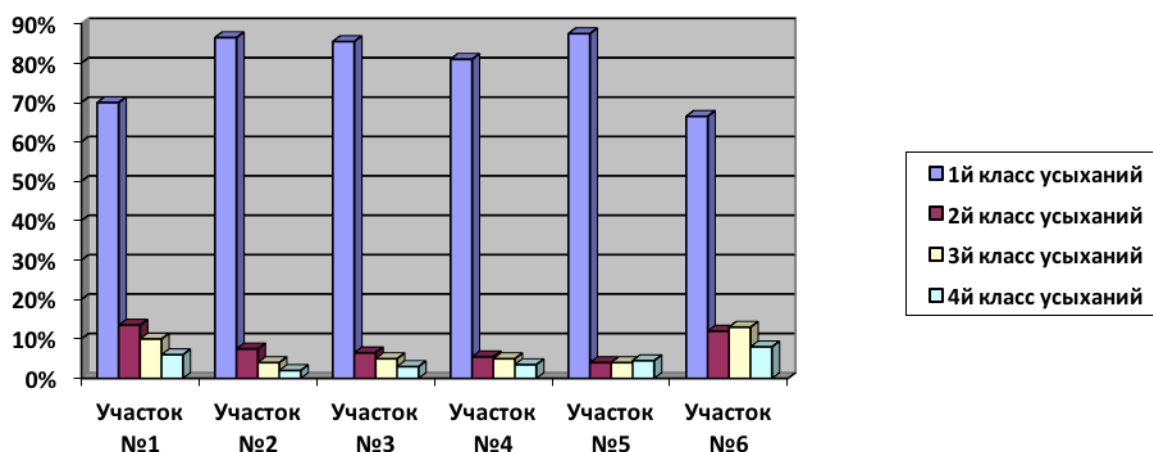


Рис. 2. Распределение хвои по классам усыхания - участкам

Следующим по степени загрязненности является атмосферный воздух участка № 6, располагающегося вблизи автодороги и гаражного кооператива. Расход автомобильного топлива особенно велик в «городском» режиме, что приводит к выбросу еще большего количества токсичных компонентов выхлопных газов, таких как оксиды азота, сажа, диоксид углерода. В результате максимальный срок жизни обследованных хвоинок на данном участке – всего 2 года, велик процент хвои четвертого класса усыхания.

Атмосферный воздух участка №5 оценивается как «относительно чистый», на данном участке также наблюдается короткий срок жизни хвои – 2 года, высока доля хвои четвертого класса усыхания. Невысокое качество атмосферного воздуха объясняется близостью перекрестка с кольцевым движением, достаточно сильно загруженного автомашинами, так как по нему осуществляется въезд и выезд из г. Нововоронежа.

Участок №3 находится на окраине городского парка, вблизи автодороги. Атмосферный воздух на данном участке оценивается как «чистый», что объясняется отсутствием в непосредственной близости предприятий, выбрасывающих в атмосферу загрязняющие вещества, и оживленного движения транспорта, как на участках №1,6 и 5.

Атмосферный воздух участков №2 и №4 оценивается как «идеально чистый». Участок №2 располагается в хвойном лесу на территории санитарно-защитной зоны «Нововоронежского Водоканала», участок №4 – в центральной зоне городского парка. На участке №2 сведена к минимуму антропогенная нагрузка, отсутствуют источники выбросов загрязняющих веществ. Эти факторы обуславливают высокий процент хвои, относящейся к первому классу повреждений и усыхания. На участке №4 количество поврежденной хвои немного выше, что связано с его расположением в городской черте, в зоне рассеивания выхлопов автомобилей.

В целом, состояние атмосферного воздуха г. Нововоронежа оценивается как благоприятное, что объясняется отсутствием крупных промышленных предприятий, меньшей интенсивностью транспортного потока, нежели в больших городах [3].

Полученные данные также свидетельствуют, что степень загрязнения воздуха, как правило, прямо пропорциональна количественному изменению различных морфологических признаков объектов биоиндикации. Результаты проведенного исследования, однако, не дают представлений о динамике состояния атмосферного воздуха во времени. Чтобы получить данные для прогнозирования ее изменений под антропогенным воздействием, можно рекомендовать ввести биомониторинг атмосферного воздуха по состоянию хвои *Pinus Sylvestris* в систему регулярных наблюдений за состоянием окружающей среды.

Литература

1. Березкина М.Г. Мониторинг состояния городской среды при помощи сосны обыкновенной (*Pinus Sylvestris* L.) как основного биоиндикатора / М.Г. Березкина //Актуальные проблемы экологии и природопользования: вып. 12: Сборник научных трудов. – М.: ИПЦ «Луч», 2010. – 390 с.
2. Игнатьева О.В. Элементный состав хвои и морфофизиологические показатели сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях техногенного загрязнения: автореф. дис. ...канд. биол. наук / О.В. Игнатьева. – Красноярск, 2005. – 18 с.
3. Сенькевич, Е. В. Цитогенетика сосны обыкновенной и березы повислой в районе Нововоронежской АЭС в связи с вопросами оценки загрязнения окружающей среды: автореф. дис. ...канд. биол. наук / Е.В. Сенькевич. – Воронеж, 2007. – 18 с.
4. Стрельцов А.Б. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение/ А.Б. Стрельцов, С.В. Черненко//Лесные экосистемы: сб. науч. тр. - Наука, 1999. - С. 75-86.

Публикация осуществлена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект №17-05-00569)

Е.Ю. Иванова, А.Г. Баскакова

Воронежский государственный университет

МИКРОБНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ВОД ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Выполнена оценка качества природных вод на примере реки Дон и ее притоков на территории Воронежской области на соответствие микробиологическим показателям.

Ключевые слова: природные воды, относительная токсичность, общее микробное число, качество воды.

Цель исследования – санитарно-микробиологическое исследование реки Дона на территории Воронежской области и оценка возможности использования для экспресс-учета санитарно-показательных микроорганизмов тест-системы.

Образцы воды и донных отложений для микробиологического анализа были отобраны согласно ГОСТ Р 51592 – 2000 [1] и ГОСТ 17.1.5.01-80 [2], соответственно. Образцы воды были отобраны из рек Дон на территории Семилукского, Рамонского, Подгоренского, Павловского районов; Ведуга и Девица – Семилукского района.

Общее микробное число – это интегральный санитарный показатель, позволяющий оценить общую микробную обсемененность водного объекта [3]. Существующие нормативы микробного числа регламентируют общее содержание микроорганизмов в продуктах питания и питьевых водах, однако четких санитарно-гигиенических норм для объектов окружающей среды не разработано. Показатель микробного числа сильно варьирует в зависимости от типа объекта, его химического состава и других факторов. В природных водах микробное число может достигать 1 000 000 на 1 л, приемлемым уровнем считается значение от 10 до 1000 на 1 л для пресных вод.

Определение общего числа микроорганизмов, образующих колонии на питательном агаре. Метод определяет в питьевой воде общее число мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (ОМЧ), способных образовывать колонии на питательном агаре при температуре 37 °С в течение 24 ч, видимые с увеличением в 2 раза [1]. Такой метод анализа воды предполагает определение только общего числа колоний, образованных бактериями разных типов, поэтому по его результатам нельзя однозначно судить о присутствии в воде патогенных микроорганизмов. Однако высокое микробное число свидетельствует об общей бактериологической загрязненности воды и высокой вероятности наличия патогенных организмов.

Определение общего микробного числа в пробах воды проводили в лицензированной эколого-аналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма ВГУ (лицензия №217.001/11).

Было отобрано 20 проб воды, в которых оценивали гидрохимические и токсикологические показатели, а также определение общего микробного числа (ОМЧ).

Показатель ОМЧ варьировался от 26 до 489,3 КОЕ. Максимальные превышения отмечены в 4 точках, р.Дон и р.Девица на территории Семилукского и Рамонского районов, а также р.Дон на территории Павловского района (табл.).

В этих точках показатели относительной токсичности, определяемой с помощью тест-культуры хлореллы, были минимальны и колебались в интервале от 24 до 54 %.

Точки превышения показателя общего микробного числа

№п/п	водоем	Район исследования
1	р.Дон, место перед впадением в Ведугу	Рамонский район.
2	р.Девица, место около ЖД моста	Семилукский район.
3	р.Дон, напротив родник здоровья у г.Семилуки	Семилукский район.
4	р.Дон, Центральный пляж	Павловский район

Оценка токсичности методами биотестирования – это один из наиболее информативных методов, позволяющий оценить степень опасности воды для живых организмов.

Анализ исследуемой воды показал, что в пробах, где показатели относительной токсичности меньше, микроорганизмы развиваются лучше. Возможно, это связано с тем, что бактерии являются одним из наиболее активных одноклеточных организмов, участвующих в самоочищении водоемов. Они участвуют в процессах комплексообразования и биохимической трансформации поступающих в водоем загрязнителей различной природы. Поэтому в тех точках отбора проб, где зафиксированы высокие значения общего микробного числа не отмечено значительной относительной токсичности. Возможно, что различные группы бактерий, разлагают биогенные соединения, которые определяют высокие значения относительной токсичности, выраженные в стимуляции роста тест-культуры хлореллы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Воронежской области (проект № 19-45-360003 p_a)

Литература

1. ГОСТ Р 51592–2000. Общие требования к отбору проб. Введ. 2000-04-21. М., 2008. 35 с.
2. ГОСТ 17.1.5.01-80. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность. Введ. 1981-07-01. М., 1981. 7 с.
3. Драчев С. М. Борьба с загрязнением рек, озер и водохранилищ промышленными и бытовыми стоками / С. М. Драчев. - Москва: Наука, 1964. - 274 с.

РЕКА ТЕМЕРНИК: НЕКОТОРЫЕ ЭКОТОКСИКАНТЫ И МЕТОДЫ ИХ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ

Современными и классическими методами химического анализа выполнена количественная оценка содержания некоторых загрязнителей – тяжелых металлов, фторидов, приоритетных полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) и сухого остатка в воде р. Темерник от истока до устья, а также после впадения ее в р. Дон.

Ключевые слова: Темерник, экотоксиканты, атомная абсорбция, хроматография, спектрофотометрия, гравиметрия.

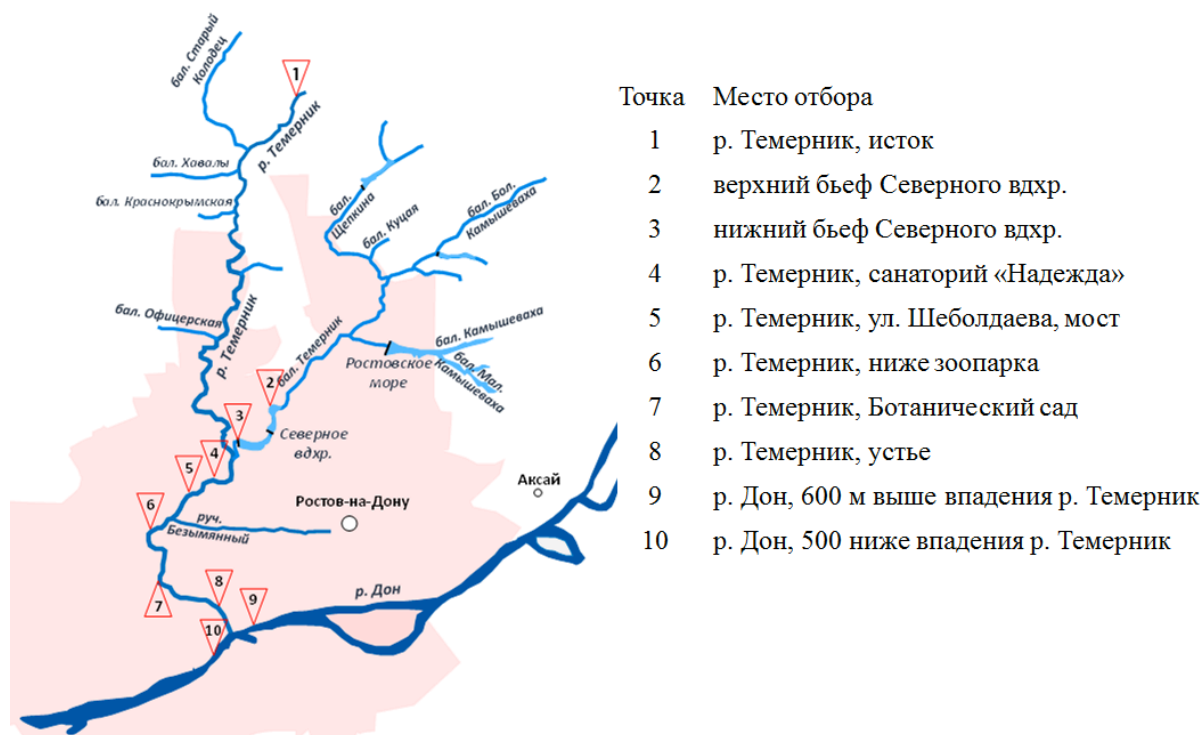
Темерник – правый приток р. Дон – один из наиболее загрязненных водных объектов Ростовской области. В настоящее время проводится «реабилитация» р. Темерник: периодически дно реки очищают и углубляют, сооружают дамбы на питающих ручьях, для улучшения аэрации низовье реки покрыли бетоном. Однако содержание загрязняющих веществ остается высоким. К основным экотоксикантам р. Темерник относятся металлы, нефтепродукты, повышенная минерализация, биогенные вещества и др.

С целью изучения уровня загрязнения в 2019 г. анализировали пробы воды на содержание тяжелых металлов, ПАУ, фторидов и сухого остатка. Схема точек отбора проб на протяжении всей реки от истока до впадения в р. Дон приведена на рис. 1. ПАУ определяли в р. Темерник в районах с высокой транспортной нагрузкой в г. Ростов-на-Дону (точки отбора 5, 6, 10).

Измерения массовой концентрации металлов и ПАУ выполняли на современном оборудовании: автоматизированном атомно-абсорбционном спектрофотометре AA-7000 (SHIMADZU) и жидкостном хроматографе Agilent Technologies 1260 со спектрофлуориметрическим детектором.

Определение тяжелых металлов в воде заключается в атомизации подкисленной пробы в пламени или графитовой печи, нагреваемой по специальной программе до 2000-3000 °С, облучении атомного пара пробы просвечивающим селективным излучением определяемого металла с последующей регистрацией величины атомного поглощения, связанного прямопропорциональной зависимостью с концентрацией металла в пробе [1].

Определение ПАУ в воде представляет собой: экстракционное извлечение органическими растворителями; выделение из сконцентрированных экстрактов фракции полициклических ароматических углеводородов методом колоночной хроматографии на силикагеле [2] и анализ методом ВЭЖХ.



Массовую концентрацию фторидов определяли чувствительным экспрессным фотометрическим методом с использованием смешанного ацетонового реагента [3]. Для определения сухого остатка использовали классический метод гравиметрического анализа, реализованный в методике ГХИ [4], технически очень простой и достаточно экспрессной.

Результаты определений экотоксикантов представлены в таблице.

Результаты определения экотоксикантов в пробах р. Темерник ($P = 0,95$; $n = 2$) и их нормативы

Точка отбора	Концентрация экотоксикантов, мг/дм³							
	Валовое содержание металлов						F	Сухой остаток
	Fe	Mn	Cd	Cu	Pb	Zn		
1	0,97	1,32	0,0001	0,002	н/о	0,023	0,734	5152
2	0,27	0,24	н/о	0,002	н/о	0,017	0,410	2626
3	0,21	0,12	н/о	0,002	н/о	0,017	0,425	2342
4	0,42	0,23	н/о	0,003	н/о	0,012	0,425	2418
5	0,50	0,24	н/о	0,005	н/о	0,015	0,410	2286
6	0,61	0,21	н/о	0,003	н/о	0,018	0,409	2168
7	0,53	0,17	0,0001	0,005	н/о	0,019	0,430	2492
8	1,81	0,24	0,0001	0,011	0,003	0,061	0,426	2500
9	1,11	0,09	н/о	0,002	н/о	0,015	0,336	804
10	1,64	0,11	н/о	0,005	н/о	0,110	0,383	1330
ПДК (класс опасности)	0,3* (3)	0,1 (3)	0,001* (2)	1,0* (3)	0,01 (2)	1,000 (3)	0,7 (2)	-

н/о – ниже предела обнаружения; * – валовое содержание

Результаты измерений валового содержания тяжелых металлов показали превышение ПДК соединений железа и марганца в воде р. Темерник

от истока до устья. Особенно явно антропогенное загрязнение проявляется после прохождения р. Темерник по территории железнодорожного и автовокзалов г. Ростова-на-Дону. Максимальное содержание соединений железа выявлено в устье реки – точка отбора 8. Сравнение результатов измерений в воде р. Дон (точки 9 и 10) показывает увеличение концентраций металлов после впадения р. Темерник.

Самое высокое содержание сухого остатка 5152 мг/дм^3 найдено в истоке р. Темерник, который находится в непосредственной близости от сельскохозяйственных угодий. Основной источник поступления минеральных веществ можно связать с применением минеральных удобрений и инсектицидов, остающихся на почве, а затем смывающихся в реку.

Ниже истока реки содержание сухого остатка снижается в 2 раза, но остается высоким (2500 мг/дм^3) и поступает в р. Дон. В шлейфе р. Темерник вниз по течению р. Дон массовая концентрация сухого остатка составляет 1330 мг/дм^3 , что почти в 2 раза выше, чем средняя концентрация в р. Дон.

Впервые в р. Темерник проведено определение фторидов. Максимальная концентрация, превышающая ПДК ($0,734 \text{ мг/дм}^3$), выявлена в высокоминерализованном истоке р. Темерник. Это также может свидетельствовать о применении и хранении на прилегающих территориях фторсодержащих минеральных удобрений и инсектицидов. В точках отбора 2-8 массовая концентрация близка и в среднем составила $0,420 \text{ мг/дм}^3$, что несколько выше, чем в р. Дон до впадения р. Темерник; а ниже впадения – увеличивается незначительно, но не превышает ПДК.

На рисунке 2 представлены хроматограмма экстракта воды р. Темерник, отобранной в точке 5, и результаты определения ПАУ. Содержание канцерогенных ПАУ (кПАУ) оценивали как сумму концентраций потенциально канцерогенных ПАУ: бензо[а]антрацена, хризена, бензо[б+к]флуорантена, бензо[а]пирена, дибензо[а, h]антрацена и индено[1,2,3-сd]пирена. Анализ проб речной воды выявил присутствие приоритетных ПАУ во всех изученных образцах. Концентрации бензо[а]пирена и нафталина во всех образцах не превышали установленных ПДК. Отмечено увеличение концентраций ПАУ в воде р. Темерник и р. Дон по мере протекания их в черте города. Таким образом выявлено значимое негативное влияние эмиссии выхлопных газов транспорта, которые являются непосредственным источником ПАУ.

Современными чувствительными методиками, разработанными авторами, определены некоторые загрязняющие вещества экологически неблагоприятной р. Темерник. В истоке реки на фоне самой высокой минерализации (более 5000 мг/дм^3) выявлено не менее 13 ПДК соединений марганца и 3 ПДК-железа, а также наличие соединений кадмия, меди и цинка; установлено незначительное превышение ПДК по фторидам. Воды устья р. Темерник вносят свой вклад в загрязнение р. Дон повышенной

минерализацией (2500 мг/дм³) и соединениями металлов (более 2 ПДК марганца и 6 ПДК железа).

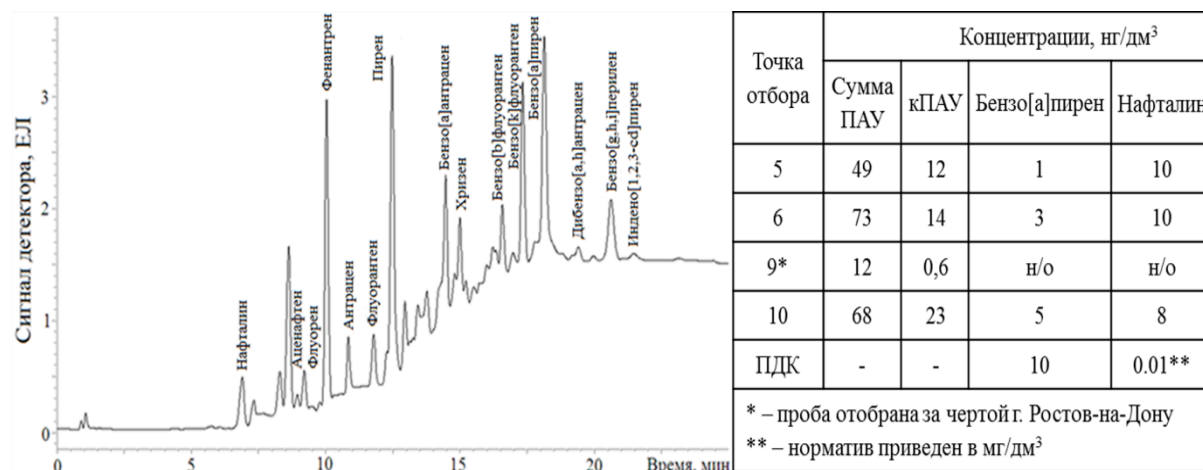


Рис. 2. Хроматограмма экстракта воды р. Темерник и результаты определения ПАУ

Литература

1. РД 52.24.377–2008. Массовая концентрация алюминия, бериллия, ванадия, железа, кадмия, кобальта, марганца, меди, молибдена, никеля, свинца, серебра, хрома и цинка в водах. Методика выполнения измерений методом атомной абсорбции с прямой электротермической атомизацией проб. Ростов-на-Дону, 2008. – 26 с.
2. Патент 2646402 РФ. Способ подготовки проб для определения алифатических и полициклических ароматических углеводородов в донных отложениях / В.Е. Котова, Ю.А. Андреев; заявитель и патентообладатель ФГБУ «Гидрохимический институт». – № 2017106715 от 28.02.2017; опубл. 05.03.2018.
3. РД 52.24.533–2017. Массовая концентрация фторидов в водах. Методика измерений фотометрическим методом с лантан-ализарин-комплексом в присутствии ацетона. Ростов-на-Дону, 2017 – 23 с.
4. РД 52.24.468–2019. Массовая концентрация взвешенных веществ и сухого остатка в водах. Методика измерений гравиметрическим методом. Ростов-на-Дону, 2019. – 29 с.
5. ГН 2.1.5.1315–03. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/12130908/> (Дата обращения: 24.11.2019 г.).

Ю.И. Коваль, И.В. Васильцова, Т.И. Бокова

Новосибирский государственный аграрный университет

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ СПИРТОВЫХ ЭКСТРАКТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

В статье приводятся результаты сравнительного анализа коэффициентов суммарной антиоксидантной активности 40 % спиртовых экстрактов листьев березы, мать-и-мачехи, крапивы, хвои сосны, произрастающей на территории г. Новосибирска и Новосибирской области. Установлено, что наибольшим коэффициентом суммарной антиоксидантной активности обладает экстракт на основе березовых листьев, остальные экстракты уступают по этому показателю до 1,5 раз.

Ключевые слова: растительные спиртовые экстракты, антиоксидантная активность, листья березы, крапивы, мать-и-мачехи, хвоя сосны.

Вопросы кислородного метаболизма в организме человека являются объектами постоянного внимания медиков, химиков, биологов. Концентрация свободных радикалов возрастает за счет снижения активности естественной антиоксидантной системы человека, связанной с воздействием радиации, УФ облучения, стрессов, инфекционных болезней, некачественного питания. Вредное воздействие на организм «свободных радикалов» можно уменьшить за счет систематического употребления некоторых лекарственных растительных препаратов и биологически активных добавок, обладающих антиоксидантной активностью [1].

Важным является использование биологически активные и экологически безвредные природные продукты. Применение природных антиоксидантов (АО) имеет ряд преимуществ: для большинства из них характерно отсутствие побочных эффектов, они обладают низкой токсичностью даже при длительном использовании, лекарственные формы являются доступными. Биологическая эффективность АО определяется особенностями их химической структуры и, в первую очередь, наличием гидроксид- или аминокислотных группировок, т.е. связана с присутствием таких соединений, как флавоноиды, гидроксикислоты, витамины [2].

Береза повислая (*Betula pendula*) и сосна обыкновенная (*Pinus silvestris* L.) древнейшие древесные лекарственные растения, широко распространённые на территории Западной Сибири. По некоторым литературным данным в листьях березы содержатся флавоноиды (2,77%), в том числе гиперозида – 0,77%, авикулярина – 0,26%, 3-дигалактозида мирицетина – 0,18%, 3-глюкуронида кверцетина – 0,36%, кверцитрина – 0,12%, выявлены монотерпеновые глюкозиды бетулаальбозиды А и В;

тритерпены – производные дамароланостана (бетулафолиентриол – 0,8% и бетулафолиентетрол и их эфиры), полипреноловые соединения (бетулапренол, бутапренол), а также 3-β-D-глюкозид 3,4-дигидроксипроприофенона, выявлены также стеринны, дубильные вещества пирокатехиновой группы (1,07–9%), горечи, кумарины (0,09–0,44%), антоцианы, смолы (бетулестер), бутиловый эфир бетулоретиновой кислоты, 8–10% сахаров, инозит, горечи, аскорбиновую (до 2,8%) и никотиновую кислоты, никотинамид, каротин. Настой из свежих молодых листьев березы используют как мочегонное и потогонное средство при отеках, асците, болезнях почек, при авитаминозах, атеросклерозе, для повышения сопротивляемости организма и выведения из него токсинов [3].

В хвое сосны содержатся: дубильные вещества (около 5%), эфирное масло (до 0,3%) – составными частями которого является борнеол, борнил ацетат, кадинен, церратендиол; алкалоиды, смолы, жиры (около 3%), крахмал (около 20%), каротин, сахара, минеральные соли (особенно железа), до 300 мг% витамина С, витамины К, Е (до 0,3%), флавоноиды – мирицитрин, токсифолин, кемпферол [4].

Среди травянистых лекарственных растений внимание привлекают крапива двудомная (*Urtica dioica* L.) и мать-и-мачеха (*Tussilago farfara* L.).

В листьях крапивы содержатся: аскорбиновая кислота (до 600 мг%), витамин К (1,5–4 мг%), каротиноиды (бетакаротин и ксантофил) – 50 мг%, каротин – 10–20 мг%, хлорофилл – 5–8 мг%, дубильные вещества (танины), флавоноиды, ситостерин и эргостерин, изопреноиды, кумарины, органические кислоты (кофейная, яблочная, муравьиная, щавелевая, янтарная), лигнаны, фитоэстрогены. Установлено, что листья крапивы двудомной оказывают на организм человека и животных помимо кровоостанавливающего, также гипополидемического, желчегонного, противовоспалительного, утеротонизирующего, спазмолитического и адаптогенного действие. Применяют листья крапивы и как антимикробное, гипотензивное, противоопухолевое средство [5].

В траве мать мачехи определяются Fe – 0,912 %, Са – 0,463 %, К – 0,295 %, Mg – 0,228 %, Cu – 0,081 %, Na – 0,057 %, Zn – 0,0353 %, растение содержит слизи, гликозид туссилагин, ситостерины, сапонины, галловую, яблочную, винную, аскорбиновую кислоты, полисахариды и инулин, декстрин, эфирное масло, рутин, гиперозид. Экстракты обладают выраженными цитопротективными свойствами, ингибируют фермент глюкозидазу, процессы метастазирования при раке легких. Отвары травы оказывают положительное воздействие при кожных заболеваниях [6].

В настоящее время научно доказано, что изменения в биологических мембранах, которые происходят под действием свободных радикалов, являются причиной развития многих заболеваний. Возникает вопрос о количественной оценке суммарной антиоксидантной активности

препаратов, что позволит более грамотно подходить к комплексной антиоксидантной терапии того или иного заболевания.

Цель: провести сравнительный анализ коэффициентов суммарной антиоксидантной активности спиртовых экстрактов листьев березы, мать-и-мачехи, крапивы, хвои сосны, произрастающей на территории г. Новосибирска и Новосибирской области.

Методика исследований. Для водно-спиртовой экстракции БАВ использовали растительное сырье, заготовленное на территории г. Новосибирска и Новосибирской области, 40 % растворы этанола. Экстракция производилась по следующей схеме (см. табл. 1).

Таблица 1

Схема спиртовой экстракции природных объектов

Сырье	Сырье: этанол	Время извлечения
Листья березы	1:20	72 ч
Листья мать-и-мачехи	1:20	72 ч
Листья крапивы	1:20	72 ч
Хвоя сосны	1:10	72 ч

Антиоксидантную активность (АОА) образцов определяли, используя метод катодной вольтамперометрии. Методика эксперимента заключалась в съемке вольтоамперограмм катодного восстановления кислорода с помощью анализатора АОА «Антиоксидант» (ООО «НПП Полиант» г. Томск).

АОА исследуемых препаратов оценивалась по кинетическому критерию К (мкмоль/лхмин), который отражает количество прореагировавших с образцом кислородных форм, следствием чего является эффективность взаимодействия образца с кислородными радикалами.

Результаты и их обсуждение. Анализ 40% спиртовых экстрактов растительного сырья (листьев крапивы двудомной, мать-и-мачехи, березы и хвои сосны) показал, что экстракты обладают выраженными антиоксидантными свойствами (см. табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты суммарной антиоксидантной активности спиртовых экстрактов,
К мкмоль/лхмин

Наименование экстракта	К мкмоль/лхмин
Листья березы	$21,71 \pm 0,57^{***}$
Листья мать-и-мачехи	$20,47 \pm 0,65^{**}$
Хвоя сосны	$14,56 \pm 0,48$
Листья крапивы	$14,25 \pm 1,24$

Примечания: ** – $P < 0,01$, *** – $P < 0,001$ (в сравнении с экстрактом листьев крапивы).

Антиоксидантная активность водно-спиртовых экстрактов листьев березы, превосходила показатель экстракта листьев крапивы в 1,52 раза ($p < 0,001$), мать-и-мачехи – в 1,44 раза ($p < 0,01$) соответственно, достоверных различий антиоксидантной активности экстрактов хвой сосны и листьев крапивы установлено не было, однако наблюдалась незначительная тенденция в увеличении коэффициента в 1,02 раза.

Все изученные образцы экстрактов обладают высокой антиоксидантной активностью, превышающей антиоксидантную активность известного антиоксиданта дигидрохверцетина, $K = 1,46$ ммоль/лхмин и могут быть рекомендованы в качестве дополнительных антиоксидантов для профилактики ряда заболеваний организма.

Вывод. В результате сравнительного анализа коэффициентов суммарной антиоксидантной активности 40 % спиртовых экстрактов листьев березы, мать-и-мачехи, крапивы, хвой сосны, произрастающей на территории г. Новосибирска и Новосибирской области, установлено:

1. Все экстракты растительного сырья (листья крапивы двудомной, мать-и-мачехи, березы и хвой сосны) обладают выраженными антиоксидантными свойствами, превышающими антиоксидантную активность известного антиоксиданта дигидрохверцетина.

2. Наибольшим показателем антиоксидантной активности обладали водно-спиртовые экстракты листьев березы, который превосходил показатели экстракта листьев крапивы в 1,52 раза ($p < 0,001$), мать-и-мачехи – в 1,44 раза ($p < 0,01$).

Литература

1. Владимиров Ю.А. Свободные радикалы в живых системах / Ю.А. Владимиров, О.А. Азизова, А.И. Деев, А.В. Козлов, А.Н. Осипов, Д.И. Рощупкин // Итоги науки и техники. Серия биофизика. – ВИНТИ. - 1991. - Т.29. - №1. - С. 1–252.
2. Прида А.И. Природные антиоксиданты полифенольной природы (Антирадикальные свойства и перспективы использования) / А.И. Прида, Р.И. Иванова // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. - 2004. - №2. - С. 76-78.
3. Ведерников Д.Н. Экстрактивные вещества листьев березы повислой *Betula pendula roth (Betulaceae)*. L. групповой состав, состав летучих соединений и кислот эфирных экстрактов / Д.Н. Ведерников, В.И. Рощин // Химия растительного сырья. – 2012. – № 1. – С. 93–100.
4. Тарасова Е.М. Анализ химического состава хвой ели европейской *Picea* / Е.М. Тарасова, С.Д. Хижняк, А.Ф. Мейсурова, П.М. Пахомов // Журнал прикладной спектроскопии. – 2019. – Т. 86. – № 1. – С. 96–102.
5. Яцок, В.Я. Биологически активные вещества травы крапивы двудомной / В.Я. Яцок, Г.А. Чалый, О.В. Сошникова // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. – 2006. – №1. – С. 25–29.
6. Кароматов И. Лекарственное растение мать-и-мачеха / И. Кароматов, Х. Ибатов, М. Амонов // Биология и интегративная медицина. – 2017. – №5. – С. 216–226.

**ВЛИЯНИЕ ДОБЫЧИ СЕРНИСТЫХ УГЛЕЙ В ПОДМОСКОВНОМ
БУРОУГОЛЬНОМ БАССЕЙНЕ НА МОРФОЛОГИЮ И ХИМИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА СЕРЫХ ПОЧВ**

В районах шахтной добычи сернистых углей в Подмосковном бурoughольном бассейне почвы подвержены воздействию кислых фильтрационных вод и продуктов эрозии, поступающих от отвалов сульфидсодержащих пород. Перекрытые под наносами серые почвы приобретают специфические морфологические и химические свойства. Под влиянием техногенных потоков формируются кислые, засоленные, ненасыщенные основаниями разновидности серых почв.

Ключевые слова: сульфидсодержащие отвалы вскрышных пород, техногенные наносы, серые почвы

Многолетняя добыча бурого угля в Подмосковном бассейне привела к накоплению больших объемов вскрышных пород. Отвалы образованы грубообломочным материалом углисто-песчано-глинистого состава с высоким содержанием восстановленных соединений серы (до 4%) и железа (в форме пирита), а также углистых частиц [1]. Окисление пирита приводит к образованию токсичных для биоты серной кислоты и сульфатов железа. Воздействие данных соединений на органические компоненты отвалов вызывает серноокислый гидролиз глинистых минералов (алюмосиликатов), что способствует появлению в растворе фитотоксичных сульфатов алюминия [2]. Вследствие легкого гранулометрического состава пород, их бесструктурности, сильной крутизны склонов, поверхность отвалов размывается атмосферными осадками. Образующиеся вследствие эрозии терриконов шлейфы породного материала и кислые дренажные воды являются основными источниками загрязнения почв. Это приводит к трансформации их свойств и потере продуктивности.

Целью работы являлась оценка влияния техногенных потоков от отвала сульфидсодержащих пород на морфологию и свойства серых почв.

Были изучены почвы в зоне влияния породного отвала шахты №6 «Смирновская» Липковского месторождения Подмосковного бурoughольного бассейна. Пробы почв отбирались из генетических горизонтов разрезов в пределах шлейфов на разном удалении от отвала (разр. Л-2, Л-3) и на фоновом залесенном участке (разр. Л-1). Из отобранных образцов при естественной влажности этанолом выделялись почвенные растворы (метод Ищерекова-Комаровой) [3]. В почвенных растворах определялись: актуальная кислотность (рН) – потенциометрическим методом, электропроводность – кондуктометрическим методом, общая кислотность (титрованием 0,01 М раствором NaOH), общая щелочность (титрованием 0,01 М раствором

H_2SO_4), водорастворимые Fe^{2+} и Fe^{3+} спектрофотометрическим методом, состав легкорастворимых солей методом ионной хроматографии. Вытеснение обменных катионов из образцов почв и вскрышных пород (H^+ , Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+}) проводилось 1М раствором KCl . Общее содержание органического углерода определяли методом бихроматного окисления.

Исследуемая территория расположена в северной части Среднерусской возвышенности на территории бассейна р. Упы и представляет собой эрозионную полого-наклонную равнину, расчлененную сетью лощин и балок. Растительность представлена дубово-кленово-липовым лесом с ясенем на небольших участках и злаково-разнотравными лугами. На фоновых участках преобладают серые, слабо- и среднесмытые (отсутствует элювиальный горизонт), слабокислые и нейтральные ($\text{pH}=5,3-6,6$) почвы со вторым гумусовым горизонтом (ВГГ) почвы на буровато-желтых покровных суглинках [4]. Доля крупнопылеватой фракции не превышает 50%, что позволяет отнести их к тяжелосуглинистым. Содержание органического углерода в гор. АУ почв около 1,2%, Гумусовый гор. АУ имеет серый цвет и ореховато-комковатую структуру. Гумусово-элювиальный гор. АЕЛ светло-серого цвета ореховато-плитчатой структуры. Оподзоливание проявляется только в гор. АЕЛ и ВГГ в виде белесовато-серой кремнеземистой присыпки [5]. Горизонт ВТ ореховатой структуры, темно-бурый, с глинисто-гумусовыми кутанами на поверхности педов за счет внутрипочвенной миграции ила и гумусовых кислот. В составе жидкой фазы почв преобладают ионы Ca^{2+} и HCO_3^- . Электропроводность почвенных растворов не превышает $290 \mu\text{S}/\text{см}$. Сумма обменных Ca^{2+} и Mg^{2+} составляет от 12,4 ммоль (+)/100 г почвы в гумусовом гор. АУ и становится максимальным в иллювиальном гор. ВТ (до 21,1 ммоль (+)/100 г почвы). Содержание обменных Fe^{2+} (0,4 мг/100 г почвы) и Fe^{3+} (около 0,3 мг/100 г почвы) невелико.

Вследствие эрозии отвалов на поверхности почв формируются делювиальные техногенные наносы (ТСН) мощностью до 1 м и протяженностью до 300 м. Техногенные наносы представляют собой неоднородный субстрат суглинисто-супесчаного состава (с долей фракции мелкого песка до 50%), плотного сложения, темно-серого цвета с обилием включений угля, обломков осадочных пород и зерен пирита. Поверхность шлейфов покрыта выцветами сульфатов железа и алюминия.

Содержание органического углерода в техногенном делювии достигает 5%. По химическим свойствам эрозионные наносы отличаются сильнокислой реакцией среды ($\text{pH}=3,5-4,0$) и высокими концентрациями обменных Al^{3+} (до 23 ммоль (+)/100 г породы), H^+ (до 10,7 ммоль (+)/100 г породы), Fe^{2+} (до 18,5 мг/100 г породы) и Fe^{3+} (до 16,8 мг/100 г породы). В жидких фазах, выделенных этанолом из наносов отмечаются высокие концентрации SO_4^{2-} (до 24 ммоль (-)/дм³), Ca^{2+} (до 13 ммоль (+)/дм³) и титруемой кислотности (до 11,2 ммоль (+)/дм³).

В перекрытых делювием горизонтах серых почв изменяются морфологические признаки. Структура становится угловато-призмовидной и глыбистой. Элювиальная часть профиля почв приобретает однородную серовато-палевую окраску, мощность горизонта увеличивается до 25 см, по-видимому, за счет усиления кислотного гидролиза (выноса и разрушения тонких фракций алюмосиликатов), слабо развитого в зональных серых почвах. Иллювиальный гор. ВТ становится вместо коричневатого-бурого буровато-охристым с ржавыми точками и пятнами за счет осаждения в суспензиях и растворах окисленных форм Fe, пронизан белесыми, ржаво-бурыми и темно-серыми кутанами с углистым материалом по трещинам педов.

Таблица 1

Химические свойства (рН, электропроводность, состав водорастворимых солей, содержание Fe²⁺ и Fe³⁺, общая титруемая кислотность) жидких фаз, выделенных из почв и техногенных наносов

место отбора проб	горизонт	глубина, см	рН	электро-проводность, $\mu\text{S}/\text{см}$,	состав легкорастворимых солей, ммоль/дм ³				Fe, мг/дм ³		титруемая кислотность, ммоль/дм ³	
					HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	H ⁺	Al ³⁺
разр. Л-1, фоновая территория, серая почва со вторым гумусовым горизонтом	AY	0-17	6,4	291	1,1	0,2	2,4	0,3	0,0	нет	0,3	нет
	AEL	17-22	6,5	101	1,0	0,2	0,9	0,1	0,1	»	0,1	»
	BEL[hh]	22-29	6,6	78	1,1	0,1	0,9	0,1	нет	»	0,3	»
	BT ₁	29-78	5,3	69	0,8	0,1	0,7	0,1	»	»	0,4	»
	BT ₂	78-110	6,3	43	0,8	0,1	0,6	0,1	»	»	0,3	»
разр. Л-2, серая почва с техногенным наносом	WTCH	0-16	4,0	220	нет	1,2	1,2	0,1	2,1	1,8	9,4	0,2
	TCH	16-28	3,7	432	»	4,6	8,2	0,3	0,2	0,1	8,9	2,0
	[BEL]	28-50	3,3	2420	»	34,9	16,5	1,1	нет	нет	2,8	18,2
	[BT ₁]	50-80	3,7	1033	»	26,6	12,1	0,8	»	»	2,0	15,2
	[BT ₂]	80-110	3,9	1507	»	21,3	9,3	0,7	»	»	0,8	12,1
разр. Л-3, серая почва с техногенным наносом	WTCH	0-7	3,5	1582	нет	24,3	13,0	0,1	0,3	0,1	1,0	11,1
	TCH	7-32	3,7	993	»	13,6	7,0	0,4	0,4	0,3	0,5	6,0
	[AY]	32-52	4,1	1539	0,2	21,9	20,6	1,6	нет	нет	0,5	1,5
	[BT ₁]	52-84	3,9	1277	0,2	17,2	13,1	0,8	0,1	»	0,7	3,6
	[BT ₂]	84-110	4,1	1062	0,5	15,8	15,0	2,0	нет	»	0,5	нет

В перекрытых под наносами горизонтах серых почв жидкая фаза имеет сильноокислую реакцию (рН=3,3-4,1), а электропроводность достигает 2420 $\mu\text{S}/\text{см}$. Почвенные растворы характеризуются повышенным содержанием Al³⁺ (до 18,2 ммоль (+)/дм³), H⁺ (до 2,8 ммоль (+)/дм³) и SO₄²⁻ (до 34,9 ммоль (-)/дм³), что в десятки раз превышает их фоновые значения.

Под влиянием кислых техногенных потоков от отвалов происходит замещение обменных Ca²⁺ и Mg²⁺ на H⁺, Al³⁺, Fe²⁺ и Fe³⁺. Степень ненасыщенности ППК основаниями перекрытых техногенными наносами гор. AY и гор. BEL почв более 50%. Сумма Ca²⁺ и Mg²⁺ в ППК снижается в 2-5 раз (до 2-11,5 ммоль (+)/100 г почвы). Обменная кислотность, связанная с

обменным Al^{3+} , доходит до 10 ммоль (+)/100 г почвы, гидролитическая кислотность достигает 13,5 ммоль (+)/100 г почвы.

В ППК загрязненных почв также присутствуют обменные Fe^{2+} (до 4,5 мг/100 г почвы) и Fe^{3+} (до 3,5 мг/100 г почвы). Содержания органического углерода в гумусовом горизонте перекрытых наносом почв увеличивается на 1,8-2% за счет поступления углерода с угольными частицами из материала наносов.

Таблица 2

Содержание Сорг, обменных катионов и гидролитическая кислотность фоновых и техногенно-трансформированных почв

место отбора проб	горизонт	глубина, см	pH _{ксп}	C _{орг} , %	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	Al ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	ГК*, ммоль (+)/100 г	СНО*, %
					ммоль (+)/100 г				мг/100 г			
разр. Л-1, фоновая территория, серая почва со вторым гумусовым горизонтом	AY	0-17	5,7	1,2	9,5	2,9	0,1	нет	0,4	0,3	3,3	78,9
	AEL	17-22	5,8	0,9	12,8	4,0	0,1	»	0,4	0,3	2,7	86,1
	BEL[hh]	22-29	5,3	0,4	15,1	4,3	0,1	»	0,4	0,2	2,0	90,6
	BT ₁	29-78	4,8	0,3	17,0	4,1	0,1	0,2	0,4	0,3	1,3	94,2
	BT ₂	78-110	5,0	0,2	16,8	4,3	0,1	0,1	0,4	0,3	0,5	97,7
разр. Л-2, серая почва с техногенным наносом	WTCH	0-16	3,7	3,0	1,6	1,1	0,1	2,1	18,5	16,8	23,0	10,7
	TCH	16-28	3,2	3,2	1,0	0,8	0,6	6,5	9,8	9,2	22,7	7,2
	[BEL]	28-50	3,8	1,3	1,1	0,8	0,1	9,9	4,5	3,5	11,7	13,8
	[BT ₁]	50-80	4,3	0,5	12,3	3,1	0,1	1,5	2,0	1,8	4,0	79,6
	[BT ₂]	80-110	4,5	0,2	14,4	5,4	0,1	0,7	0,5	0,3	3,5	85,0
разр. Л-3, серая почва с техногенным наносом	WTCH	0-7	3,4	3,2	1,0	0,8	0,1	2,5	8,2	5,6	22,8	7,1
	TCH	7-32	3,4	4,2	1,1	0,9	0,2	4,9	2,4	2,1	19,4	9,4
	[AY]	32-52	3,9	1,9	9,1	2,4	0,1	4,2	1,2	1,0	13,5	46,0
	[BT ₁]	52-84	4,4	0,4	15,7	3,1	0,1	1,0	0,4	0,4	5,2	78,3
	[BT ₂]	84-110	4,8	0,4	18,8	3,4	0,1	0,2	0,4	0,3	3,9	85,0

Примечание. (*) ГК (%) - гидролитическая кислотность, СНО (%) - степень насыщенности основаниями.

Таким образом, проведенные исследования показали, что техногенные потоки с угольных отвалов приводят к сильной трансформации морфологических и химических свойств серых почв в первую очередь за счет усиления кислотного гидролиза, что выражается в отбеленности элювиальных и ожелезнении иллювиальных горизонтов. В ходе реакций ионного обмена происходит насыщение ППК обменными H^{+} , Al^{3+} , Fe^{2+} и Fe^{3+} . Также, отмечается увеличение актуальной кислотности подкисление всего профиля на фоне засоления сульфатами алюминия и железа. В профиле увеличивается доля органического углерода за счет поступления углистых частиц литогенного происхождения и усиление подвижности органоминеральных частиц, формирующих глинисто-углистые кутаны.

Литература

1. Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР: В 12 т. М., 1962. Т. 2. Подмосковский бассейн и другие месторождения угля Центральных и Восточных областей Европейской части РСФСР.
2. Савич А.М. Агрохимические свойства вскрышных пород в отвалах Подмосковского угольного бассейна // Агрохимия, 1969. №6. С. 83-87.
3. Снакин В.В. Анализ состава водной фазы почв. – М.: Наука, 1989. 118 с.
4. Троицкий А.И. Серые лесные почвы северной части среднерусской возвышенности: путеводитель / А.И. Троицкий. - М., 1958. 27 с.
5. Урусевская И.С., Соколова Т.А., Шоба С.А, Багнавец О.С., Куйбышева И.П. Морфологические и генетические особенности профиля светло-серой лесной почвы на покровных суглинках // Почвоведение. 1987. № 4. С. 5-16.

В.Е. Котова

ФГБУ «Гидрохимический институт», Ростов-на-Дону

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАУ МЕТОДОМ ВЭЖХ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ИСТОЧНИКОВ ИХ ПОСТУПЛЕНИЯ В Р. СЕВЕРСКИЙ ДОНЕЦ

Для определения массовых концентраций ПАУ и выявления источников их поступления исследованы образцы воды, отобранные в р. Северский Донец и близлежащих водоемах. Суммарные концентрации ПАУ составили 12-34 нг/дм³, содержание канцерогенных ПАУ – 1-12 нг/дм³. Концентрации бензо[а]пирена и нафталина не превышали установленные ПДК. Проведена идентификация поступления ПАУ по отношениям маркерных соединений. Установлено, что увеличение концентраций ПАУ в разных районах реки обусловлено вкладом углеводородов пирогенной природы.

Ключевые слова: полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ), источники поступления, Северский Донец

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) являются объектом пристального внимания ученых уже многие годы. Среди множества соединений этого класса 16 ПАУ выбраны в качестве приоритетных веществ для экологического мониторинга в связи с их высокой биологической (канцерогенной и мутагенной) активностью: нафталин (Naph), аценафтилен (Acn), аценафтен (Ace), флуорен (Fl), фенантрен (Phe), антрацен (An), флуорантен (Flu), пирен (Py), бензо[а]антрацен (B[a]A), хризен (Chry), бензо[б]флуорантен (B[b]F), бензо[к]флуорантен (B[k]F), бензо[а]пирен (B[a]P), дибензо[а,h]антрацен (DB[a,h]A), бензо[g,h,i]перилен (B[g,h,i]P), индено[1,2,3-cd]пирен (In[cd]P).

Источники поступления ПАУ многочисленны и имеют как природный (лесные пожары, извержения вулканов), так и антропогенный

характер (выхлопные газы транспорта, сжигание мусора, переработка нефти и горение ископаемого топлива). Наибольший интерес при изучении загрязнения объектов окружающей среды вызывает идентификация источников ПАУ – пирогенного (образование ПАУ при высоких температурах (650-690 °С) и недостатке кислорода в пламени) или петрогенного (нефтяного) [1].

Северский Донец – правый (наибольший) приток Дона, протекающий через Белгородскую и Ростовскую области России, Харьковскую, Донецкую и Луганскую области Украины. Важность изучения уровней загрязнения этой реки для нашей страны заключается в ее трансграничном положении.

Целью данной работы является ВЭЖХ определение ПАУ в пробах воды р. Северский Донец и близлежащих водоемов для идентификации источников поступления этих веществ.

В качестве объектов исследования использовали пробы воды, отобранные в июле 2019 г. из р. Северский Донец, руч. Рыгин, пруда-отстойника комбината «Россия», оз. Круглое и оз. Эльдорадо (рис. 1).

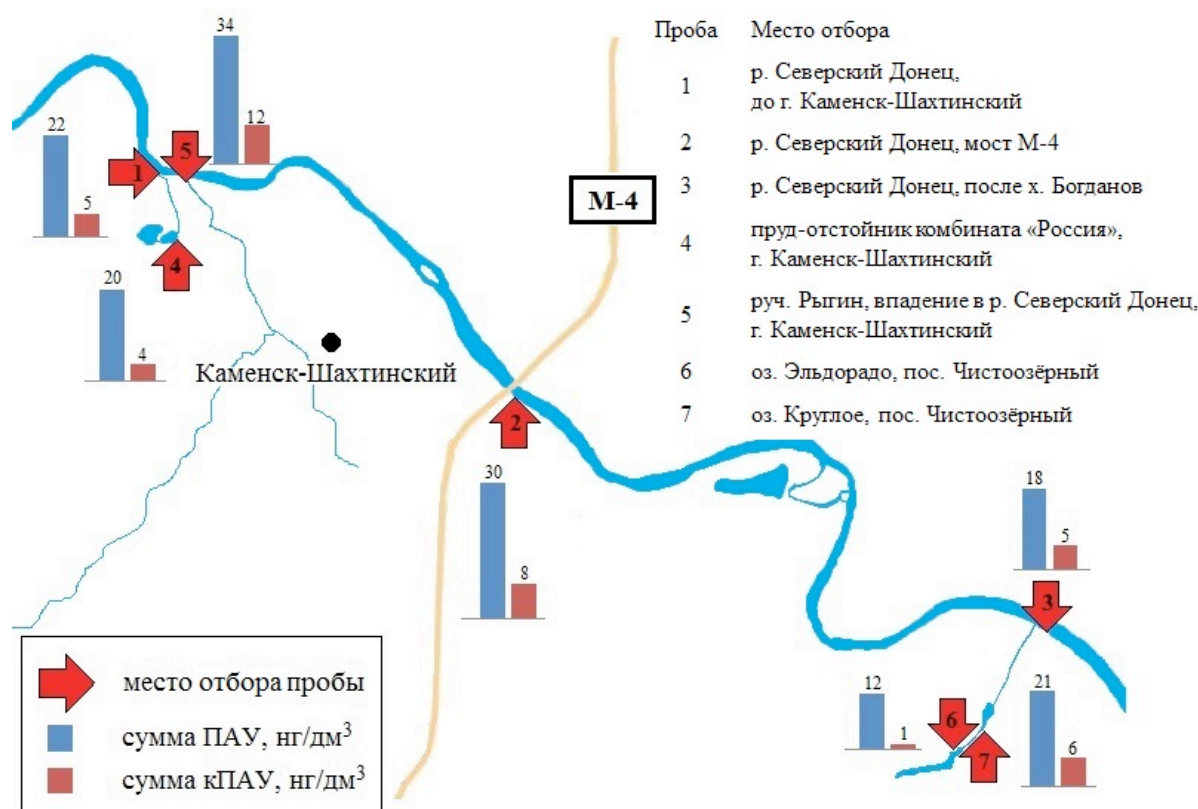


Рис.1. Места отбора проб, суммарные концентрации ПАУ и содержание канцерогенных ПАУ

Определение ПАУ в воде заключалось в их экстракционном извлечении из образцов, выделении фракции изучаемых веществ методом микроколоночной хроматографии на силикагеле [1] и последующем

анализе с помощью ВЭЖХ хроматографа (1260 Infinity LC, Agilent Technologies) со спектрофлуориметрическим детектором.

Для каждой пробы рассчитывали концентрацию канцерогенных веществ (кПАУ) как сумму концентраций B[a]A, Chry, B[b]F, B[k]F, B[a]P, DB[a,h]A и In[cd]P.

Определение возможных источников поступления ПАУ во все исследуемые пробы проводили путем оценивания отношений маркерных веществ, критерии которых представлены в таблице.

На рисунке 2 представлена хроматограмма экстракта пробы воды, отобранной из р. Северский Донец (точка 2).

Характеристики источников поступления ПАУ [2]

Отношение ПАУ	Петрогенный источник (▲)	Смешанный источник (▲*)	Пирогенный источник (*)	
			Горение нефтепродуктов	Горение древесины, угля, травы
Flu/(Flu+Py)	< 0.4	-	0.4 ÷ 0.5	> 0.5
B[a]A/(B[a]A+Chry)	< 0.2	0.2-0.35	> 0.35	
(Flu+Py)/(Chry+Phe)	< 0.5	-	> 0.5	

По результатам анализа проб воды р. Северский Донец (рис. 1) самые высокие суммарные концентрации ПАУ и содержание канцерогенных веществ были получены для образца, отобранного в районе моста М-4. Это можно связать с постоянной высокой транспортной нагрузкой и строительными работами, проводившимися на данном участке дороги. Наименее загрязненным является район х. Богданов. Интервалы концентраций нафталина и бензо[а]пирена составили 2-6 и 0,4-1,5 нг/дм³ соответственно, что не превышает установленных ПДК.

Изучение оказывающих влияние на р. Северский Донец водоемов показало, что наиболее загрязненным по суммарному количеству ПАУ и канцерогенных веществ является руч. Рыгин, который протекает на территории всего г. Каменск-Шахтинский и испытывает большую антропогенную нагрузку. Наименее загрязненный – оз. Эльдorado. Интервалы концентраций бензо[а]пирена составили 0,3-1,5 нг/дм³, концентрация нафталина одинакова для всех объектов – 6 нг/дм³, полученные значения также не превышают установленных ПДК.

По найденным массовым концентрациям ПАУ рассчитывали значения соответствующих критериев и представляли в виде графиков взаимной зависимости, которые для исследуемых объектов представлены на рисунке 3. Результаты идентификации источников поступления ПАУ (рис. 3) в воду изученных объектов показали, что по критерию Flu/(Flu+Py) основная доля точек расположена в зоне пирогенного источника. Критерии (Flu+Py)/(Chry+Phe) и B[a]A/(B[a]A+Chry) выявили пирогенное

происхождение ПАУ в одних и тех же пробах, для оставшихся получено петрогенное и смешанное поступление углеводородов соответственно.

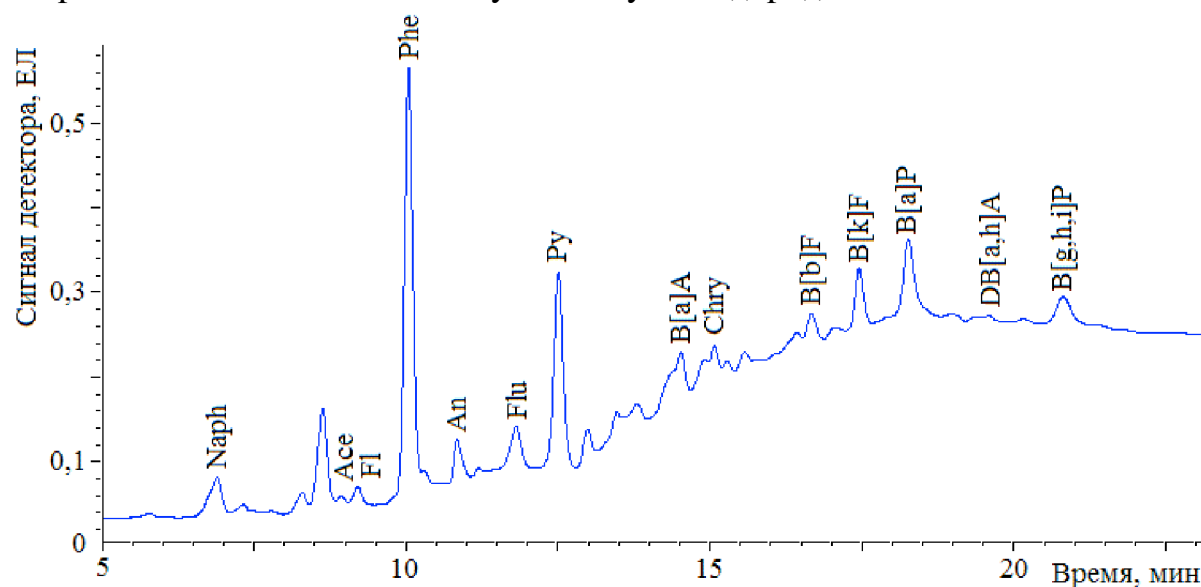


Рис. 2. Хроматограмма экстракта пробы воды р. Северский Донец

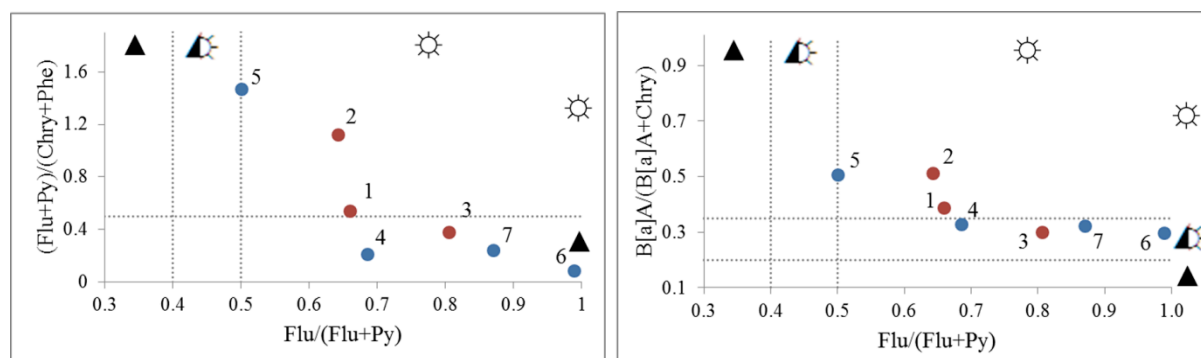


Рис. 3. Графики взаимных зависимостей отношений маркерных ПАУ для изученных объектов

При сопоставлении источников происхождения ПАУ и суммарных концентраций для каждого образца становится очевидным тот факт, что для более загрязненных проб выявлена пирогенная природа углеводородов. Их поступление может быть вызвано сжиганием различных видов топлива, а также миграцией ПАУ с выхлопными газами транспорта.

В результате данного исследования получены данные о концентрациях ПАУ в р. Северский Донец и близлежащих водоемах. Идентификация источников поступления ПАУ на основе отношений маркерных соединений выявила согласованность по критериям $(Flu+Py)/(Chry+Phe)$ и $B[a]A/(B[a]A+Chry)$. Пирогенная природа углеводородов выявлена в более загрязненных объектах, что подтверждает значимое негативное влияние эмиссии выхлопных газов транспорта.

Литература

1. Патент 2646402 РФ. Способ подготовки проб для определения алифатических и полициклических ароматических углеводородов в донных отложениях / В.Е. Котова, Ю.А. Андреев; заявитель и патентообладатель ФГБУ «Гидрохимический институт». – № 2017106715 от 28.02.2017; опубл. 05.03.2018.
2. Yunker, M.B. PAHs in the Fraser River basin: a critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition [Text] / M.B. Yunker, R.W. Macdonald, R. Vingarzan, R.H. Mitchell, D. Goyette, S. Sylvestre // Organic Geochemistry. – 2002. – № 33. – P. 489-515.

В.В. Макуха, Т.И. Бокова

Новосибирский государственный аграрный университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИ ЛИСТА *BETULA PENDULA*

Определена флуктуирующая асимметрия листа *Betula pendula*. Показана зависимость от антропогенной нагрузки на территорию произрастания деревьев *Betula pendula*.

Ключевые слова: флуктуирующая асимметрия, *Betula pendula*, антропогенная нагрузка.

Одним из подходов для изучения характеристик качества среды является оценка состояния живых организмов по стабильности развития, которая может характеризоваться уровнем флуктуирующей асимметрии (ФА) морфологических структур.

Под флуктуирующей асимметрией (ФА) понимают ненаследуемые мелкие ненаправленные отклонения от строгой билатеральной симметрии. В качестве объекта может быть выбран любой вид, для которого характерна билатеральная симметрия. На макроскопическом уровне ФА предложено использовать в качестве меры в оценке стабильности развития организма [2]. Уровень морфогенетических отклонений (т.е. ФА) от нормы оказывается минимальным лишь при определенных (оптимальных) условиях среды и неспецифически возрастает при любых стрессовых воздействиях.

Стабильность развития, оцениваемая по уровню ФА, – чувствительный индикатор состояния природных популяций, что явилось основанием для утверждения Министерством природных ресурсов РФ этой методики в качестве нормативной. Оценка величины ФА лежит и в основе методологии характеристики качества среды обитания, получившей название «методология оценки здоровья среды» [2]. Оценка качества среды

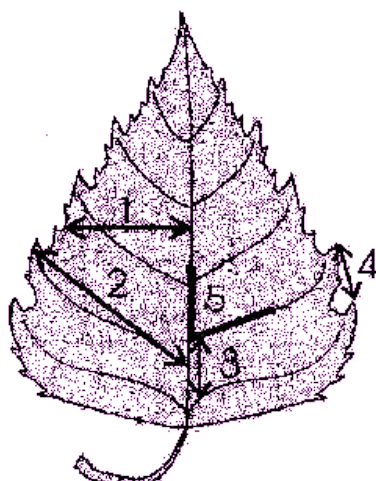
становится принципиально важной задачей, как при планировании, так и при осуществлении любых мероприятий по природопользованию, охране природы и обеспечению экологической безопасности. Одним из перспективных подходов для интегральной характеристики качества среды является оценка состояния живых организмов по стабильности развития, которая характеризуется уровнем флуктуирующей асимметрии морфологических структур.

Из всех органов растений листья являются самыми чувствительными к действию атмосферных загрязнителей. Такая чувствительность объясняется тем, что большинство важных физиологических процессов осуществляется в листе.

Также лист растения является высокопластичным органом, характер изменчивости его морфоструктуры служит индикатором загрязнения условий внешней среды. С увеличением степени антропогенной нагрузки форма листовой пластинки резко изменяется. О характере этих изменений можно судить по нарушению стабильности развития и величине показателя асимметрии.

Методика определения стабильности развития *B. pendula* по величине флуктуирующей асимметрии листовых пластинок основана на системе промеров листа. Для этого используются признаки, характеризующие общие морфологические особенности листа, удобные для учета и однозначной оценки [1, 2, 3]. При этом на каждой листовой пластинке выполняли по 5 измерений с левой и правой стороны листа (рис. 1).

Сбор материала осуществлялся в августе 2018 года в Новосибирской области с десяти точек. С каждой точки было взято по 100 листьев (по 10 образцов с 10 деревьев). Всего было собрано 1000 листьев. Сбор листьев проводили, основываясь на методику В.М. Захарова [2].



Промеры левой (L) и правой (R) сторон листа *Betula pendula* (по В.М. Захарову, 2000)
1 – ширина левой и правой половинок листа (от границы центральной жилки до края листа); 2 – длина жилки второго порядка, второй от основания листа; 3 – расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка; 4 – расстояние между

концами этих же жилок; 5 – угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка

При сборе материала, добиваясь приблизительной однородности образцов, были соблюдены одинаковые условия сбора листьев. Методика определения стабильности развития *B. pendula* по величине флуктуирующей асимметрии листовых пластинок основана на системе промеров листа.

Таблица 1

Балльная шкала оценки качества среды по величине флуктуирующей асимметрии листа *Betula pendula* (по В.М. Захарову, 2000)

Балл	Качество среды	ФА
I	Условно нормальное	< 0,040
II	Начальные (незначительные) отклонения от нормы	0,040–0,044
III	Средний уровень отклонений от нормы	0,045–0,049
IV	Существенные (значительные) отклонения от нормы	0,050–0,054
V	Критическое состояние	> 0,054

Для этого используются признаки, характеризующие общие морфологические особенности листа, удобные для учета и однозначной оценки [2, 4]. Для каждой листовой пластинки брали промеры 5 стандартных метрических билатеральных признаков [2]. Угол между жилками измерялся с помощью транспортира. Для каждого пластического признака величина асимметрии рассчитывается как различие в промерах слева и справа. Следуя методике С.И. Марченко [4], было произведено 1 000 измерений для каждого пункта отбора проб (5 мерных признаков × 2 стороны листа × 10 листьев с каждого дерева × 10 деревьев).

Для статистической обработки применяли метод многомерного анализа: метод главных компонент и метод оценки стабильности развития по каждому признаку. Метод оценки стабильности развития по каждому признаку сводится к оценке асимметрии. Для пластического признака величина асимметрии у особи рассчитывали как различие в промерах слева и справа, отнесенное к сумме промеров на двух сторонах. Использование такой относительной величины необходимо для того, чтобы нивелировать зависимость величины асимметрии от величины самого признака. Популяционная оценка выражается средней арифметической этой величины. Статистическая значимость различий между выборками определяется по t-критерию Стьюдента. При анализе комплекса морфологических признаков лучше использовать интегральные показатели стабильности развития. Расчет интегрального показателя производили по методике В.М. Захарова [2].

Для оценки качества среды использовали пятибалльную шкалу степени нарушения стабильности развития березы повислой, разработанную В.М. Захаровым и др. [3]. Результаты собственных исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2

Оценка качества среды Новосибирской области по величине флуктуирующей асимметрии листа *Betula pendula* (по балльной шкале М.В. Захарова, 2000)

Территория	ФА	Балл
1 – береста <i>B. pendula</i> , березовый колок, Барабинск (НСО)	0,040–0,044	II
2 – береста <i>B. pendula</i> , березовый лес, Чулымский район (НСО)	0,040–0,044	I
3 – береста <i>B. pendula</i> , Кудряшовский бор (НСО)	0,040–0,044	II
4 – береста <i>B. pendula</i> , березовый колок горд Новосибирск;	0,050–0,054	IV
5 – береста <i>B. pendula</i> , березовый лес Искитимский район	0,040–0,044	III
6 – береста <i>B. pendula</i> , при дороге, Барабинск (НСО)	0,045–0,049	II
7 – береста <i>B. pendula</i> , при дороге, Чулымский район (НСО)	0,045–0,049	II
8 – береста <i>B. pendula</i> , при дороге горд Новосибирск;	0,045–0,049	III
9 – береста <i>B. pendula</i> , при дороге, Искитимский район	0,045–0,049	III
10. Выезд из города Новосибирска в сторону Омска	0,050–0,054	IV

По данным таблицы 2 можно сделать следующие выводы: в Новосибирской области флуктуирующая асимметрия листа *B. Pendula* различна на разных территориях, связано это с антропогенной нагрузкой на территорию: там, где нагрузка больше (искусственное освещение, большой поток транспорта), показатель флуктуирующей симметрии выше.

Литература

1. Беляева Ю. В. Показатели флуктуирующей асимметрии *Betula pendula* Roth в условиях антропогенного воздействия (на примере г.о. Тольятти) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15, № 3(7). – С. 2196-2200.
2. Захаров В. М., Баранов А. С., Борисов В. И., Валецкий А. В., Кряжева Н. Г., Чистякова Е. К., Чубинишвили А. Т. Здоровье среды: методика оценки.

Методическое руководство для заповедников. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.

3. Захаров Е. М., Чубинишвили А. Т., Дмитриев С. Г. и др. Здоровье среды: практика оценки. Методическое руководство для заповедников. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 318 с.

4. Мамаева Е. Т. Естественная древесная растительность в городской среде // Естественная растительность промышленных и урбанизированных территорий Урала. – 1990. – С. 73-75.

О.А. Плотникова, Р.А. Елеулова

Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ МЕТОДЫ ВЫЯВЛЕНИЯ ЭКОТОКСИКАНТОВ В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Представлены аналитические характеристики и области применения различных люминесцентных методов для выявления в окружающей среде различных экотоксикантов, присутствующих при очень низких концентрациях. Рассмотрены способы улучшения аналитических характеристик люминесцентных методов. Приведены результаты экспериментальных исследований возможности применения метода твердофазной люминесценции для анализа экотоксикантов полициклических ароматических углеводородов в водных средах.

Ключевые слова: люминесцентные методы анализа, твердофазная люминесценция, полициклические ароматические углеводороды

Присутствие в окружающей среде различных органических и неорганических загрязнителей даже в очень низких концентрациях представляет собой экологическую угрозу из-за их потенциальных неблагоприятных воздействий на живые системы и возможной токсичности. Известно, что в атмосфере, природных водах и почве повсеместно присутствуют различные загрязнители - экотоксиканты: полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), хлорорганические соединения, пестициды и тяжелые металлы. Поэтому для современной науки актуальной является разработка новых высокочувствительных и селективных методов, а также улучшение аналитических характеристик имеющихся методов обнаружения и количественного определения загрязняющих веществ в окружающей среде. Наиболее распространёнными методами определения многих загрязнителей, в том числе ПАУ, являются хроматографические методы [1-3], они характеризуются длительностью пробоподготовки и сложностью в исполнении. Другими методами, широко применяемыми для анализа многих групп экотоксикантов, являются

спектральные методы, в частности, люминесцентный анализ [4, 5]. Так, флуоресцентная спектрометрия широко применялась для количественного анализа многих органических соединений в биологической, биомедицинской, пищевой и экологической областях. Действительно, с аналитической точки зрения методы флуоресценции и фосфоресценции представляют интерес как очень чувствительные, относительно селективные и простые методы, применимые к объектам окружающей среды [5]. Поскольку ПАУ являются люминофорами, то люминесцентные методы весьма перспективны для анализа именно этого класса веществ. Наибольшее распространение получил метод низкотемпературной люминесценции, основанный на эффекте Шпольского [6]. Однако сложность низкотемпературных измерений препятствует широкому распространению данного метода для анализа ПАУ.

Для улучшения аналитических характеристик в методах люминесценции и других связанных аналитических методах широко применяются организованные среды, в том числе мицеллы, что, в целом, позволяет повысить чувствительность и селективность анализа [7]. Мицеллярные системы готовят путем добавления соответствующих количеств поверхностно-активных веществ в воду или водно-органические растворы. Поверхностно-активные вещества имеют амфифильный характер, молекулы поверхностно-активного вещества агрегируют в водном или частично водном растворе с образованием мицелл при концентрации поверхностно-активного вещества выше определенного порогового значения, называемого критической концентрацией мицеллообразования (ККМ). Используя мицеллярные среды, можно изменить растворимость и микросреду аналитов, а также повысить их люминесцентный сигнал.

Другим эффективным способом повышения вероятности процессов излучательной дезактивации возбужденных состояний молекул является иммобилизация люминофора на твердой подложке [8]. На этом явлении основан метод твердофазной люминесценции (ТФЛ). Проявление ТФЛ при комнатной температуре связано с уменьшением скорости тушения кислородом возбужденных состояний молекул сорбированных органических соединений. При наблюдении ТФЛ сорбцию люминофоров осуществляют на различные матрицы. Сорбционное концентрирование в сочетании с измерением аналитического сигнала на поверхности сорбента позволяет снизить предел обнаружения определяемых компонентов.

Нами были проведены исследования, направленные на усовершенствование твердофазного люминесцентного метода определения ПАУ углеводов путем предварительного сорбционного концентрирования на модифицированную поверхностно-активными веществами целлюлозную матрицу.

В качестве модельного соединения для экспериментальных исследований был взят наименее токсичный представитель ПАУ пирен. Вибронная структура спектра флуоресценции модельного соединения пирена наблюдается в диапазоне длин волн 360 - 400 нм. Для приготовления водно-мицеллярных растворов применялся катионный ПАВ – цетилтриметиламмония бромид (ЦТАБ). ПАУ сорбировали на целлюлозную матрицу в динамическом режиме в сорбционной колонке. Затем целлюлозный сорбент сушили. Спектры люминесценции ПАУ получали на флуоресцентном спектрометре LS 55 (Perkin-Elmer).

Экспериментально установлено, что интенсивность флуоресценции пирена на матрице выше, чем в водном растворе, из которого осуществлялась его сорбция. Это объясняется потерей подвижности сорбированных молекул пирена и, как следствие, увеличением вероятности излучательных переходов (флуоресценция) из первого синглетного возбужденного состояния в основное.

Перспективными модифицирующими матрицу агентами являются поверхностно-активные вещества (ПАВ) [9]. Сорбция пирена из водно-мицеллярных растворов ПАВ, способствует концентрированию солюбилизованного в мицеллах ПАВ пирена в поверхностном слое сорбента. Анализ спектров флуоресценции пирена на целлюлозной матрице, полученных при его сорбции из растворов с различным содержанием ПАВ, позволил построить соответствующие зависимости. Установлено, что максимальный сигнал флуоресценции сорбированного целлюлозной матрицей пирена наблюдается при концентрациях ПАВ вблизи критических концентраций мицеллообразования (ККМ).

Сорбция катионного ПАВ на отрицательно заряженную матрицу более эффективна по сравнению с анионных ПАВ. При сорбции пирена из водного раствора ЦТАБ на целлюлозную матрицу наблюдается резкое возрастание интенсивности флуоресценции пирена при увеличении концентрации катионного ПАВ в растворе. Получены линейные зависимости интенсивности люминесценции пирена от его содержания в изученных системах. Предел флуоресцентного обнаружения пирена 4,9 нг/мл, область линейности градуировочного графика составляет диапазон от 10 до 2000 нг/мл.

Таким образом, экспериментально подобраны оптимальные характеристики люминесцентного определения ПАУ на основе модифицированной мицеллярными наносистемами целлюлозной матрицы. Данные методы могут быть использованы в экологическом мониторинге для оперативного контроля содержания ПАУ.

Результаты работы получены в рамках выполнения государственного задания № 5.3922.2017/64 Минобрнауки России.

Литература

1. Analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in environmental samples: A critical review of gas chromatographic (GC) methods / D. L. Poster [at al.] // *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. – 2006. – V. 386. – P. 859-881.
2. Wise, S. A. Analytical methods for determination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) — A Historical perspective on the 16 U.S. EPA priority pollutant PAHs / S. A. Wise, L. C. Sander, M. M. Schantz // *Polycyclic Aromatic Compounds*. – 2015. – V. 35. – P. 187-247.
3. Recent advancements and future trends in environmental analysis: Sample preparation, liquid chromatography and mass spectrometry / L. Pérez-Fernandez [at al.] // *Analytica Chimica Acta*. – 2017. – V. 983. – P. 9-41.
4. Bortolato, S. A. A novel application of nylon membranes to the luminescent determination of benzo[a]pyrene at ultra trace levels in water samples / S. A. Bortolato, J. A. Arancibia, G. M. Escandar // *Analytica Chimica Acta*. – V. 613. - P. 218-227.
5. Ackerman, A. H. Methods for coating filter paper for solid-phase microextraction with luminescence detection and characterization of the coated filter paper by infrared spectrometry / A. H. Ackerman and R. J. Hurtubise // *Anal. Chim. Acta*. – 2002. – V. 474. – № 1-2. – P. 77-89.
6. Determination of trace tin by solid substrate-room temperature phosphorimetry using sodium dodecyl sulfate as sensitizer / L. Jiaming [at al.] // *Spectrochim. Acta - Part A Mol. Biomol. Spectrosc.* – 2003. – V. 59. – P. 2081-2085.
7. Luminescence methods for study and determination of pollutants in the environment / T. V. Morales [at al.] // *Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*. - 2010. – V. 29, № 1. – P. 1–42.
8. Wang, H. Direct determination of benzo[a]pyrene in water samples by a gold nanoparticle-based solid phase extraction method and laser-excited time-resolved Shpol'skii spectrometry / H. Wang and A. D. Campiglia // *Talanta*. – 2010. – V.83. – P. 233-240.
9. Environmental analytical applications of luminescence in organized supramolecular systems / J. J. Santana Rodriguez [at al.] // *Anal. Bioanal. Chem.* – 2006. - V. 385. – P. 525-545.

Т.И. Прожорина, Д.А. Карбина

Воронежский государственный университет

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОЧИСТКИ СТОКОВ ОТ АВТОМОЕК г. ВОРОНЕЖА С ЦЕЛЬЮ ПОВТОРНОГО ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Аннотация: Мойка автотранспорта приводит к расходу пресной воды и образованию большого объема стоков, что наряду с большими «водными» проблемами недопустимо. В работе приведены данные инвентаризации всех автомоек г. Воронежа и результаты исследований семи марок различных флокулянтов для повышения степени очистки сточных вод от мойки автомобилей с целью их повторного использования. Разработана принципиальная схема очистки стоков от мойки автотранспорта с оборотным водоснабжением.

Ключевые слова: сточная вода, городская канализация, автомойка, коагуляция, флокуляция, флокулянты, степень очистки, оборотное водоснабжение.

При мойке автомобилей образуется особо загрязненный сток, содержащий помимо взвешенных веществ и нефтепродуктов такие сложные загрязнения, как шампуни, соли, машинные масла, аккумуляторный электролит и т.д. Перед сбросом в городскую канализацию стоки должны проходить обязательную очистку, которая требует значительных затрат предприятия. Одно из решений - это применение технологий обработки сточных вод, позволяющих вернуть их для повторного использования. Очищенные стоки можно использовать в качестве технической воды, например, для мойки автотранспорта. Техническая вода для данных целей не требует высокого качества очистки, достаточно механической очистки от мусора, крупных тяжелых частиц типа песка и нефтепродуктов и физико-химической очистки для очистки воды от взвешенных веществ и солей тяжелых металлов [1].

В настоящее время предъявляются очень высокие требования к строящимся автомойкам. Чтобы уменьшить расход питьевой воды не по назначению, а также повторно использовать 90-95% исходной воды и исключить сброс сточных вод в окружающую среду на современных автомойках должна быть внедрена система оборотного водоснабжения.

В г. Воронеже разрешение на эксплуатацию автомоек только с замкнутым циклом воды до сих пор не принято. Поэтому в целях рационального водопользования и уменьшения антропогенного загрязнения природных вод необходимо широко внедрять водосберегающие технологии, в связи с чем, предложенная тема носит актуальный характер.

Авторами работы была проведена инвентаризация всех автомоек г. Воронежа, по результатам которой на 30.12.2018г. насчитывается всего 343 организации в категории «Автомойки», из которых 230 автомойки расположены в правобережной части города, а 113 автомоек – в левобережной.

Установлено, что в настоящее время примерно на 80% автомоек города имеется только механическая очистка стоков перед сбросом в городскую канализацию и полностью отсутствует оборотное водоснабжение. Поэтому цель работы заключалась в исследовании возможности применения современных флокулянтов для повышения степени очистки стоков от мойки автотранспорта г. Воронежа с целью повторного использования этих вод.

В качестве объекта исследования использовали оригинальную сточную воду от двухпостовой автомойки «Дубрава», расположенной в Коминтерновском районе по ул. Московский проспект, д. 102 В.

Весной 2019 г. была отобрана разовая проба сточной воды объемом 30 л, которую откачивали из емкости для приема стоков погружным насосом с глубины 1-1,5 м. Проба разливалась по пятилитровым канистрам.

Перед каждым анализом осевшие на дно взвешенные вещества взбалтывались.

На данной мойке отсутствует автономная система очистки воды. Стоки проходят только механическую очистку. В полу помещения под решеткой установлены 6 емкостей разного диаметра. После мойки сточная вода через решетку последовательно переливается из большей емкости в меньшую, в результате чего твердые частицы оседают на дно. Очищенная таким образом вода сбрасывается в городскую канализацию. Расход водопроводной воды измеряют по счетчику. Обратное водоснабжение не внедряют из-за недостатка материальных средств.

Так как мойка автомобилей производится водопроводной водой, то для сравнения провели химический анализ исходной водопроводной воды и сточной воды, образованной после мойки. В связи с неприятным запахом отобранной сточной воды, нами был проведен сокращенный химический анализ исследуемой пробы. По осадку, полученному на фильтре, рассчитали количество взвешенных частиц в сточной воде, а в фильтрате определяли рН, общую жесткость и минерализацию.

Химический анализ исследуемых проб воды проводился в учебной эколого-аналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского госуниверситета с применением следующих методов анализа: весовой (взвешенные вещества); титриметрический (общая жесткость); потенциометрический (рН); кондуктометрический (общая минерализация) [2].

Результаты анализа показали, что по сравнению с исходной водопроводной водой после мойки автомобилей в сточной воде возросла величина рН (до 7,71) за счет применения шампуней для мойки автомобилей, которые, в основном имеют щелочной характер. В результате смытых с автомобиля загрязнений в сточной воде в количестве 900 мг/л появились взвешенные вещества; в 3,6 раза увеличилась минерализация (688 мг/л) и в 1,8 раза повысилась общая жесткость (8,23 ммоль/л). Вода из разряда «умеренно-жесткая» перешла в «жесткую».

Одним из наиболее распространенных процессов в обратном водоснабжении автомоечных станций является физико-химическая очистка сточных вод, которая связана с такими процессами как коагуляция, флокуляция и седиментация (осадконакопление). Коагуляция направлена на объединение малых частиц в дисперсных системах, в более крупные. В результате чего образуется коллоидный осадок и хлопья. Для увеличения размеров хлопьев и последующего их удаления, применяют флокулянты.

Для очистки сточных вод с 60-х годов прошлого столетия в качестве флокулянта начали использовать полиакриламид (ПАА). В настоящее время широкое применение находят более эффективные флокулянты, обладающие рядом преимуществ перед ПАА, и выпускаемые в широком

ассортименте под торговыми марками «Праестол» и «Аккофлок» (Россия-Германия); «Zetag» и «Magnafloc» (Швейцария); «Floerger» (Франция) и другие [3].

В качестве коагулянта использовали 10% раствор $Al_2(SO_4)_3$ с оптимальной дозой 1,5 г/л. Для повышения степени очистки сточных вод в лабораторных испытаниях были исследованы 7 разновидностей флокулянтов: по три марки «Zetag» и «Праестол» и одна марка «ПАА» с различной степенью ионогенности.

Осветление стоков от мойки автомобилей проводили «методом толчения». Для эксперимента необходим мерный цилиндр и мешалка (или «толкушка»), с помощью которой сточная вода перемешивается сначала с раствором коагулянта, а затем флокулянта. По окончании перемешивания определяют время осаждения флоккул и окончательную высоту осадка. Этот метод позволяет проводить сравнение различных флокулянтов между собой с целью выбора оптимальной марки и подходящих условий ее применения.

Полноту очистки сточной воды с помощью флокулянтов определяли по оптической плотности ее осветленной части колориметрическим методом с помощью КФК-3 при длине волны 540 нм.

Результаты исследований показали, что все флокулянты достаточно эффективно осветляют сточную воду и при необходимости возможно использование каждой из рассматриваемых марок, но, количество вводимой добавки варьируется в интервале от 5 до 8 мг/л. Однако, из семи флокулянтов наилучшими показателями для очистки исследуемых сточных вод обладает малокатионный флокулянт марки Zetag 8115, так как он характеризуется наименьшим временем осаждения (1,5 мин), наибольшей плотностью осадка (2 см) и наименьшей оптической плотностью (0,055).

Кроме того, сточная вода, очищенная с помощью флокулянта марки Zetag 8115 соответствует установленным нормативам. Употреблять в питьевых целях ее не рекомендуется, но в качестве «технической» такая вода вполне может быть использована повторно для мойки автомашин.

Авторы разработали собственную схему оборотного водоснабжения с использованием современных флокулянтов для автомоек г. Воронежа, перспективность которой подтверждается проведенными исследованиями.

Предложенный способ очистки автомоечных стоков от взвешенных веществ и нефтепродуктов, включает обязательную добавку флокулянта по схеме «*отстаивание - флокуляция - фильтрация*». Сточная вода последовательно проходит следующие стадии очистки: механическая (выпадение в осадок крупных взвешенных веществ); физико-химическая (удаление мелкодисперсных частиц и нефтепродуктов за счет введения коагулянтов и флокулянтов) и гидромеханическая очистка (отделение всплывающих примесей от очищенной воды методом фильтрации). После чего вода выходит полностью готовой к повторному использованию [1].

Достоинством предложенного метода очистки автомоечных стоков является высокая степень очистки воды (оптическая плотность фильтрата находится в диапазоне 0,055- 0,069) и небольшая продолжительность времени отстаивания сточных вод (от 1,5 до 5 минут) в зависимости от введенной марки флокулянта.

Важным преимуществом предлагаемого способа очистки является то, что данные очистных сооружений занимают небольшую площадь и могут быть размещены практически в любом помещении, например, в гараже.

Расчет экономического обоснования от внедрения предложенной схемы на автомойках г. Воронежа показал:

1) Ориентировочная стоимость флокулянтов, пошедших на очистку 1м³ сточной воды в зависимости от марки в среднем составит от 0,6 до 1,8 руб.

2) Примерный объем сточных вод, которые не поступят в городскую канализацию составит около 236618,55 м³ в год. Это позволит существенно уменьшить нагрузку на очистные сооружения города, которые как морально, так и физически устарели, и поэтому не способны очищать поступающие стоки до требуемых нормативов.

Таким образом, внедрение оборотного водоснабжения на автомойках г. Воронежа по предложенной схеме гарантирует следующие преимущества:

- снижение нагрузки на городские очистные сооружения, что способствует повышению степени очистки сточных вод;
- уменьшение антропогенного загрязнения природных вод, в частности р. Дон и Воронежского водохранилища;
- экономия расхода пресной воды и др.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и
Правительства Воронежской области, проект № 19-45-360003 p_a*

Литература

1. Фомин А.А. Обработка сточных вод для повторного использования /А.А. Фомин, О.М. Ковалева. – М.: ЗАО «НПК Медиана - Фильтр», 2012. – С.55-57.
2. Методы экологических исследований : учеб. пособие для вузов / Н.В. Каверина, Т.И. Прожорина, Е.Ю. Иванова и др. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2019. – 355 с.
3. Нечаев И.А. Состояние и перспективы применения флокулянтов для интенсификации коагуляционной очистки сточных вод / И.А. Нечаев, Л.В. Гандурина // Вода и экология. Проблемы и решения. – СПб.: Водопроектипротекommунводоканал, 2008. – №4, С. 32-41.

Т.И. Прожорина, Ю.П. Моргунова

Воронежский государственный университет

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ СБРОСОВ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ г. ЛИСКИ НА КАЧЕСТВО ВОД РЕКИ ДОН

С целью снижения антропогенной нагрузки на природные воды, необходимо улучшить мероприятия по очистке сточных вод, а также вести постоянный мониторинг и контроль за степенью их очистки. В работе приведены результаты исследования влияния стоков очистных сооружений г. Лиски на качество вод реки Дон на основании результатов визуального обследования реки Дон; химического анализа проб воды и расчета эффективности работы очистных сооружений.

Ключевые слова: сточная вода, очистные сооружения, эффективность очистки, источники загрязнения, химический анализ.

Воронежская область относится к числу промышленно развитых и сельскохозяйственных регионов, поэтому антропогенное давление на водные объекты проявляется особенно сильно в бассейнах рек. Необходимо снизить антропогенную нагрузку, улучшить мероприятия по очистке сточных вод, активнее внедрять новые технологии на централизованных и локальных очистных сооружениях, а также вести постоянный мониторинг и контроль за степенью их очистки [1].

В качестве объекта исследования были выбраны Лискинские очистные сооружения Воронежской области, входящие в структуру муниципального унитарного предприятия «Водоканал» города Лиски, которые эксплуатируются с 1985 года. Проектная производительность - 25000 м³/сут., фактическая производительность - 15000 м³/сутки.

Технологическая схема очистки промышленных и коммунально-бытовых сточных вод включает 3 этапа: механическая очистка путем осаждения твердой фазы из загрязненных стоков с помощью решетки и песколовки; биологическая очистка от органических веществ за счет активного ила в аэротенках; обеззараживание сточных вод хлором и его соединениями. Далее очищенная вода поступает в р. Дон [2].

Цель работы заключалась в исследовании влияния стоков очистных сооружений г. Лиски на качество вод реки Дон на основании:

- результатов визуального обследования исследуемого участка реки Дон;
- результатов химического анализа проб воды;
- расчета эффективности работы Лискинских очистных сооружений.

Степень антропогенной нагрузки на р. Дон очень высока, так как по берегам расположено много поселков, промышленных и сельскохозяйственных предприятий, реку пересекают автомобильные

трассы. Основным источником загрязнения реки является сброс недостаточно очищенных коммунально-промышленных сточных вод и неочищенного поверхностного стока [1].

Чтобы судить о степени загрязнения р. Дон под влиянием сбросов очистных сооружений, нами был выбран 1,5 км участок бассейна реки Дон, который является приемником сточных вод, прошедших очистку на очистных сооружениях г. Лиски Воронежской области. На исследуемом участке были отобраны пробы воды и проведено сравнение фоновых показателей (на 500 м выше источника загрязнения, проба №1) с показателями качества воды в пробах, отобранных непосредственно в месте сброса (проба №2) и на 1000 м ниже источников загрязнения (проба №3) [3].

Летом 2019 года в ходе экспедиционных исследований было отобрано 9 разовых проб воды из р. Дон (по 3 в каждой точке отбора).

Химический анализ некоторых загрязнителей исследуемых проб воды проводился в аттестованной (свидетельство №217.001/11) эколого-аналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского госуниверситета с применением следующих методов анализа: органолептический (наличие осадка, цветность, прозрачность, интенсивность запаха); весовой (взвешенные вещества); титриметрический (общая жесткость, Ca^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-}); потенциометрический (pH); кондуктометрический (общая минерализация); фотоколориметрический ($\text{Fe}_{\text{общ}}$, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-); расчетный (Mg^{2+}) и метод аэрофотосъемки [4].

По результатам полевых и лабораторно-инструментальных исследований были получены следующие выводы.

1. Результаты визуального обследования р. Дон показали, что на исследуемом участке русло реки стало сильно зарастать водной растительностью, а это приводит к обмелению, снижению скорости течения и, как следствие, - к снижению способности реки к самоочищению. Обнаружено, что как в прибрежной зоне, так и в водоохранной зоне р. Дон, имеются несанкционированные места складирования мусора. Состав мусора типичный, в основном - это испорченные продукты и кухонные отходы, стеклянные и пластиковые бутылки и банки, пакеты, использованная картонная тара, пустые аэрозольные, жестяные банки и т. д.

Большая часть мусора, не подвержена естественному процессу разложения и с течением времени без специальной утилизации будет только накапливаться на данной территории. Но опасность для реки представляют и органические отходы, продукты разложения которых могут быть смыты в реку дождевыми и талыми водами, что может активизировать процесс эвтрофикации реки в теплое время года, а также может привести к заболачиванию прибрежной зоны реки.

2. Результаты *органолептических исследований* показали, что во всех пробах наблюдается низкая прозрачность и повышенная цветность за

счет преобладания большого количества песчаного осадка бурого цвета. Кроме того, в пробе, отобранной в месте сброса стоков с очистных сооружений, обнаружен неприятный запах по сравнению с фоном.

Органолептические показатели не нормируются для вод рыбохозяйственного назначения, однако их повышенные значения могут косвенно свидетельствовать о загрязнении вод.

3. Результаты *химического анализа* р. Дон позволили установить:

А) Фоновые значения концентраций загрязняющих веществ в исследуемом водном объекте (500 м выше сброса сточных вод городских очистных сооружений) не соответствуют нормативам для вод рыбохозяйственного назначения. В пробах воды из р. Дон обнаружены следующие превышения ПДК: NH_4^+ - в 2,9 раза; NO_2^- - в 9,3 раза; $\text{Fe}_{\text{общ}}$ - в 18,5 раза. Приведенные данные свидетельствует о загрязненности природных вод, принятых в качестве фоновых, источниками, расположенными выше по течению р. Дон.

Б) Фактические концентрации загрязняющих веществ в пробе воды, отобранной непосредственно в месте выпуска сточных вод, также не соответствуют установленным нормативам. Так, например, в сточных водах очистных сооружениях установлены превышения ПДК: SO_4^{2-} - в 1,1 раза; NH_4^+ - в 4,2 раза; NO_2^- - в 53,8 раза; NO_3^- - в 4,7 раза; $\text{Fe}_{\text{общ}}$ - в 5,5 раза.

Результаты анализа пробы №2 свидетельствуют о *низкой эффективности* работы очистных сооружений г. Лиски.

В) В пробе воды (№3), отобранной ниже сброса сточных вод (на 1000 м), значения исследуемых показателей превышают фоновые. Так, например, установлены следующие превышения ПДК: SO_4^{2-} - в 1,05 раза; NH_4^+ - в 3,1 раза; NO_2^- - в 17,3 раза; NO_3^- - в 1,5 раза; $\text{Fe}_{\text{общ}}$ - в 3,4 раза. Это объясняется тем, что ниже по течению не происходит полного самоочищения воды за счет перемешивания и разбавления загрязняющих веществ со свежими порциями водных потоков реки Дон.

Таким образом, повышение фактических концентраций загрязняющих веществ в пробах воды, отобранных в месте сброса и ниже сброса сточных вод, свидетельствует о том, что очистные сооружения г. Лиски являются *источником загрязнения* участка реки Дон, протекающего в пределах Лискинского района Воронежской области.

4. Оценка *эффективности работы* очистных сооружений показала, что сточные воды, прошедшие очистку на Лискинских очистных сооружениях, являются *недостаточно очищенными*. Воды имеют неудовлетворительные органолептические показатели: повышенную цветность и низкую прозрачность, а также в них наблюдаются превышения ПДК по следующим ингредиентам: $\text{Fe}_{\text{общ}}$ - в 2,4 раза; SO_4^{2-} - в 1,2 раза; NH_4^+ - в 25 раз; NO_2^- - в 96,6 раза; NO_3^- - в 3,8 раза.

Эффективность очистки сточных вод по этим ингредиентам находится в пределах (в среднем) от 24,5 до 79,2%, т.е. характеризуется как

недостаточная. В связи с тем, что фактические концентрации загрязняющих веществ не соответствуют нормативам для вод рыбохозяйственного назначения, можно констатировать, что очистные сооружения города Лиски работают *неудовлетворительно* и являются источником загрязнения участка реки Дон, протекающего в пределах Лискинского района Воронежской области.

В настоящее время идет строительство коллектора и канализационной насосной станции от туберкулезного санатория «Радон», расположенного в г. Лиски, с врезкой в горколлектор, что еще больше ухудшит степень очистки воды на городских очистных сооружениях и приведет к дополнительному сбросу загрязняющих веществ в реку Дон, поэтому вопрос реконструкции и увеличения мощности городских очистных сооружений является приоритетным.

Неудовлетворительная работа очистных сооружений г. Лиски связана с тем, что городские канализационные системы, построенные в 90-х годах прошлого века, работают более 30 лет, поэтому как морально, так и физически устарели. Традиционно используемые технологии обработки воды недостаточно эффективны и нуждаются в современных методах.

Таким образом, результаты проведенных исследований подтверждают, что сточные воды, сбрасываемые с очистных сооружений г. Лиски, оказывают негативное влияние на качество воды р. Дон.

Предотвратить загрязнение р. Дон на исследуемом участке, а также повысить эффективность очистки сточных вод помогут конкретные технологические мероприятия и, прежде всего, - это реконструкция старых или строительство новых очистных сооружений города Лиски Воронежской области.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Воронежской области, проект № 19-45-360003 p_a

Литература

1. Доклад о состоянии окружающей среды на территории Воронежской области в 2016 году / Департамент природных ресурсов и экологии Воронежской области. – Тамбов: ООО «ТПС», 2017. - 208 с.
2. Роев Г.А. Очистные сооружения. Охрана окружающей среды / Г.А. Роев. - Москва: Недра, 2010. – 168 с.
3. Другов Ю.С. Экспресс-анализ экологических проб: прак. рук-во / Ю.С. Другов, А.Г. Муравьев, А.А. Родин. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 424 с.
4. Методы экологических исследований : учеб. пособие для вузов / Н.В. Каверина, Т.И. Прожорина, Е.Ю. Иванова и др. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2019. – 355 с.

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЮЖНОГО РЕГИОНА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

В работе приводятся результаты анализа качества питьевой воды систем централизованного водоснабжения, оценки канцерогенных и неканцерогенных рисков для здоровья населения на территории с развитой промышленностью.

Ключевые слова: централизованное водоснабжение, риски для здоровья.

Качество воды исследуемой территорий характеризуется повышенным содержанием железа, кремния, магния, стронция и фтора.

Уровень суммарного канцерогенного риска для южного региона, как для детей, так и для взрослого населения находится в неприемлемом диапазоне риска. Риск обусловлен экспозицией соединений шестивалентного хрома, мышьяка, дибромхлорметана, пентахлорфенола.

Популяционный канцерогенный риск составил для взрослого населения – 255, а для детского – 19 случаев.

Для жителей исследуемой территорий существует вероятность развития неблагоприятных изменений со стороны сердечно-сосудистой, костной, центральной нервной систем, желудочно-кишечного тракта.

Ключевые слова: питьевая вода, химические вещества, уровни канцерогенного и неканцерогенного рисков, здоровье населения, качество водоснабжения, загрязнение.

Обеспечение населения питьевой водой соответствующего современным гигиеническим нормативам остается одной из приоритетных социальных и гигиенических проблем в нашей стране [3].

Анализ отечественных и зарубежных публикаций по оценке риска за последние 10 лет свидетельствует о наличии ряда проблем, приводящих к недооценке фактического риска здоровью населения [1, 5, 6]. Установлено, что в отечественной литературе недостаточно освещена оценка риска здоровью населения в комбинации с риском от загрязнения других сред [2].

Цель исследования – оценка риска здоровью населения для южного региона Республики Башкортостан при использовании вод централизованного водоснабжения.

Материалы и методы. Для гигиенической оценки использовались данные за период 2010–2016 гг. лабораторий Управления Роспотребнадзора по РБ, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в РБ», МУП «Межрайкоммунводоканал» РБ. Анализ риска для здоровья населения, проживающего на исследуемых территориях, выполнялись с учетом

положений и требований «Руководства по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» [4]. Статистическая обработка полученных данных проводилась с помощью программы MS Excel XP.

Результаты исследования: Южный регион включает в себя 15 муниципальных образований и характеризуется как территория с развитой нефтехимической, нефтеперерабатывающей и машиностроительной промышленностью. Данные отрасли промышленности способствуют интенсивному техногенному загрязнению почвенного покрова, поверхностных и грунтовых вод вблизи промышленных объектов.

Результаты гигиенической оценки качества воды показали, что в питьевой воде обнаружены превышения железа, кремния, магния, стронция и фтора, что объясняется природным избытком содержания данных элементов в воде подземных источников.

Полученные результаты суммарного канцерогенного риска для взрослого и детского населения, обусловленного употреблением питьевой воды, составили $3,5E-04$ и $1,1E-04$ соответственно, что согласно руководству [4], относится к третьему диапазону риска - неприемлемый уровень для населения. Наибольший вклад в суммарный канцерогенный риск для взрослого и детского населения вносят: хром ⁶⁺ ($1,9E-04$ и $5,9E-05$), мышьяк ($1,1E-04$ и $3,4E-05$), дибромхлорметан ($2,3E-05$ и $7,2E-06$), пентахлорфенол ($1,1E-05$ и $3,4E-06$).

Уровни популяционных канцерогенных рисков (PCR) для населения составили: для взрослого населения – 255, для детского населения – 19 дополнительных случаев.

Полученные результаты оценки неканцерогенного риска (для взрослого населения), связанного с использованием питьевых вод централизованного водоснабжения, свидетельствуют о вероятности возникновения заболеваний со стороны сердечно-сосудистой (НИ=1,445) и костной системы (НИ=0,970). Индексы опасности для детского населения свидетельствуют о поражениях сердечно-сосудистой (НИ=2,243), костной системы (НИ=1,500), желудочно-кишечного тракта (НИ=1,323) и центральной нервной системы (НИ=1,141). Повышенное содержание в воде стронция и фтора обуславливает неканцерогенное действие на костную систему.

Проведенное исследование показывает, что питьевая вода централизованного водоснабжения может являться источником повышенной канцерогенной и неканцерогенной опасности. Приоритетными загрязнителями питьевых вод являются: хром ⁶⁺, мышьяк, дибромхлорметан и пентахлорфенол. Для снижения неблагоприятных последствий требуется проведение комплекса плановых профилактических и оздоровительных мероприятий для населения.

Для более полной гигиенической оценки состояния питьевого водоснабжения региона необходимо проведение углубленных исследований как факторов среды обитания, так и населения в целом.

Литература

1. Безгодов И.В., Ефимова Н.В., Кузьмина М.В. Качество питьевой воды и риск для здоровья населения сельских территорий Иркутской области // Гигиена и санитария. – 2015 – № 2 – С. 15–19.
2. Новиков С.М., Фокин М.В., Унгурияну Т.Н. Актуальные вопросы методологии и развития доказательной оценки риска здоровью населения при воздействии химических веществ // Гигиена и санитария. – 2016 – Т. 95, № 8 – С. 711–716.
3. Онищенко Г.Г. Актуальные задачи гигиенической науки и практики в сохранении здоровья населения // Гигиена и санитария. – 2015 – № 3 – С. 5–9.
4. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду Р 2.1.10.1920-04. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004 – 143 с.
5. Chen L., Zhou S., Shi Y., Wang C., Li B., Li Y., Wu S. Heavy metals in food crops, soil, and water in the Lihe River Watershed of the Taihu Region and their potential health risks when ingested. Sci. Total Environ. 2018; 615:141–149.
6. Saleh H.N., Panahande M., Yousefi M., Asghari F.B., Conti G.O., Talaee E., Mohammadi A.A. Carcinogenic and non-carcinogenic risk assessment of heavy metals in groundwater wells in Neyshabur Plain, Iran. Biol. Trace Elem. Res. 2019; 190: 251-261.

О.Н. Торгашкова, С.Г.О. Гахраманов, А.С. Беликов

Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»

РОЛЬ ВЫСШИХ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ В ОЧИЩЕНИИ ВОДОЕМОВ ОТ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

Проведена оценка качества водной среды реки Назаровки в городе Саратове, в которой сточные воды составляют основную долю их расходов. Выявлено, что для управления качеством водной среды реки целесообразно использовать тростник обыкновенный. Определены механизмы ускорения тростником разложения загрязнений.

Ключевые слова: качество воды, загрязнение, техногенные объекты, самоочищение, детоксикация.

По своему промышленному потенциалу г. Саратов относится к крупнейшим городам России, с многопрофильной промышленностью, главными среди которой являются нефтеперерабатывающая и химическая [1]. На территории города Саратова и его окрестностях состав поверхностных вод формируется под влиянием как естественных, так и антропогенных факторов. К естественным факторам относятся химические характеристики подземных и атмосферных вод, питающих водотоки и

водоемы. Химический состав на относительно чистых территориях определяется естественными факторами. В пределах городской черты формирования поверхностного стока в значительной мере происходит за счет сбросов промышленных и бытовых сточных вод. Это отражается на химических характеристиках поверхностных вод, являясь причинами их загрязнения [2]. Наиболее опасным как по количественным, так и по качественным показателям является загрязнение открытых водоемов сточными водами нефтеперерабатывающей отрасли. Воды от производства попадают непосредственно в Волгоградское водохранилище, которое является одним из основных источников водоснабжения г. Саратова и области, а также важнейшей рекреационной зоной. В условиях Саратова такие загрязнения практически сразу же сказываются на ухудшении качества окружающей среды, снижении комфортности проживания. Отходы, попадая в водные объекты, отрицательно влияют на качество воды и санитарные условия жизни и водопользования населения, нанося этим и экономический ущерб народному хозяйству. Это связано с особенностями поведения веществ, сбрасываемых со сточными водами нефтеперерабатывающих заводов в водоемы, и, прежде всего нефти.

В Заводском районе города Саратова имеется множество отстойников, используемых для очистки сточных вод. Располагаются они в основном вдоль рек Черниха, Назаровка и Березина. Заполнены отстойники сточными водами, с пеной и пленкой нефти. СНПЗ находится в центре промышленной агломерации и непосредственно граничит с другими техногенными объектами (ООО «Саратоворгсинтез», Увекской нефтебазой и др.). Данная территория в целом характеризуется высокой степенью урбанизации и множественностью источников негативного антропогенного воздействия на окружающую среду. Локальная экологическая ситуация усугубляется неблагоприятным расположением СНПЗ на склоне водораздельной возвышенности над долинами рек Чернихи, Назаровки и Волги, в которых сточные воды составляют основную долю их расходов, множественностью источников загрязнения, разнообразием образующихся загрязнителей, а также последствиями прошлой экологически нерациональной нефтепереработки. В качестве последствий нефтепереработки наблюдается выход на поверхность нефтяных родников в долинах малых рек Назаровка и Черниха. В скважинах мониторинга ОАО «СНПЗ» содержание нефтепродуктов зафиксировано на уровне 1978 ПДК. Толщина нефтепродуктов на поверхности грунтовых вод в районе реки Назаровки изменяется от 1,23 до 2,79 м. В целом по водохранилищу содержание нефтепродуктов отмечается на уровне 1,0 ПДК, прослеживалось увеличение в водах в районе Саратова до 1,6 ПДК. Огромная техногенная нагрузка, которая в значительной степени изменила гидрогеологические условия, в течение длительного времени испытывала территория НПЗ и прилегающие к ней площади. В результате на

территории завода возник ранее не существовавший техногенный горизонт грунтовых вод, приуроченный к четвертичным делювиальным отложениям и к верхней части меловых пород. Водоносный современный аллювиальный горизонт распространен в долинах рек Назаровки и Чернихи, в прибрежной полосе Волгоградского водохранилища.

Как и любой технологический процесс, переработка нефти требует достаточного количества воды. Затраты водного ресурса необходимы для технологического процесса, противопожарных нужд, для хозяйственно-бытового использования и для отведения воды сторонним организациям. Использованная вода возвращается в Волгоградское водохранилище после двухступенчатой очистки воды, которая входит в технологический процесс, и включающая в себя механическую и биологическую очистки. Исследования последствий этого выявили ухудшение экологической обстановки [3]. Из основных микрокомпонентов к загрязнителям Волгоградского водохранилища, превышающим лимитирующие показатели, относятся железо до 3,8 ПДК, аммоний до 1,5 ПДК и нефтепродукты 1,8-3,4 ПДК. В районе Увека вода загрязнена нефтепродуктами (1-3 ПДК), фенолами (3-12 ПДК), медью (7-14 ПДК), органическими веществами (1-1,3 ПДК). В отдельные годы наблюдаются повышенные содержания соединений азота аммонийного и нитритного, железа [4, 5]. Наиболее загрязненный участок - это около устья р. Черниха, по которой сбрасываются в Волгу воды с ряда промпредприятий Заводского района.

Управлять качеством воды в водоемах по содержанию в ней биогенных элементов можно с использованием высшей водной растительности. В формировании качества воды важную роль играют тростник, камыш, рогоз, рдесты, сусак и другие [6]. Известно их применение для доочистки сточных вод предприятий промышленности и бытовых сточных вод [7, 8]. Проведенные исследования влияния промышленных загрязнений водной среды на различные виды водных растений позволили выявить способность некоторых высших водных растений аккумулировать и обезвреживать определенные химические загрязнения. К таким водным растениям, распространенным в Саратовской области, и особенно в акватории реки Волги, относятся: тростник обыкновенный (*Phragmites australis*), камыш озерный (*Scirpus lacustris*) и рогоз узколистный (*Typha angustifolia*). Все эти растения произрастают большими массивами в пойме реки Волги, а также по берегам загрязненных промышленными стоками водоемов, прудов-отстойников и полей фильтрации.

Но для управления качеством водной среды целесообразно использовать самое распространенное растение тростник обыкновенный, заросли которого наиболее многочисленны вдоль исследованных водоемов. Тростник способен обогащать кислородом не только воду и почву,

усиливая процессы окисления, а увеличение количества кислорода модифицирует корневую систему в своеобразный механический фильтр, который задерживает взвешенные в воде частицы и очищают от них воду. Однако роль тростника не ограничивается только механической фильтрацией. С помощью корней растения извлекают из воды растворенные токсичные вещества и затем тростник детоксицирует их.

При изучении тростника, произрастающего по берегам рек, отмечено, что тростник в районе исследования не существенно отличается от контроля (в качестве контроля для сравнения были обследованы заросли тростника, находящихся в истоке реки Назаровки): высота 2-3 м, надземная биомасса нормальной густоты проективное покрытие 90-95%, обилие по шкале Друде – 6 баллов.

Механизм ускорения разложения загрязнений тростником складывается из нескольких элементов. Во-первых, аэрация обеспечивает в воде необходимое количество растворенного кислорода, что способствует химическому окислению многих загрязнителей. Во-вторых, тростник выделяет растворимые органические вещества и этим стимулирует развитие окисляющих нефть и другие виды загрязнения бактерий. В-третьих, корневая система тростника увеличивают зону контакта между нефтеокисляющими бактериями и пленкой нефти, а микрофлора, развивающаяся в зарослях тростника, усваивает углеводороды нефти как источник углерода и энергии.

Таким образом, тростник обыкновенный может быть использован для очищения водоемов от промышленных загрязнений, в частности, нефтепродуктами и для рекультивации земель при ликвидации прудов-отстойников промывочно-пропарочной станции как дополнительное средство биологической очистки.

Литература

1. Строганов, Н. С. Токсическое загрязнение водоемов и деградация водных экосистем / Н. С. Строганов // Водная токсикология. - М. - 1976. - Т. 3. С. 5 - 47.
2. Торгашкова, О. Н. Оценка устойчивости макрофитов к нефтезагрязнениям в водной среде / О. Н. Торгашкова, А. С. Беликов, Е. Н. Никифорова, С. Г. О. Гахраманов, М. В. Санелин // Современные проблемы экологии. XXIII международная научно-практическая конференция. - 2019. С. 73 - 76.
3. Спирин, В. Ф. Ретроспективная характеристика Волгоградского водохранилища как источника водоснабжения городского и сельского населения / В. Ф. Спирин, А. А. Орлов, С. А. Мосияш, Е. А. Шашуловская // Фундаментальные исследования. - 2015. - № 2 - С. 5605 - 5609;
4. О состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2017 году. - Саратов, 2018. - 201с.
5. О состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2018 году. - Саратов, 2019. - 215 с.

6. Кокин, К. А. О роли погруженных макрофитов в самоочищении воды / К. А. Кокин // Тр. БГБО АН СССР. - 1963. - Т. 14. - С. 234 - 247.
7. Петрова, Р. Б. Высшие водные растения и диспергаторы нефти в очищении воды от нефтяного загрязнения / Р. Б. Петрова // Первая Всес. конф. по высш. вод. и прибрежновод. растениям. - Борок, 1977. - С. 133 - 135.
8. Николаев, В. Н. О причинах ускорения окисления нефти микроорганизмами в присутствии водных растений / В. Н. Николаев // Первая Всес. конф. по высш. вод. и прибрежновод. растениям. - Борок, 1977. - С. 131 - 133.

А. Туми, Н.А. Политаева

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ХЛОРЕЛЛА

В статье представлены результаты использования лиофилизированной биомассы микроводорослей *Chlorella sorokiniana* в качестве энтеросорбента при сорбции ионов тяжелых металлов (ИТМ) при различных значениях pH, близких к pH желудка человека. Показано, что величина биосорбции ИТМ микроводорослями в целом не зависит от величины pH и достигает высокой эффективности очистки (до 99 %).

Ключевые слова: Микроводоросли, энтеросорбент, сорбция, тяжёлые металлы.

Тяжелые металлы представляют собой природные элементы, которые обладают относительно высокой плотностью ($\geq 5 \text{ г/см}^3$) и высокой атомной массой [1]. Эти элементы присутствуют в земной коре, и естественным образом встречаются в воде в следовых концентрациях. Загрязнение тяжелыми металлами может происходить вследствие природных явлений, например, извержения вулканов. Однако в основном загрязнения случаются из-за антропологической деятельности, такой как добыча полезных ископаемых, промышленное производство и сельскохозяйственное использование металлов и металлосодержащих соединений [2-3]. Возможные пути проникновения тяжелых металлов в организм человека: ингаляционно, с загрязненной пищей и водой, абсорбцией загрязненного воздуха кожей. Загрязнение тяжелыми металлами также может происходить вследствие природных явлений, например, извержения вулканов. Однако в основном загрязнения случаются из-за антропогенной деятельности такой, как добыча полезных ископаемых, промышленное производство и сельскохозяйственное использование металлов и металлосодержащих соединений [2-3]. С биологической точки зрения, тяжелые металлы обычно делятся на две группы в зависимости от их влияния на клеточный и физиологический уровень [1]. В первую группу входят незаменимые микроэлементы, которые требуются в очень малых концентрациях для нормальной функции живых организмов. Железо, хром

(III), кобальт, медь, марганец, молибден, цинк являются компонентами нескольких ключевых ферментов и играют важную роль в различных реакциях окисления-восстановления. Тем не менее, существенные элементы также могут быть вредными для живого организма при высоких концентрациях [4]. Другие металлы, такие как алюминий (Al), мышьяк (As), барий (Ba), кадмий (Cd), свинец (Pb), ртуть (Hg), не имеют установленных биологических функций и считаются несущественными металлами, и чаще всего связаны с отравлением людей [5]

В настоящее время органические хелаторы, такие как этилендиаминтетрауксусная кислота (EDTA) и 2,3-димеркаптосукциновая кислота (DMSA), являются предпочтительным способом удаления тяжелых металлов из организма. Однако эти методы могут повредить почечную систему, поскольку хелаты металлов выводятся из организма, а также удаляют иные важные металлы, которые могут вызывать дефицит минералов и способствовать появлению побочных эффектов, таких как анемия (в случае железа) [6]. В нескольких научных исследованиях изучается возможность использования натуральных продуктов для захвата и выведения ионов тяжелых металлов (ИТМ) из организма человека. Данными продуктами являются зеленые микроводоросли, хлорелла, *Allium sativum* (чеснок), *Coriandrum sativum* (кинза), *Silybum marianum* (расторопша), *Ginkgo biloba* (гингко), *Curcuma longa* (куркума) и растительные волокна [7 - 8].

Целью данного исследования являлось изучение влияния pH раствора на биосорбцию ИТМ микроводорослями.

Материалы и методы. В этом исследовании предлагается использовать биомассу микроводоросли *Chlorella sorokiniana* в качестве биосорбента. Биомассу микроводорослей *Chlorella sorokiniana* культивировали в закрытом фотобиореакторе. Оптимальные условия культивирования, включая состав питательной среды и условия освещения, были определены в предыдущих исследованиях [9 - 10]. Для определения эффективности очистки от ИТМ методом биосорбции, готовили рабочие растворы из стандартных образцов, содержащих катионы цинка, кадмия, свинца и меди в концентрации 10 мг/л. Начальное значение pH составляло 2 ед. pH. В этом исследовании изучали влияние 3-х различных значений pH (2, 4, 6 ед.). Необходимое значение pH рабочих растворов достигали путем добавления по каплям раствора бикарбоната натрия 5,95 М (pH = 9). Бикарбонат натрия был выбран потому, что он находится в организме человека и отвечает за нейтрализацию желудочной кислоты (HCl) в двенадцатиперстной кишке. 100 г лиофилизированной биомассы добавляли к 1000 мл каждого рабочего раствора, содержащий четыре иона тяжелых металлов в смеси. Далее суспензии встряхивали на лабораторном шейкере в течении 2-х часов. Затем смеси оставляли на 22 часа при комнатной температуре. После этого сорбент отделяли от раствора путём

фильтрации и остаточные концентрации металлов в фильтрате были измерены вольтамперометрическим методом на устройстве ТА-Lab (нормативный документ ПНД Ф 14.1: 2: 4.222-06). Точность измерения данного метода равен 25%. Анализ содержания тяжелых металлов после сорбции проводится в трех экземплярах, позволяющих получить среднее значения концентрации тяжелых металлов в каждом образце. Эффективность очистки рассчитывали по формуле (1) и сорбционную емкость по формуле (2).

$$\Xi = \frac{C_n - C_p}{C_n} \cdot 100 \%, (1)$$

где Ξ – эффективность очистки, %; C_n – начальная концентрация раствора, мг/л; C_p – равновесная (остаточная) концентрация в растворе, мг/л.

$$A = \frac{(C_n - C_p) \cdot V_{p-pa}}{m}, (2).$$

где A – сорбционная емкость, мкг/г; C_n – начальная концентрация раствора, мг/л; C_p – равновесная (остаточная) концентрация в растворе, мг/л; V_{p-pa} – объем раствора, л; m – масса сорбента (биомасса), г.

Полученные результаты представлены в таблице.

Таблица

Эффективность очистки и сорбционная емкость биомассы микроводорослей *Chlorella sorokiniana* после сушки путём лиофилирования при трех разных значениях pH

Адсорбат	C_p , мг / л	Ξ , %	A , мг / г
pH= 2±0,2			
Цинк	0,335	96,65	0,096
Кадмий	0,251	97,49	0,097
Свинец	0,017	99,83	0,099
Медь	0,001	99,99	0,099
pH= 4±0,2			
Цинк	1,175	88,25	0,088
Кадмий	0,175	98,25	0,098
Свинец	0,515	94,85	0,094
Медь	0,001	99,99	0,099
pH= 6±0,2			
Цинк	0,001	99,99	0,099
Кадмий	1,154	88,46	0,088
Свинец	0,573	94,27	0,094
Медь	0,001	99,99	0,099

Из таблицы видно, что величина биосорбции ИТМ микроводорослями не особо зависит от величины pH и достигает высокой эффективности

очистки до 99 %. рН, характерное для желудка человека и варьируется от рН = 1,5 до 5. Биомасса микроводорослей эффективно сорбирует ИТМ при данных концентрациях, поэтому следует продолжать исследования в области потенциального использования *Chlorella sorokiniana* в качестве энтеросорбента.

Литература

1. Banfalvi G. Cellular Effects of Heavy Metals. Netherlands, London, New York: Springer; 2011
2. Bradl H, editor. Heavy Metals in the Environment: Origin, Interaction and Remediation Volume 6. London: Academic Press; 2002.
3. He ZL, Yang XE, Stoffella PJ. Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. J Trace Elem Med Biol. 2005;19(2–3):125–140.
4. Sfakianakis D. G., Renieri E., Kentouri M., Tsatsakis A. M. Effect of heavy metals on fish larvae deformities: a review. Environmental Research. 2015, 137: 246–255.
5. Paul B Tchounwou, Clement G Yedjou, Anita K Patlolla, Dwayne J Sutton, Heavy Metals Toxicity and the Environment, Molecular, Clinical and Environmental Toxicology, 2012, 101: 133-164.
6. Waters R, Bryden N, Patterson K, Veillon C, Anderson, EDTA chelation effects on urinary losses of cadmium, calcium, chromium, cobalt, copper, lead, magnesium, and zinc, R. Biol Trace Element Res. 2001;83:207–221.
7. Georgiou Georgiou, Scientific research on natural heavy metal chelators: testing what works, International Journal of Complementary & Alternative Medicine, 2018, 11:5, 146– 150.
8. Reza Mehrandish, Aliasghar Rahimian, Alireza Shahriary, Heavy metals detoxification: A review of herbal compounds for chelation therapy in heavy metals toxicity, J Herbmed Pharmacol. 2019; 8(2): 69-77.2019; 8(2): 69-77.
9. Y. Smyatskaya, A. Toumi, I. Atamaniuk, Ia. Vladimirov, F.K. Donaev, I.G. Akhmetova, Influence of the drying method on the sorption properties the biomass of *Chlorella sorokiniana* microalgae, E3S Web of Conferences, 2019, 124, 01051.
10. N. Politaeva, Y. Smyatskaya, V. Slugin, A. Toumi, M.Bouabdelli. Effect of laser radiation on the cultivation rate of the microalga *Chlorella sorokiniana* as a source of biofuel// IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2018, 012001, 115.

Ф.Х.А. Ал-Фради, Н.А. Политаева

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,

ДООЧИСТКА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ БАКТЕРИЦИДНЫМ ФИЛЬТРОМ НА ОСНОВЕ БЕТУЛИНА

Рассмотрены основные свойства бетулина. Представлены физико-химические и биологические свойства бетулина. Получена композиция для изготовления фильтров по доочистке питьевой воды на основе углеродных сорбентов (активного угля марки ДАУ) с применением растительного биоцидного продукта бетулина. Показано, что применение бетулина при нанесении его на активированный уголь повышает его способность подавлять размножение *Escherichia coli*. При концентрации 0,5 – 1% бетулина на поверхности сорбента обеспечиваются биоцидные свойства фильтра в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: бетулин, очистка воды, активированный уголь, обеззараживание

В настоящее время жители многих регионов страны не имеют доступа к качественной питьевой воде. Поэтому разработка системы очистки воды от токсичных примесей для небольших групп населения представляет практический интерес для сохранения их здоровья и благополучия. На основе углеродных сорбентов разработаны и нашли широкое применение малогабаритные индивидуальные или магистральные фильтры, обеспечивающие получение питьевой воды, с показателями загрязнений ниже предельно допустимых концентраций. Введение технологии серебрения графита позволяет предотвратить размножение микроорганизмов в толще самого фильтра. Серебро давно используется как бактериостатический агент при длительном хранении питьевой воды, например на морских судах, во время космических полетов. Серебро - это тяжелый металл. В российских санитарных нормах - СанПиН 2.1.4.1074-01 "Вода питьевая" (см. "ПДК для неорганических примесей в воде") - серебру присвоен класс опасности 2, т.е. "высокоопасное вещество". Норматив по серебру составляет 0,005 мг/л = 50 мкг/л. Как и большинство тяжелых металлов, серебро медленно выводится из организма и при его постоянном поступлении может накапливаться. При длительном накоплении серебра возможно проявление признаков аргироза - отравления серебром [1].

Поэтому задача замены серебра при изготовлении фильтров является весьма актуальной.

Известно, что растительный стероид бетулин помимо биологически-активного влияния на здоровье человека, также обладает биоцидными свойствами. Известно, что бетулин оказывает противовоспалительное,

противомикробное, противовирусное, противогрибковое, противоопухолевое противораковое действия [2].

Поэтому представляет практический интерес изучить применение бетулина для защиты фильтров питьевой воды от размножения в них бактерий и грибов. Кроме того, бетулин является возобновляемым растительным сырьем.

Биоцидные материалы для фильтров очистки воды. Для фильтрации воды и удаления токсичных примесей широко применяют углеродные сорбенты с высоко развитой поверхностью (активированный уголь, угольное волокно или вспененный графит) [3]. Для предотвращения развития в толще фильтра микроорганизмов широко используют йодсодержащие и серебросодержащие компоненты.

Серебро является дорогостоящим металлом и его применение удорожает стоимость сорбента. На один кг углеродного сорбента требуется 17,5 г. азотнокислого серебра (в котором 12 г. чистого серебра). Цена серебра составляет около 1500 руб. за г. Кроме того, использованные фильтры утилизируются и это серебро навсегда выводится из оборота.

Физико-химические и биологические свойства бетулина. В последние десятилетия всё большее внимание исследователей привлекают природные биологически активные соединения. Без сомнения, одну из лидирующих позиций в ряду этих веществ занимает бетулин и его производные. Основными преимуществами, выделяющими бетулин среди других природных соединений, являются: доступная сырьевая база, высокое содержание основного вещества (бетулина) в сырье (25 – 30%), лёгкость выделения продукта. Чистый бетулин представляет собой порошок белого цвета, без запаха, со слабым вяжущим вкусом. Бетулин устойчив к действию кислорода и солнечного света, не токсичен, безопасен для человека [4].

Биологическая активность экстракта бересты и его компонентов, подтверждена в ходе научных исследований более чем в 40 зарубежных и российских научных центрах. Продемонстрирована эффективность в использовании тритерпеновых соединений бетулина в качестве прямых регуляторов активности ферментативных систем защиты организма [5].

Высокая температура плавления бетулина (240-260 °C), стабильная формула, инертные свойства молекулы, обеспечивают длительные сроки хранения без изменения свойств. Бетулин растворим в органических растворителях, обладает эмульгирующими и структурообразующими свойствами, образует масложировую эмульсию. Такие технологические свойства обуславливают привлекательность бетулина для производителя, так как не влияют на вкусовые качества готового продукта и позволяют подвергать продукцию термической обработке, в отличии, например, от пробиотиков [6].

По международной токсикологической классификации бетулин относится к 4 классу малотоксичных веществ: полуметаллическая доза (ЛД 50) бетулина 9000 мг/кг. Бетулин не обладает аллергенным, канцерогенным, кожнораздражающим, кумулятивным, мутагенным, сенсибилизирующим и эмбриотоксическим действием. Проведены исследования микробиологических показателей бетулина, как БАД и сырья для пищевой промышленности. По результатам испытания по показателям безопасности (микробиологических, содержанию токсичных элементов, пестицидов и радионуклидов) бетулин соответствует требованиям СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» п.1.10.5

Целью данной работы явилось изучение влияния бетулина на антимикробные свойства углеродных сорбентов.

В качестве углеродного сорбента использовали активированный уголь марки ДАУ. Для повышения антимикробных свойств углеродный сорбент обрабатывали бетулином, а затем исследовали действие различных микроорганизмов (таблица 1) на полученный материал.

Антимикробное действие препарата бетулин и углеродного сорбента с нанесением на него бетулина исследовали методом разведения в питательном агаре [7]. Результаты исследования показали, что минимальная подавляющая концентрация (мкг/мл) тритерпеноидного препарата составляла для *Escherichia coli* 200 мкг/мл.

Для определения бактерицидного действия применялась капельная методика. Подсчет колоний производился в каждой капле отдельно. Проводился расчет количества микроорганизмов в единице объема исследуемого материала с учетом разведения и объема засеянной капли. Результаты приведены в таблицах 1 и 2.

Анализ полученных результатов показал, что бетулин (табл. 1) обеспечил снижение количества тестируемых микроорганизмов. При совместном действии бетулина и сорбента (табл. 2) происходило усиление антимикробного действия - отсутствовал рост *E.coli*, *B.cereus*; наблюдалось уменьшение количества *S.aureus* и *P.aeruginosa*.

Таблица 1

Влияние бетулина на развитие микроорганизмов

Бетулин			
Микроорганизмы	Количество кл. в 1 мл	Ошибка Пуассона	Доверительный интервал
<i>P.aeruginosa</i>	2,5E+08	1,6E+07	2,2E+08
<i>S.aureus</i>	4,6E+08	2,1E+07	3,4E+06
<i>E.coli</i>	3,6E+07	1,9E+06	1,3E+06
<i>B.cereus</i>	2,3E+07	1,5E+06	1,2E+06

На основании выше изложенного можно сделать вывод, что наибольшая бактерицидная активность проявляется при одновременном использовании бетулина и углеродного сорбента. Благодаря этому неожиданному эффекту бетулин можно рекомендовать в качестве антимикробного покрытия при изготовлении углеродных фильтров. Сорбент можно использовать индивидуально при содержании бетулина 1 – 5%, а также в сочетании с серебром, при его дополнительном уменьшенном содержании на поверхности сорбента от 0,1 до 1%.

Таблица 2

Влияние бетулина нанесенного на углеродный сорбент на развитие микроорганизмов

Бетулин+сорбент			
Микроорганизмы	Количество кл. в 1 мл	Ошибка Пуассона	Доверительный интервал
<i>P.aeruginosa</i>	1,6E+07	1,2E+06	1,2E+06
<i>S.aureus</i>	1,1E+08	1,1E+07	3,1E+06
<i>E.coli</i>	0	0	0
<i>B.cereus</i>	0	0	0

Закключение. На основе углеродных сорбентов (активного угля марки ДАУ) с применением растительного биоцидного продукта Бетулина получена композиция для изготовления фильтров по доочистке питьевой воды. Применение Бетулина при нанесении его на активированный уголь повышает его способность подавлять размножение *Escherichia coli*. При концентрации 0,5 – 1% бетулина на поверхности сорбента обеспечиваются биоцидные свойства фильтра в процессе эксплуатации. Снижение стоимости фильтров для доочистки воды за счет использования природного (из коры березы), нетоксичного (4й класс опасности), более дешевого, чем серебро, биоцидного возобновляемого растительного сырья - бетулина.

Литература

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.live-wtr.ru/silver свободный. – Загл. с экрана.
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://betulin-sns.ru> свободный. – Загл. с экрана.
3. Информационная брошюра «Фильтры для воды на основе графенового сорбента «Геракл», - СПб, 2009, -24 с. (gerakl.org/pdf/buklet.pdf)
4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://swarog.ru/page/betulin> свободный. – Загл. с экрана.
5. Фармакологическое и клиническое изучение экстракта бересты содержащий бетулин/ Г.И. Ковалева, Р.М.С алимова, В.П. Жердева// Сборник трудов международной научно-практической конференции «Терпеноиды: достижения, перспективы применения в области химии, технологии производства и медицины». – Караганда, -2008, - С. 73-75.
6. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://betual.ru> свободный. – Загл. с экрана.
7. Приказ № 250 от 13.08.75 года МЗ СССР/Об унификации методов определения чувствительности микроорганизмов к химиотерапевтическим препаратам.

К ТЕМЕ ВЫЯВЛЕНИЯ КРИТЕРИЕВ МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ

Сложная экологическая обстановка, определяющая здоровье населения, требует выбора приоритетных и индикативных направлений, объективизации рисков в социально-территориальном пространстве современной России. В работе рассматриваются проблемы критериальной оценки при различной медико-экологической ситуации.

Ключевые слова: критерии медико-экологической ситуации, критериальная оценка, здоровье населения, факторы внешней среды.

Полиэтиологичность проблемы угрозы здоровью человека от вредных факторов окружающей среды (ОС) требует выбора приоритетных направлений и индикативных критериев их оценки. Выявление факторов риска, доказательства их роли в нарушениях здоровья человека, а также количественная характеристика зависимостей вредных эффектов от уровней воздействия конкретных факторов окружающей среды является одной из фундаментальных задач медико-экологических исследований. Другими словами – актуальность изучаемой проблемы определяется отсутствием стандартизованных надёжных критериев оценки экологического состояния территорий и недостаточно разработанной методологии оценки и анализа риска здоровью населения [1].

Сложившаяся неблагоприятная ситуация с загрязнением среды и состояния здоровья людей в Приволжском федеральном округе, снижение качества и продолжительности жизни населения, неэффективность, а в некоторых случаях недостаточна гигиеническая обоснованность природоохранных мероприятий, разрабатываемых без четких количественных критериев потенциального и реального ущерба для здоровья, низкая эффективность затрачиваемых на снижение загрязнения средств, обусловленная в большинстве случаев отсутствием обязательной оценки действительного вклада того или иного предприятия в ухудшение состояния здоровья населения, несоблюдение, а в ряде случаев недостижимость некоторых гигиенических нормативов, связанные с экономическими и техническими причинами, настоятельно требуют изменения и переноса акцентов с проблем эколого-гигиенического нормирования на количественную оценку потенциальной и реальной опасностей от уровней воздействия, существующих в реальных условиях населенных мест [2,3].

Устойчивость экологического равновесия и нормального функционирования территории находится в зависимости от внешней и

внутренней антропогенной нагрузки. К первой относятся биогеохимические нарушения, ко второй – антропогенные изменения, обусловленные непосредственным контактом природы и человека. Довольно полная оценка ответов биоты на воздействие антропогенных факторов может быть достигнута при изучении всех уровней иерархически организованных биологических систем, от молекулярного до биоценотического. В этой связи возникает надобность выявления несложно контролируемых показателей, позволяющих диагностировать экологически опасный уровень атмосферического воздействия на ранних стадиях до наступления необратимых изменений. Для полного анализа управляемой ситуации необходима не только сравнительная, но и критериальная оценка. Она предполагает определение основных характеристик управляемой системы, на основании которых производится анализ её состояния. При этом для сложной системы характерна детализация критериев на каждом уровне. Например, критерием для медико-биологической ситуации, как системы, может быть состояние здоровья населения, как подсистема. В свою очередь, в качестве мерила здоровья определённой группы населения может быть состояние иммунной защиты организма. Такое состояние может быть оценено наличием тех или иных иммуноглобулинов, иммунокомпетентных клеток. Вместе с тем, необходимо выделять приоритетные критерии, используемые для управления медико-экологической ситуацией. При этом представляется целесообразным учитывать следующие признаки: информативность; доступность определения; адекватность ситуации; значимость; надёжность; своевременность. Невозможно рекомендовать какие-то универсальные критерии, характерные для всех ситуаций. Например, в выборе приоритетных критериев санитарно – гигиенической ситуации может оказать медико-экологическое районирование, принципиальной чертой которого, является то, что его основу составляет местные, характерные территории, особенности причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и факторами, его определяющими. Разумеется, что к числу приоритетных критериев должны быть отнесены те, которые отражают данную медико-экологическую ситуацию исследуемой территории. Важность элемента определяется при помощи экспертных оценок и может значительно варьировать в зависимости от состояния системы в целом и её характеристик [4].

В определении значимости факторов окружающей среды важную роль играют критерии опасности, т.е. возможности воздействия определённого фактора на состояние здоровья населения. Поэтому при управлении состоянием среды обитания приоритет отдаётся снижению и исключению наиболее опасных факторов вредного воздействия. Надёжность критерия определяется его устойчивостью как индикатора состояния системы, его определённым местом в комплексе причинно-следственных связей. Например, уровень содержания ксенобиотиков в крови и органах-мишенях

достаточно надёжно характеризует индивидуальную нагрузку на организм, в то время как концентрация того же вещества в слюне и моче зависит от ряда других факторов.

К настоящему времени разработано достаточно тест-систем и способов оценки состояния здоровья людей, например, значение соотношения гематологических и биохимических показателей при гигиенической оценке состояния неспецифической резистентности; определение иммуноглобулинов; эволюция иммунологических показателей (ПЦР, серологические реакции) при респираторных инфекциях и т.д., однако практически все из них требуют специальных исследований [5]. Перспективно использование маркерных показателей, например, при помощи факторного анализа, цитогенетических тестов, что позволяет выбрать доступные средства для оценки состояния здоровья населения, не снижая информативных критериев.

Выбор критериев для управления медико-экологической ситуацией целесообразно осуществлять с учётом всех перечисленных признаков. При этом допустимо определение приоритетных критериев с возможным изменением приоритетности по мере коррекции экологической обстановки. Количественным выражением критериев служат показатели. В качестве целевых или критериальных показателей могут использоваться национальные, региональные или групповые стандарты или рекомендуемые уровни. Если в качестве критерия принимаются загрязнения окружающей среды, то показателем будут концентрация вредного вещества, а целевым критерием может быть предельно доступная концентрация того же вещества в объектах среды обитания. При оценке состояния здоровья, очевидно, что показателями будут уровни заболеваемости и смертности различных видов общей, по возрастной, по причинам и т. д. Относительно целевых показателей, то они могут быть определены несколькими способами.

Таким образом, целью управления медико-экологической ситуацией является такое состояние системы, при котором отдельные её элементы и причинно-следственные связи будут характеризоваться комплексом показателей, соответствующих целевым уровням.

Несомненно, что проблема выборов критериев определения целевых уровней имеют большое значение при управлении медико-экологической ситуацией. Опыт критериальной оценки медико-экологической ситуации в г. Саратове был впервые представлен в наших научно-практических работах [5,6]. Критерии оценки зон экологического благополучия в настоящее время требуют определения их эффективности, выявления наиболее значимых индикаторов состояния здоровья населения и среды жизнедеятельности [5].

Литература

1. Беляев Е.Н. Роль санэпидслужбы в обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации. – М.: Издат.-информ. Центр Госкомитета санэпиднадзора РФ, 1996. 416 с.
2. К проблеме влияния состояния окружающей среды обитания на общественное здоровье населения /Дмитриев А.П., Хотько Н.И. // Проблемы обеспечения химической безопасности в современных условиях. Итоги и аспекты технологических решений, экоаналитического контроля и эколого-гигиенического мониторинга: Сб. статей Международной НПК (под ред. Хотько Н.И, Радюшкин Ю.Г) Пенза, АННМО «Приволжский Дом знаний». 2015. 188 с.
3. Khotko N. Salud e ecologia de los ciudadanos no Regiao de Volga. Los resultados del experimento cientifico toca un problema ecologica/ XI Coloquio «Supervision, auditoria, information del sistema de seguridad medica y medio ambiente»/- Espagna, Costa Daurada, 2012, 27 abr – 04 maio. P.60 – 63.
4. Khotko N., Thupis V., Dmitriev A. The regional problems of environmental monitoring soil and solid waste disposal areas// Veterinary and agricultural sciences: state and prospects of development in XXI century: XIX International Scientific and Practical Conference.- 2012, London/Odessa - P.246 – 253.
5. Хотько Н.И. К выбору атрибутов медико-экологической ситуации» //«Медико-биологические проблемы обеспечения химической безопасности Федерации» Сб. материалов ВНПК.СПб,2017. С.134-136.
6. Коломиец В.В. Некоторые аспекты оценки здоровья населения Саратова в зависимости от факторов внешней среды//дисс...канд. мед. наук. – Саратов, 1995. 243с.

Н.И. Хотько

Российская академия естествознания, г. Москва

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКЕ ПРИРОДНЫХ ОПАСНОСТЕЙ В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ФАКТОРОВ РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ

В последние годы активно разрабатываются методические подходы к оценке сочетанного влияния факторов внешней среды обитания на здоровье человека. Предлагаемый методический подход к оценке экологического риска подразумевает формирование экологических баз данных по качеству среды обитания и общественного здоровья, оценку вероятностно-статистических методик и медико-экологическое зонирование природных опасностей территорий с помощью информационных технологий.

Ключевые слова: природные опасности, природный риск, интегральная оценка риска, здоровье население, экологический потенциал.

В наши дни концепция оценки риска здоровью населения практически глобально рассматривается в качестве главного механизма разработки и

принятия управленческих решений в области охраны здоровья и разработки профилактических мероприятий противодействия вредным факторам среды обитания. В связи с этой концепцией была разработана программа по изучению и оценке риска для здоровья населения, проживающего в зонах защитных мероприятий опасных промышленных объектов [1]. На основании изучения закономерностей географии отдельных болезней человека нами предложены программа и макет медико-экологического атласа для области, а также карта эпидемиологического районирования Саратова с учетом комплекса интегрированных показателей.

Вместе с тем, в настоящее время в теории и практике довольно свободное использование терминов «экологическое и т.п. благополучие», «химическая, биологическая, экологическая безопасность». Нет определения терминов «опасность» и «риск». Есть широко принятая формулировка Комитета по восприятию риска и информированию о нём Национального исследовательского совета США – «опасность – действие или явление, причиняющее потенциальный ущерб или вред людям или предметам». Масштабы возможного ущерба или вреда определяются Комитетом как «величина» опасности, которая выражается «числом лиц или предметов, которые могут подвергнуться её действию, а также серьёзностью последствий». Среди совершенствуемых в настоящее время научных подходов в решении проблемы охраны окружающей среды и защите здоровья населения мы считаем медико-экологическое картографирование, учитывающее многоплановую антропогенную нагрузку на природу и человека. Значение этого метода с позиции охраны окружающей среды и здоровья человека состоит в возможности дифференцированного представления глубины экологических нарушений объектов, долгосрочного прогнозирования трансформаций негативных тенденций, определения (естественно с различной степенью достоверности) наиболее опасных «горячих» точек негативного воздействия на окружающую среду с целью обоснования адекватных эффективных мероприятий по улучшению обстановки первостепенной и отдаленной реализации.

В настоящее время оценка степени экологической опасности влияния производственных факторов на состояние окружающей среды осуществляется по трём основным направлениям: биологический мониторинг, химические и радиологические исследования [2]. При этом принимаются во внимание все возможные (изучаются доступные) признаки влияния факторов окружающей среды на биоту.

С позиций экологической эпидемиологии нами предлагается оценивать состояние той или иной территории при помощи «экологического потенциала». При этом экологический потенциал (ЭП) рассматривается как показатель взаимодействия природных и социальных факторов, отражающих степень потенциальной опасности определенной

территории для населения в определенные отрезки времени. Другими словами ЭП следует рассматривать как количественную меру состояния территории [3]. В детальном порядке разрабатывается комплексная балльная экспертная оценка степени опасности конкретно той или иной промышленной зоны с учётом состояния окружающей среды и природных ресурсов (атмосферный воздух, гидросфера, почва и растительный и животный миры, радиационная, метеорологическая, санитарно-гигиеническая обстановки, природные катастрофы и стихийные бедствия), производственного процесса, технической оснащённости, человеческого фактора, времени и т.д. Учитываются: данные медико-экологического районирования (т.к. его экспертную основу составляют территориальные особенности причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и факторами его определяющими), выявление экологозависимых заболеваний. В дальнейшем планируется разработка компьютерной программы, обеспечивающей автоматизированную оценку ЭП.

Очевидно, что предложенный нами подход может оказать существенное влияние на решение следующих вопросов: независимой экспертизы и объективной аргументации дальнейшего наращивания (использования) или сокращение промышленного потенциала на той или иной загрязненной территории; объективной оценки возможности градостроительства, расселения людей; оптимизации сроков проведения, разработанных с участием гигиенистов, долгосрочных программ, конечного поэтапного улучшения условий жизни населения в конкретных административных районах; направленного, научно обоснованного выделения материальных средств, в первую очередь, в наиболее экологически опасные районы.

Литература

1. Нагорный С.В. и др. Разработка программы по изучению и оценке риска для здоровья населения, проживающего в зонах защитных мероприятий опасных промышленных объектов // Химическая безопасность РФ в современных условиях: Сб. трудов Всерос. науч.-практ. конф. – СПб., 2010. С.290-292.
2. Khotko N., Pinto R. Fernanda A. Carlos S. Investigaçãõ medica-geografica por passportizaçãõ dos focos naturais das doencas endemicas / Os cadernos do Gabinete Regional da OMS para a Europa. – Luanda, 2012. P. 123-128.
3. Doblo A., Khotko N. The impact of environmental factors on the health of the population (on the example of the Saratov region) / Proceedings of the international conference: «Actual problems of environmental security of territories and population». – Bangkok-Pattaya, Thailand. 2000. P24-129.
4. Khotko N., Dmitriev A., Mitroshin A., Doblo A. Salud e ecologia de los ciudadanos no Regiao de Volga Los resultados del experimento cientifico toca un problema ecologica /XI international Symposium " Monitoring, audit, inform. provision of medical and environmental safety in the system» – Espagna, Costa Daurada, 2002. P. 60-63.

5. Khotko N. et al. В трудах 4-th International Conf. on ecology.13 june 2011. – Annapolis Merilend, USA. P. 617-618.

6. Трегуб А.П., Хотько Н.И. Экологическое зонирование в условиях техногенного загрязнения среды обитания на основе анализа факторов риска здоровью населения // Материалы МНПК «Риски в социально-территориальном пространстве современной России». – Саратов. Изд-во «Саратовский источник», 2016. С.63-67.

7. Прокофьева А.А. Оценка риска природных опасностей республики Мари Эл / Материалы МНПК «Риски в социально-территориальном пространстве современной России». – Саратов. Изд-во «Саратовский источник». 2016. С.177-182.

8. Хотько Н.И. К количественной оценке опасности территорий и потенциальных рисков для здоровья населения / Сб. материалов ВНПК «Медико-биологические проблемы обеспечения химической безопасности Российской Федерации». – СПб., 2017. С.148-150.

9. Хотько Н.И., Куклев Е.В., Солдаткин И.С. Определение эпидемического потенциала участка природного очага / Журн. Микробиол., 1983. №11. С. 120-121.

10. Хотько Н.И., Ривкус Ю.З., Наумов А.В. Эпидемиология и профилактика чумы /Под ред. Н.И. Хотько). – Ашгабат: Изд-во “Магарыф”,1992. 242с.

11. Хотько Н.И.,Чупис В.Н, Дмитриев А.П. К проблеме моделирования (биометрии) биологических систем для экспертной (балльной) оценки степени экологической опасности на территориях, где находятся объекты по уничтожению химического оружия // «Окружающая среда и экологическое образование и воспитание»: Сб. трудов X Международной НПК. – Пенза, 2010. С.45-47.

А.М. Хужина, Э.С. Аминева, Э.С. Насырова

Уфимский государственный авиационный технический университет

ХАРАКТЕРИСТИКА СНЕЖНОГО ПОКРОВА В 2018 г. НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

В статье дана характеристика снежного покрова 2018 года на территории Республики Башкортостан. Представлена диаграмма, характеризующая снежный покров за осенне-зимний период 2017-2018 гг. Выполнен сравнительный анализ высоты снежного покрова различных районов.

Ключевые слова: загрязнение атмосферы, снежный покров, химический состав, высота снежного покрова, плотность снега.

Выбросы источников загрязнения городов и промышленных объектов переносятся воздушными потоками на значительные расстояния, определяя фон загрязнения атмосферного воздуха. Косвенным показателем состояния загрязнения атмосферы являются данные о химическом составе проб снежного покрова [1].

Снежный покров является одним из самых крупных сезонных явлений, каждый год покрывающий почти всю территорию нашей страны, в том числе Республику Башкортостан (РБ). Снежный покров представляет собой слой

снега, который лежит на поверхности земли или льда. Он образовывается в результате снегопадов, а также метелей в зимнее время года. Источником снежного покрова служат твердые осадки (в основном это снег), которые сохраняются на поверхности земли при отрицательных температурах. Формирование снежного покрова обуславливается рельефом поверхности, географической зональностью и общей циркуляцией атмосферы.

Различают два вида снежного покрова: временный снежный покров, тающий за несколько часов или дней после образования, и устойчивый снежный покров, который сохраняется в течение всей зимы или с небольшими перерывами.

На территории РБ снежный покров образуется повсеместно и ежегодно. Длительность его залегания составляет в среднем 155 дней. В Республике Башкортостан среднегодовое количество осадков, выпавших за зимний период, составляет 20% от общего количества всех сезонных осадков, то есть приблизительно 80-110 мм, в горных районах 100-120 мм. Наибольшее количество осадков, как правило, выпадает в январе [2].

Чаще всего в Республике Башкортостан устойчивый снежный покров образовывается в третьей декаде октября – второй декаде ноября. Самое раннее его появление зафиксировано – 18 и 24 сентября. В некоторые годы появление снежного покрова запаздывает практически на месяц, что связано с особенностями климатических условий каждого года. Так же, как и в других районах Российской Федерации, максимальная высота снежного покрова в РБ по многолетним данным отмечена в лесу: около 100-110 см, а в поле – 60-65 см.

Первый снег на территории РБ в 2018 г. появился даже раньше климатических сроков, очень теплая погода в октябре приводила к тому, что часто отмечались жидкие и смешанные осадки, а выпавший снег таял. В связи с этим высота снежного покрова в первую половину зимы в этом регионе увеличивалась очень медленно, и по итогам зимнего сезона оказалась значительно меньше климатической нормы [3].

На рисунке 1 представлена диаграмма, характеризующая снежный покров за осенне-зимний период 2017-2018 г.

В 2018 году в РБ устойчивый снежный покров образовался во второй декаде ноября, а его разрушение произошло в первой и во второй декадах апреля. Стоит отметить, что в западных районах республики снежный покров разрушается на 1-2 декады раньше, чем в восточных. Средняя высота снежного покрова в большинстве районов составляла 40-50 см (на западе она уменьшается до 30 см, в горах увеличивается до 70-80 см). Процесс снеготаяния завершился во второй декаде апреля. Окончательный сход снежного покрова пришелся на 18-26 апреля.

В течение зимы 2018 года высота снежного покрова постепенно росла и примерно во второй декаде марта достигла своего максимума.



Снежный покров на 2017-2018 гг.

Следует отметить, что до первой декады января 2018 г. на территории Месягутовской лесостепи высота снежного покрова была значительно выше (скорее всего, это обусловлено более ранним его появлением), чем на зональных равнинах. По территории лесостепи наибольшая высота снежного покрова менялась от 48 см в западных и до 39 см в восточных районах республики. Чаще всего в республике наибольшие высоты снежного покрова наблюдаются в те годы, когда выпадение снега происходит при достаточно низких температурах и его плотность сравнительно невелика. Для зим с частыми оттепелями характерны малые высоты снежного покрова (снег в эти периоды имеет значительную плотность). Сравнительная характеристика высоты снежного покрова различных регионов РБ приведена в таблице.

Высота снежного покрова (см) в некоторых регионах Республики Башкортостан и города Уфы за 2018 год

Регион \ район	Среднее значение	Абсолютный максимум
Салаватский	1 см	3 см
Дюртюлинский	1 см	1 см
Ишимбайский	1 см	3 см
г. Уфа	1 см	1 см

За зиму 2018 года плотность снега постепенно увеличивалась за счет его накопления: в первой декаде декабря она была равна 220-230 кг/см³, а в конце зимы – 320 кг/см³ на северо-востоке и 380 кг/см³ на северо-западе. Средний запас воды в снежном покрове при этом составлял 105 и 153 мм соответственно. В снежном покрове сосредотачивается около четверти годовой суммы атмосферных осадков, образующих запасы влаги в почве, которые необходимы для растений.

Снежный покров оказывает огромное влияние не только на

радиационный баланс и связанный с ним температурный режим, но и на давление, ветры, влажность воздуха и состав приземных слоёв воздуха.

Кроме того, влияние снежного покрова на климат сказывается и после его схода. Почвы, в зависимости от характера снега в период снеготаяния, в большей или меньшей степени увлажняются. Влажные же почвы вследствие большей теплоёмкости весьма медленно нагреваются, охлаждая и смягчая температурные колебания.

Таким образом, накопление запасов снега на территории Башкортостана происходит на протяжении всего холодного периода до начала оттепелей, с наступлением которых происходит увеличение плотностных характеристик, а также закономерное уменьшение высоты снежного покрова. Стоит отметить, что важную роль в формировании высоты снежного покрова играют особенности климата каждого конкретного года. Данные о содержании веществ в снежном покрове являются единственными материалами для оценки загрязнения атмосферы в зимний период и выявления ареала распространения загрязняющих веществ от промышленных центров и городов [4].

Литература

1. Elizariiev A.N., Gaponov V.M., Aksenov S.G., Longobardi A. Analysis of annual time series of precipitation in the republic of bashkortostan, Russian Federation // Проблемы обеспечения безопасности (Безопасность – 2019): материалы I Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 104-110.
2. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2017 году». – Уфа: Министерство природопользования и экологии РБ. – 2018. – 330 с.
3. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2018 году». – Уфа: Министерство природопользования и экологии РБ. – 2018. – 276 с.
4. Щелчкова А.И., Кострюкова Н.В., Федосов А.В. Оценка состояния проблемы загрязнения окружающей среды пищевой промышленностью // Актуальные проблемы науки и техники: сборник статей, докладов и выступлений IX Международной научно-практической конференции молодых ученых. – 2016. – С. 176-177.

УДАЛЕНИЕ ИОНОВ НИКЕЛЯ ИЗ МОДЕЛЬНЫХ ВОД ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИКРОВОДОРОСЛИ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА

Изучено извлечение ионов никеля из модельных вод клетками микроводоросли *Chlorella vulgaris*. Исследована возможность интенсификации процесса за счет применения биологически – активного вещества – диизопропилового эфира 1 – диметилгидразинотолуол – 3 – окса – 4 – бензил – 7 – диметилгидразин фосфоновой кислоты (ДОБДФК). Найдено, что использование названного реагента в низких концентрациях способствует как росту биомассы микроводоросли, так и увеличению степени удаления ионов Ni(II).

Ключевые слова: *Chlorella vulgaris*, ионы Ni(II), биологически-активное вещество, диизопропиловый эфир ДОБДФК, доочистка, прирост, контрольный образец, проценты, опытный образец, миллиграммы

В последние годы существенно обострились проблемы, связанные с загрязнениями воды. Кардинальное решение проблемы охраны окружающей среды состоит в разработке и внедрении экологически безопасных, безотходных технологических процессов и производств.

Загрязненные сточные воды нуждаются в очистке. Существует несколько этапов очистки сточной воды: механический, физико – химический, химический, биологический и комбинированный.

В работах последнего десятилетия внимание исследователей привлекают биологические методы очистки сточных вод, с использованием фототрофных организмов – микроводоросли, цианобактерии и высшие водные растения [1].

Chlorella vulgaris широко используется в практике очистки природных и доочистки сточных вод от различного вида поллютантов [2].

В различных исследованиях отображено извлечение из водных объектов ионов тяжелых металлов (ИТМ), таких как Cd^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} (II), Fe^{2+} , Fe^{3+} , Cr^{6+} , Zn^{2+} [3]. Высокая эффективность извлечения ИТМ обусловлена, по всей видимости, выделением микроводорослью в процессе своей жизнедеятельности в водную среду аминокислот, которые, как известно, образуют с ионами металлов нерастворимые в воде комплексные соединения. Указывается также, что хлорелла способствует эффективному удалению из водных сред различных красителей.

Попадая в водоем, хлорелла не осаждается на дно и не прилипает к высшей растительности, а парит в верхнем (до 40 – 120 сантиметров) слое воды интенсивно делясь. За несколько дней она становится доминирующей в указанном биотопе. Вода насыщается кислородом благодаря процессу

фотосинтеза. В результате чего происходит снижение содержания в воде тяжелых металлов. В процессе онтогенеза хлорелла активно потребляет органические и неорганические вещества, что приводит к улучшению качества воды. Тяжелые металлы переходят в высшие степени окисления и образуют с анионами нерастворимые соединения [4].

Учитывая тот факт, что *Chlorella vulgaris* находит использование в различных отраслях промышленности, остро стоит вопрос увеличения прироста ее биомассы. В качестве веществ, стимулирующих рост возможно применение различных химических соединений – биологически активных веществ (БАВ). В качестве последних зарекомендовали себя некоторые фосфорорганические вещества, в том числе и диизопропиловый эфир 1–диметилгидразинотолуол–3–окса–4–бензил–7–диметилгидразин фосфоновой кислоты (ДОБДФК) [5]. Показано, что последний в концентрациях 10^{-5} – 10^{-7} способствует приросту биомассы микроводоросли по сравнению с контрольным образцом. На рисунке 1 изображен график прироста биомассы микроводоросли в контрольном образце и образцах, содержащих концентрацию БАВ 10^{-5} – 10^{-7} г/дм³.

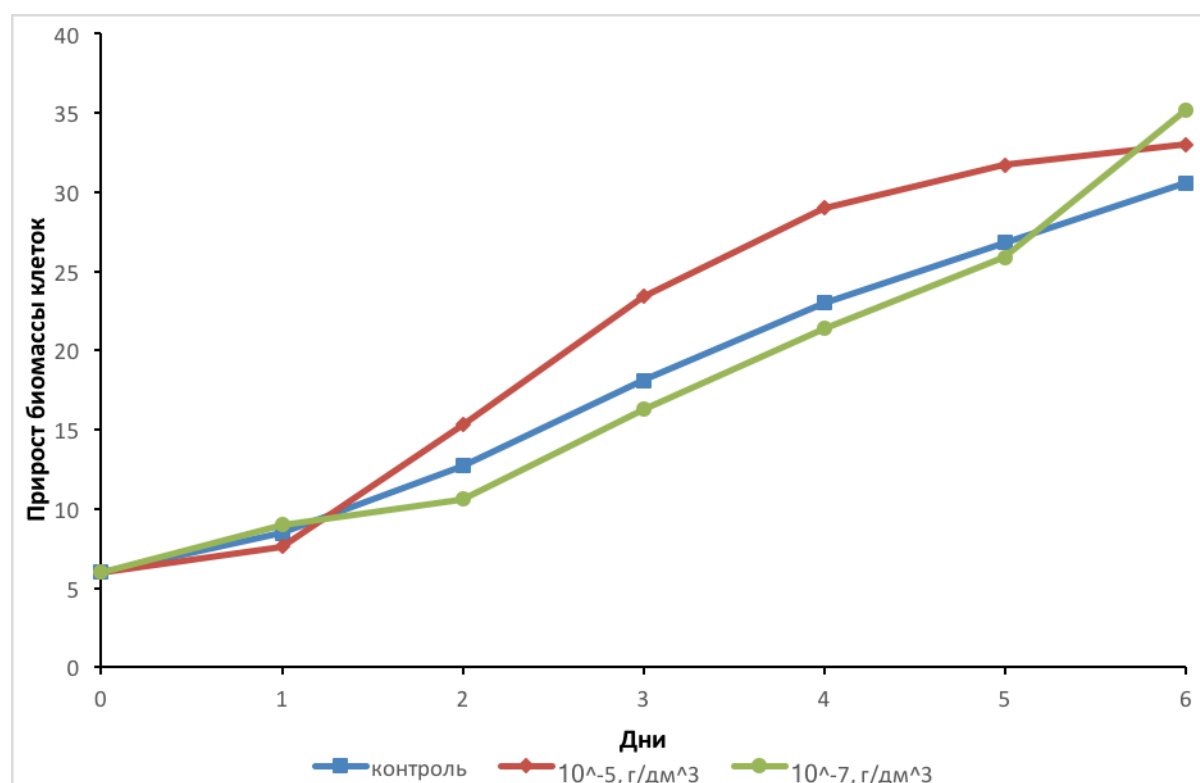


Рис. 1. График прироста биомассы микроводоросли в контрольном образце и образцах, содержащих концентрацию БАВ 10^{-5} – 10^{-7} г/дм³.

Имеются многочисленные сведения о том, что *Chlorella vulgaris* способствует удалению ИТМ из водных сред [6–8]. В этой связи представлялось интересным оценить влияние диизопропилового эфира

ДОБДФК в низких концентрациях на процесс извлечения ионов тяжелых металлов из водных сред в присутствии *Chlorella vulgaris*.

В качестве искусственного загрязняющего вещества использовались ионы $Ni(II)$ в концентрации 5 мг/дм³. В модельные сточные воды, содержащие ионы железа в указанной выше концентрации, добавлялось определенное количество биомассы *Chlorella vulgaris* и диизопропиловый эфир ДОБДФК, чтобы концентрация последнего в растворе составляла 10^{-5} – 10^{-7} г/дм³. Время проведения эксперимента составляло 6 суток. Через каждые 24 часа после начала проведения процесса измерялось остаточное количество ионов железа в растворе. На рисунке 2 приведены графические зависимости изменения остаточной концентрации ионов $Ni(II)$ в зависимости от времени и концентрации используемого БАВ в концентрациях 10^{-5} и 10^{-7} г/дм³.

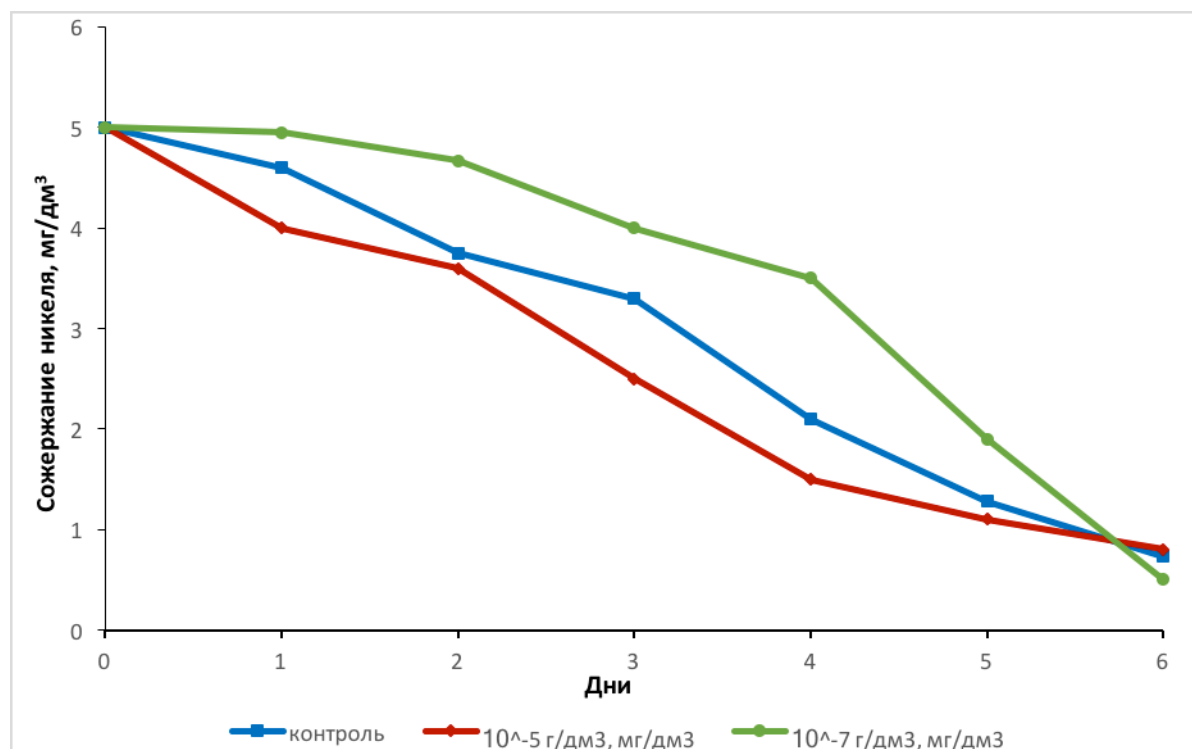


Рис. 2. График зависимости содержания ионов никеля в модельной воде от времени при исследовании диизопропилового эфира ДОБДФК в концентрациях 10^{-5} и 10^{-7} г/дм³.

Явно, что наличие исследуемого БАВ способствует определенному уменьшению остаточной концентрации ионов металла и, соответственно, повышению эффективности извлечения последних из водной среды.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что диизопропиловый эфир 1-диметилгидразинотолуол-3-окса-4-бензил-7-диметилгидразин фосфоновой кислоты в концентрации 10^{-7} г/дм³ лучше всего стимулирует прирост микроводоросли *Chlorella vulgaris* и

способствует снижению остаточной концентрации ионов никеля в их присутствии.

Литература

1. Cairns J., Cruber D.A. Comparison of methods and instrumentation of biological early warning systems // *Water res. Bull.* – 1980. – Vol.16, №2. – P. 261 – 266.
2. Музафаров А. М. Культивирование и применение микроводорослей / А. М. Музафаров, Т. Т. Таубаев. – Ташкент: Фан УзССР, 1984. – 136 с.
3. Bajguz A. Blockade of heavy metals accumulation in *Chlorella vulgaris* cells by 24-epibrassinolide / A. Bajguz // *Plant Physiology and Biochemistry.* – 2000. – vol. 38. – № 10. – P. 797 – 801.
4. Архипова Н. С. Актуальные вопросы экологии и безопасности жизнедеятельности в Республике Татарстан: учебное пособие / Н. С. Архипова, Д. С. Елагина. – Казань: Казан. ун-т, 2016. – 109 с.
5. Abu Al-Rub F.A. Biosorption of copper on *Chlorella vulgaris* from single, binary and ternary metal aqueous solutions / F.A. Abu Al-Rub, M.H. El-Naas, I. Ashour, M. Al-Marzouqi // *Process Biochemistry.* – 2006. – vol. 41. – P. 457–464.
6. Бавтуто Г. А. Практикум по анатомии и морфологии растений / Г. А. Бавтуто. – Минск: ООО «Новое знание», 2002. – 464 с.
7. Чаптарова Е. А. Интенсификация удаления ионов никеля из модельных вод при использовании микроводоросли *Chlorella Vulgaris* / Е. А. Чаптарова, А. А. Фазуллина, С. В. Фридланд, И. Г. Шайхиев // Издательство БГТУ. – 2019. – С. 271 – 274.
8. P.O. Binding of metal ions by particulate biomass derived from *Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus quadricauda* / P.O. Harris, G.J. Ramelow // *Environmental Science and Technology.* – 1990. – vol. 24. – № 2. – P. 220–228.

О.В. Шопина, Н.Е. Кошелева, Д.В. Власов

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ДОРОЖНОЙ ПЫЛИ МОСКВЫ БЕНЗ(А)ПИРЕНОМ

На территории Москвы в пределах МКАД проведена геохимическая съемка с отбором 208 проб дорожной пыли на дорогах разного типа и во дворах с автопарковками. Определено содержание бенз(а)пирена (БаП), в среднем для Москвы оно равно 0,25 мг/кг. Минимальные значения БаП зафиксированы в ЮВАО, на ТТК и радиальных шоссе, максимальные – во дворах. Накопление БаП зависит от свойств пыли: содержания органического вещества, ила, значений рН. Из-за превышений во всех образцах дорожной пыли ПДК по БаП для почв в Москве складывается опасная экологическая ситуация.

Ключевые слова: ПАУ, выбросы автотранспорта, интенсивность движения, физико-химические свойства пыли

БаП – один из наиболее токсичных полициклических ароматических углеводородов (ПАУ). Он обладает канцерогенными и мутагенными свойствами и в окружающую среду поступает преимущественно в

результате неполного сгорания топлива [1]. В Москве более 90% вредных выбросов связано с автотранспортом [2]. В связи с этим дорожная пыль является одним из главных аккумуляторов поллютантов в городской среде. Цель работы – оценка основных свойств и загрязнения БаП дорожной пыли г. Москвы на разных типах дорог и во дворах с автостоянками.

Материалы и методы. Пробы дорожной пыли отбирались летом 2017 г. в пределах Московской кольцевой автомобильной дороги (МКАД). Всего отобрано 208 образцов в административных округах (АО) города – Северном (САО, количество проб $n=12$), Северо-Восточном (СВАО, $n=23$), Восточном (ВАО, $n=21$), Юго-Восточном (ЮВАО, $n=30$), Южном (ЮАО, $n=26$), Юго-Западном (ЮЗАО, $n=20$), Западном (ЗАО, $n=29$), Северо-Западном (СЗАО, $n=16$) и Центральном (ЦАО, $n=31$). Точки отбора распределялись по типам дорог с разной интенсивностью движения: МКАД ($n=19$), Третье транспортное кольцо (ТТК, $n=7$), радиальные шоссе с количеством полос движения в одну сторону > 4 ($n=16$), крупные с 3-4 полосами ($n=38$), средние с 2 полосами ($n=46$), малые с 1 полосой ($n=35$) и автопарковки во дворах жилых домов ($n=32$).

Определение БаП проводилось методом низкотемпературной спектрофлуориметрии с эффектом Э.В. Шпольского [3] лаборатории углеродистых веществ биосферы географического факультета МГУ (аналитик – Н.И. Хлынина), а основных физико-химических свойств – в Эколого-геохимическом центре МГУ общепринятыми методами [4].

Статистическая обработка данных выполнена в программном пакете STATISTICA 10. Степень загрязнения дорожной пыли БаП оценивалась на основе коэффициента экологической опасности $Ko = C_i / \text{ПДК}$, где ПДК – гигиенический норматив БаП в почвах, равный 0,02 мг/кг [5].

Результаты. Физико-химические свойства пыли. Реакция среды в пыли Москвы нейтральная, средняя величина рН 7,4. Среди разных типов дорог минимальные значения рН на МКАД – 7,27 и во дворах – 7,23. Средняя удельная электропроводность (ЕС) – 208 мкСм/см. Для больших дорог (МКАД, ТТК, радиальных шоссе и крупных дорог) характерны повышенные значения ЕС – 248-277 мкСм/см, а для средних, малых дорог и дворов – пониженные (159-192 мкСм/см). При среднем содержании органического вещества (Сорг), равном 2,6%, максимально обогащена Сорг пыль во дворах – 4%, что объясняется выносом почвенных частиц с клумб, газонов и участков открытого грунта [6]. Среднее содержание Al, Fe, Mn в дорожной пыли Москвы составляет 27; 24 и 0,4 г/кг. Гранулометрический состав дорожной пыли в Москве довольно однороден; в среднем в ней 45% крупного и среднего песка, 27% мелкого, 13% крупной пыли, 6 % средней и 7% мелкой пыли, 2% ила (табл. 1).

Таблица 1

Физико-химические свойства дорожной пыли Москвы

Округ/тип дороги	рН, ед.	ЕС, мкСм/ см	С _{орг} , %	Гранулометрический состав, %						Al, г/кг	Fe, г/кг	Mn, г/кг
				<1 мкм	1-5 мкм	5-10 мкм	10-50 мкм	50-250 мкм	250-1000 мкм			
Москва в целом	7,38	211	2,6	2	7	6	13	27	45	27	24	0,4
Округ												
САО	7,32	211	2,6	3	9	7	13	24	44	31	24	0,4
СВАО	7,32	196	3,1	2	8	7	17	29	37	30	26	0,4
ВАО	7,45	174	2,2	2	6	5	11	26	50	24	21	0,3
ЮВАО	7,44	242	2,7	2	7	6	12	24	49	23	20	0,3
ЮАО	7,36	214	2,9	2	5	4	14	26	49	25	23	0,4
ЮЗАО	7,40	176	2,4	2	7	5	12	30	44	27	24	0,4
ЗАО	7,44	184	2,5	2	8	6	15	30	39	29	27	0,4
СЗАО	7,25	248	2,7	3	8	7	13	25	44	28	25	0,4
ЦАО	7,33	243	2,4	2	6	5	12	27	48	27	25	0,4
Тип дороги												
МКАД	7,27	256	2,7	2	8	7	15	23	45	30	30	0,4
ТТК	7,42	277	2,8	2	8	7	16	28	38	32	33	0,5
Шоссе	7,50	262	2,0	2	7	5	11	27	48	29	25	0,4
Крупные	7,45	248	2,2	2	8	6	13	29	42	30	26	0,4
Средние	7,39	170	2,2	2	6	5	12	29	46	27	24	0,4
Малые	7,40	192	2,5	2	6	5	13	28	46	24	20	0,3
Дворы	7,23	159	4,0	3	6	6	15	22	48	21	17	0,3

Содержание и распределение БаП. Среднее содержание БаП в дорожной пыли Москвы – 0,25 мг/кг при колебаниях от 0,02 (ЮВАО) до 1,0 мг/кг (ЦАО) (табл. 2). Наиболее значимые различия со всеми другими округами имеет ЮВАО, где среднее значение БаП 0,12 мг/кг минимально, несмотря на наличие в этом округе нефтеперерабатывающего завода. Столь низкие значения, возможно, связаны с тем, что нефтепродукты в основном дают загрязнение легкими ПАУ с 2-3 бензольными кольцами, а БаП имеет 5 колец. Кроме того, в данном округе почвы преимущественно песчаные, развитые на флювиогляциальных и древнеаллювиальных песках, поэтому дорожная пыль, в которой присутствуют почвенные частицы, имеет малую сорбционную способность.

Максимальные содержания БаП характерны для дворов – 0,35 мг/кг, что связано со стартом и низкой скоростью движения автотранспорта, большим количеством маневров, увеличивающими объем выбросов. Минимальные значения БаП выявлены в пыли ТТК (0,14 мг/кг) и радиальных шоссе (0,18), что связано с регулярной мойкой крупных дорог коммунальными службами и обновлением материала дорожной пыли. Для МКАД эффект от уборок не столь заметен, так как сюда в ночное время разрешен въезд грузового транспорта до 12 т и до 2-го экологического класса, тогда как на ТТК и радиальные шоссе – до 1 т и до 3-го класса [7].

ПДК БаП в почве превышена во всех образцах дорожной пыли.

Таблица 2

Содержание БаП в дорожной пыли Москвы							
Округ/ тип дороги	Среднее	Медиана	Минимум	Максимум	Стандартное отклонение	Cv	Ko
Москва в целом	0,25	0,22	0,02	1,0	0,18	69	12,7
Округ							
САО	0,30	0,27	0,11	0,56	0,14	45	15,2
СВАО	0,29	0,26	0,05	0,77	0,17	59	14,5
ВАО	0,28	0,28	0,04	0,91	0,20	69	14,2
ЮВАО	0,12	0,10	0,02	0,33	0,08	63	6,0
ЮАО	0,28	0,29	0,02	0,69	0,18	65	13,9
ЮЗАО	0,26	0,24	0,05	0,81	0,16	62	12,8
ЗАО	0,27	0,24	0,03	0,68	0,20	72	13,6
СЗАО	0,26	0,21	0,06	0,52	0,14	56	12,8
ЦАО	0,28	0,27	0,05	1,02	0,20	72	14,0
Тип дороги							
МКАД	0,26	0,21	0,03	0,91	0,19	74	13,1
ТТК	0,14	0,12	0,05	0,33	0,10	70	7,2
Шоссе	0,18	0,14	0,02	0,36	0,10	57	8,9
Крупные	0,28	0,24	0,02	0,77	0,19	68	14,1
Малые	0,20	0,17	0,02	0,56	0,13	65	9,8
Средние	0,24	0,23	0,04	0,56	0,13	54	12,2
Дворы	0,35	0,30	0,02	1,02	0,22	62	17,5

Минимальные *Ko* наблюдаются в ЮВАО, максимальные – в САО. Максимальные содержания БаП характерны для дворов – 0,35 мг/кг, что связано со стартом и низкой скоростью движения автотранспорта, большим количеством маневров, увеличивающими объем выбросов. Минимальные значения БаП выявлены в пыли ТТК (0,14 мг/кг) и радиальных шоссе (0,18), что связано с регулярной мойкой крупных дорог коммунальными службами и обновлением материала дорожной пыли. Для МКАД эффект от уборки не столь заметен, так как сюда в ночное время разрешен въезд грузового транспорта до 12 т и до 2-го экологического класса, тогда как на ТТК и радиальные шоссе – до 1 т и до 3-го класса [7]. ПДК БаП в почве превышена во всех образцах дорожной пыли. Минимальные *Ko* наблюдаются в ЮВАО, максимальные – в САО.

Наибольшее влияние на содержание БаП оказывают пространственное положение территории в пределах Москвы (принадлежность к тому или иному округу) и тип дороги. Накопление БаП усиливается с увеличением содержания Сорг и ила и уменьшением значений рН. Последнее отражает значительное поступление с выбросами автотранспорта оксидов азота, серы, а с ними и БаП.

Выводы. Среднее содержание БаП в дорожной пыли Москвы составляет 0,25 мг/кг, вдвое меньше оно в ЮВАО (0,12 мг/кг), значения для остальных округов близки – 0,26-0,30 мг/кг. Минимальным уровнем

загрязнения пыли характеризуются ТТК и радиальные шоссе (0,14 и 0,18 мг/кг соответственно) максимальным – дворы с автостоянками (0,35 мг/кг). Накопление БаП в дорожной пыли усиливается с ростом содержания в ней органического вещества, ила и значений pH. ПДК БаП в почве превышена во всех образцах дорожной пыли, что свидетельствует о крайне опасной экологической ситуации на территории Москвы.

Работа выполнена при поддержке РНФ (проект № 19-77-30004).

Литература

1. Цибарт А.С., Геннадиев А.Н. Полициклические ароматические углеводороды в почвах: источники, поведение, индикационное значение (обзор) // Почвоведение. 2013. № 7. С. 788-802.
2. Доклад «О состоянии окружающей среды в городе Москве в 2018 году» / Под ред. А.О. Кульбачевский. М.: ДПиООС; НИиПИ ИГСП, 2019. 247 с.
3. Алексеева Т.А., Теплицкая Т.А. Спектрофлуориметрические методы анализа полициклических ароматических углеводородов в природных и техногенных средах. Л.: Гидрометеиздат, 1981. 215 с.
4. Кречетов П.П., Дианова Т.М. Химия почв. Аналитические методы исследования. М.: Географический факультет МГУ, 2009. 148 с.
5. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве.
6. Kasimov N.S., Kosheleva N.E., Vlasov D.V., Nabelkina K.S., Ryzhov A.V. Physicochemical properties of road dust in Moscow // Geography, Environment, Sustainability. 2019. Vol. 12. N. 4. DOI: 10.24057/2071-9388-2019-55
7. Постановление Правительства Москвы от 22.08.2011 № 379-ПП «Об ограничении движения грузового автотранспорта в городе Москве и признании утратившими силу отдельных правовых актов Правительства Москвы».

Обоснование рациональной системы мониторинговых наблюдений за состоянием окружающей среды производственно-технических комплексов по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов I и II классов опасности

М.Д. Бакнин

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

ПРИМЕНЕНИЕМ РЕЗИСТИВНО-АКУСТИЧЕСКОГО МЕТОДА В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА ОБНАРУЖЕНИЯ ГРУНТОВОГО НЕФТЕШЛАМА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ

В данной работе рассмотрена важность своевременного обнаружения и предупреждения начала проливов нефтепродукта на объектах топливно-энергетического комплекса (ТЭК). Проведено описание прямых методов обнаружения утечек нефтепродуктов и их неактуальность при использовании. Рассмотрены предпосылки ухода от прямых методов контроля и их неактуальном использовании на примере использования, при проливах, непосредственно под конструкциями ТЭК. Обосновано использование резистивно – акустического метода при обнаружении и мониторинге нефтешламов, на основе резистивно – акустического метода, рассмотрены особенности создания систем раннего предупреждения техногенных нефтешламовых проливов в рамках рационального природопользования.

Ключевым слова: геоэкологический мониторинг, нефтешлам, утечка нефтепродукта, резистивно-акустический метод, сейсмoeлектрический эффект 1-ого рода.

В настоящее время серьезной проблемой, возникающей при эксплуатации различных объектов топливно-энергетического комплекса (ТЭК), является образование грунтового нефтешлама. Нефтешлам образуется в результате техногенных утечек нефтепродукта и в процессе производственных операций, либо при аварийных ситуациях на объектах ТЭК. Проникая в грунт, нефтепродукты со временем преобразуются в нефтешлам. В результате одним из опаснейших последствий является образование техногенных нефтешламовых линз в приповерхностных слоях грунта, которые могут достигать как малых, так и больших размеров в случае неосведомленности аварийной утечки нефтепродукта и бездействия в сложившейся ситуации [1].

Основными задачами при этом, является обнаружение утечек нефтепродуктов на ранних стадиях для предотвращения критических последствий и возникновения необратимого процесса зарождения нефтешламовых линз и попадания продуктов нефтешлама в системы

водоснабжения, оконтуривание линз и слежение за их динамикой и перемещением, контроль процесса рекультивации уже образовавшихся нефтешламовых линз.

Это означает, что использование прямых скважинных методов контроля и раннего обнаружения утечек, а так же управления рекультивацией практически невозможно, а в некоторых случаях может привести к аварийным ситуациям. Для решения задач подобного класса в данной работе предлагается применять косвенные геофизические методы контроля, используемые в настоящее время для геоэкологического мониторинга состояния литосферой среды в природно-технических системах. Для адаптации геофизических методов контроля к задачам обнаружения и контроля нефтешлама предлагается новый метод, основанный на совместном действии сейсмоакустических и электромагнитных полей в анализируемой среде - сейсмоэлектрический (резистивно-акустический) метод контроля [1,2].

Обоснование применения резистивно-акустического метода при контроле нефтешлама

Практически граница между зонами полного и частичного насыщения грунта нефтепродуктами этими методами не фиксируется, что затрудняет их использование при ранней диагностике техногенных проливов на объектах ТЭК [3,4].

Резистивно-акустический метод относится к классу механоэлектрических методов контроля, базирующихся на вторичных сейсмических эффектах, пьезоэлектрическом и сейсмоэлектрическом. Он основан на регистрации вариаций силы тока в горных породах при распространении упругих колебаний и при фиксированной разности потенциалов на исследуемом участке геологической среды (сейсмоэлектрический эффект 1-ого рода). При этом в качестве информативного параметра в нашем случае можно использовать параметрическую передаточную функцию в виде комплексного сопротивления исследуемого участка геологической среды. Такой подход является новым и нигде не рассмотренным, позволяющим на основе резистивно-акустического метода выделять неоднородности в среде за счет регистрации общего сопротивления с локализацией участка неоднородности за счет сейсмоакустического воздействия. Изменяя частоты зондирования можно менять глубину зондирования за счет скин-эффекта. Следует также отметить, что при использовании низкочастотных методов зондирования, со снижением частоты поля возрастает дифференциация электромагнитных свойств почв в зависимости от ее влажности [3].

Все нефтешламы содержат как твёрдые примеси крупного и мелкого диаметра, так и воду в виде стойкой водной эмульсией, которая на фоне сухих, относительно высокоомных пород имеет пониженное сопротивление [5].

Механоэлектрические методы хорошо зарекомендовали себя в задачах оконтуривания и определения границ горных пород с различными электрическими и механическими свойствами, а также при выделении карстовых нарушений. Разрешающая способность резистивно-акустического метода определяется системой зондирования, а также условием соизмеримости глубины зондирования с размерами искомого объекта. По своей сути в нашем случае применение резистивно-акустического метода аналогично использованию многополюсных электролокационных установок [6]. Они позволяют создать в точке наблюдения эллиптически поляризованное электрическое поле, вследствие того, что источники территориально разнесены и имеют изначально различные параметры зондирующих сигналов. Следует отметить важное свойство, характерное для многополюсных установок – это возможность балансировки результирующего поля в точке наблюдения, что позволяет размещать установку около объекта контроля утечек. При этом балансировки можно добиться за счет управления зондирующими сигналами с целью задания амплитудно-фазовых соотношений между этими сигналами. Это позволяет устранить влияние искажений мультипликативного типа на фазовые характеристики регистрируемого поля и обеспечить более высокую чувствительность измерительной системы. Оценка геодинамических вариаций при проливах на объектах ТЭК, как и при геодинамическом контроле приповерхностных неоднородностей является задачей идентификации геодинамической математической модели в заданном классе объектов по экспериментальным данным. При применении резистивно-акустического метода контроля с использованием многополюсных источников можно значительно оптимизировать систему контроля образования нефтешламовых линз за счет управления источниками и более точной детализации моделей [7].

По своей сути применение резистивно-акустического метода аналогично использованию многополюсных электролокационных установок. Они позволяют создать в точке наблюдения эллиптически поляризованное электрическое поле, вследствие того, что источники территориально разнесены и имеют изначально различные параметры зондирующих сигналов. Следует отметить важное свойство, характерное для многополюсных установок – это возможность балансировки результирующего поля в точке наблюдения, что позволяет размещать установку около объекта контроля утечек. При этом балансировки можно добиться за счет управления зондирующими сигналами с целью задания амплитудно-фазовых соотношений между этими сигналами. Это позволяет устранить влияние искажений мультипликативного типа на фазовые характеристики регистрируемого поля и обеспечить более высокую чувствительность измерительной системы.

Резистивно-акустический метод является новым методом контроля, представляет собой комбинацию известного резистивного и акустического методов контроля и на текущий момент не исследован. Однако, проявление резистивно-акустического эффекта подтверждено лабораторными исследованиями. Его применение при решении задач технологического контроля нефтешламовых проливов еще не изучено и требует проведение научно-исследовательских работ. Для этого необходимо исследовать взаимное преобразование и взаимодействие упругих и электрических полей при резистивно-акустическом эффекте в зонах образования нефтешлама [4,6,7].

Работа выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-38-90261/19

Литература

1. Сейсморазведка. Справочник геофизика. М., Недра, 1981.
2. Уотерс К. Отражательная сейсмология. М., Мир, 1981.
3. Хаттон Л., Уэрдингтон М., Мейкин Дж. Обработка сейсмических данных. Теория и практика. М., Мир, 1989.
4. Королев В.А. Мониторинг геологической среды. – М.: Изд-во МГУ, 1995.
5. Хаустова А.П. Чрезвычайные ситуации и профессиональная безопасность в нефтегазовом комплексе М.: Изд-во ГЕОС, 2009.
6. Хаустов А.П., Редина М.М. Ресурсология и менеджмент природных ресурсов: Учеб.пособие. – М.: Изд-во РУДН, 2008.
7. Ягафарова, Г.Г. Инженерная экология в нефтегазовом комплексе Уфа: Изд-во УГНТУ, 2007. – 334 с.

Математическое моделирование оценки токсичности ксенобиотиков, рисков здоровью населения и эффективности технологических систем на производственно-технических комплексах по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов I и II классов опасности

Г.М.Ахмадиев

Казанский (Приволжский) федеральный университет,
г. Набережные Челны

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

Статья посвящена технологии получения углеродсодержащего топлива, которое может быть использовано, как бытовое топливо и даже в промышленности. Состав включает органическое связующее и измельченные древесные отходы и опавшие листья. Применение способа позволяет повысить экономичность и экологичность процесса получения твердого брикетного топлива. Также достигается расширение возможностей использования отходов животноводства для получения специфического брикетного топлива и снижение финансовых затрат.

Ключевые слова: разработка, технология, получение, отход, углеродсодержащее топливо.

Актуальность настоящей работы связана с технологией получения углеродсодержащего топлива, которое может быть использовано, как бытовое твердое топливо для коммунально-бытовых нужд, в сельской и городской местности для отопления вагонов и возможно применение в различных отраслях промышленности. Состав включает органическое связующее и измельченные древесные отходы, включая и опавшие листья. В качестве органического связующего используют сброженный остаток, образующийся в результате процесса анаэробного сбраживания органических отходов животноводства [1-3]. Соотношение компонентов следующее, мас. %: древесные отходы с включением опавших листьев 10-90, осевший осадок – остальное.

Вся биомасса собираемая на среде обитания живых организмов, согласно классификации, представленной в [4], подразделяется на первичную (растительная биомасса) и вторичную, образующуюся в результате различной степени переработки первичной. Отдельную группу во вторичной биомассе занимают такие виды органических отходов, как «отходы жизнедеятельности человека, животных и птиц». Все это происходит ежедневно и образующиеся ОСВ складываются на территории водоочистных сооружений на иловых картах [5,6]. Учитывая, что в 99%

случаев водоочистные сооружения располагаются на берегах рек и даже возле водоемов. При этом возникает опасность выхода накопленных ОСВ за пределы иловых карт, что приведет к экологической катастрофе с серьезными последствиями[7,8]. Не меньшую опасность с экологической, эпизоотологической и эпидемиологической точки зрения представляют и скопления куриного помета в окрестности большинства птицефабрик, животноводческих комплексов. По данным всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) помет является фактором передачи более 100 возбудителей инфекционных и инвазионных болезней, может служить благоприятной средой для развития и длительной выживаемости патогенной микрофлоры, содержать повышенное количество пестицидов, медикаментозных препаратов, семян сорных растений и других загрязнений [8].

Целью настоящей работы является разработка технологических принципов получения углеродсодержащего твердого брикетного топлива.

Материал и методы исследований. В настоящее время известен способ получения торфяных топливных брикетов и состав для брикетирования [9], включающий углеродсодержащий наполнитель (древесные опилки, лузгу, отходы хлопчатника и т.д.) и пластификатор (нейтрализованный птичий помет, навоз, дистиллят, гумус, иловые остатки и т.п.).

Известен также состав брикетированного топлива[10]. Он содержит, мас. %: навоз 10-90, угольная мелочь - остальное. Недостатками аналогов являются их низкая экономическая эффективность и экологичность, связанная с наличием в навозе и помете патогенной микрофлоры и микроорганизмов, яиц и личинок гельминтов, что обуславливает потенциально высокую степень бактериологической опасности для окружающей среды, обслуживающего персонала и жителей близлежащих населенных пунктов[11-14]. Существует необходимость предварительной обработки массы навоза, для дальнейшего брикетирования. Особенно это важно для тех периодов года, когда температура воздуха опускается ниже 0°C. При этом навоз, ввиду большой влажности смерзается, например, при транспортировке, что приводит к дополнительным затратам тепла и энергии на его размораживание. Это заставляет поисковых исследователей вводить дополнительные стадии обработки навоза, т.е. усложнять технологию приготовления состава топлива, что обуславливает к привлечению больших затрат на получение топливных брикетов. Другим известным техническим решением, принятым за близкий технологический вариант, является композиция для древесных брикетов[14]. Она может и содержит древесные опилки с опавшими листьями или стружки - 50-80 мас. % и навоз с содержанием воды 50-66 мас. % - осевший осадок. Недостатком предлагаемого состава брикетированного топлива является его низкая экологичность, связанная с присутствием и жизнедеятельностью в навозе

патогенной микрофлоры и микроорганизмов, яиц и личинок гельминтов, что обуславливает опасности для окружающей среды, обслуживающего персонала и жителей близлежащих населенных пунктов[13,14]. В самых близких альтернативных технологиях указывается необходимость смешения несвежего навоза с горячей водой до содержания ее в навозе 50-60%, это усложняет технологию приготовления состава композиции, приводит к необходимости потребления большого количества воды, а еще ее загрязнению, тепло- и энергоресурсов для ее нагрева.

Результаты исследований и их обсуждение. Техническими результатами исследований является повышение экологичности процесса, расширение возможностей использования отходов животноводства и птицеводства для получения твердого брикетного топлива заявляемого состава и снижение финансовых затрат. Указанный технический результат достигается тем, что в составе для получения твердого брикетного топлива, включающем органическое связующее и измельченные древесные отходы, при следующем соотношении компонентов, мас. %: древесные опилки или стружки 10-90, сброженный остаток остальное. Известно, что в результате процесса анаэробного сбраживания органических отходов животноводства (навоз, помет и т.п.) образуются два продукта - сброженный остаток, используемый в заявляемом составе, как связующее, и биогаз, содержащий до 60-70% метана[10,14]. После сбраживания органических отходов используется в заявляемом составе в качестве связующего вещества для получения топливных брикетов. Для приготовления заявляемого состава твердого брикетного топлива используют наполнитель - измельченные древесные отходы: опилки и можно добавлять опавшие листья или стружки с любыми размерами и формами частиц и органическое связующее - сброженный остаток, полученный из органических отходов животноводства (навоз, помет и т.п.) путем анаэробного сбраживания. Для этого исходное органическое сырье загружают в биореактор, заполняют его на 75-80% по объему, добавляют определенное количество воды для достижения оптимальной влажности 85-90%. Смесь перемешивают, метантенк герметизируют. По истечении периода сбраживания биореактор открывают, и полученный сброженный остаток используют в качестве связующего вещества. Окончание процесса сбраживания определяют по изменению состава биогаза и динамики его выделения. Поскольку в ходе процесса сбраживания количество биоразлагаемых органических веществ в составе ила снижается, то уменьшается и объем выделяющегося биогаза в единицу времени. Органическое связующее составляет 10-90 мас. % состава, наполнитель – осевший осадок, остальное. В случае содержания органического связующего менее 10 мас. % сформировать брикет не удастся, поскольку для обеспечения связности частиц наполнителя, целостности и компактности брикета, как целого не достаточно количества связующего вещества. Содержание органического связующего более 90 мас. %

экономически не выгодно, так как избыточное (свыше 90 мас.%) содержание органического связующего, более дорогого, чем наполнитель, приведет к увеличению цены брикета, при сохранении прежних потребительских свойств. Смешивают компоненты до получения однородной гомогенной фазы и для формирования брикета пользуются методом брикетирования при давлении 0,01-0,07 МПа, сушат на воздухе в течение 7-10 дней, либо в сушилке в течение 100-115°С в течение 1-1,5 часов.».

Заключение. Таким образом, применение заявляемого состава позволит снизить потенциально высокую степень бактериологической опасности для окружающей среды, обслуживающего персонала и жителей близлежащих населенных пунктов, связанную с наличием в навозе патогенной микрофлоры и микроорганизмов, яиц и личинок гельминтов. Экономический эффект применения предлагаемого состава является положительным и связан с использованием второго безопасного продукта процесса анаэробного сбраживания - биогаза.

Литература

1. Ахмадиев Г.М. Научные основы и принципы системы контроля и обеспечения экологической безопасности на урбанизированных территориях Республики Татарстан // Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация, № 3 (70), 2016, с. 73-82
2. Ахмадиев Г.М., Ахметшин Р.С. Патент на полезную модель № 172829 «Устройство для обеззараживания и утилизации илового осадка очистных сооружений». Заявка № 2016108594. Приоритет полезной модели от 09.03.2016. <http://repository.kpfu.ru/>
3. Ахмадиев Г.М. Разработка способа обеззараживания и утилизации промышленных, бытовых и органических отходов агропромышленного комплекса Республики Татарстан // Бюллетень науки и практики, номер: 2 (15) Год: 2017 Страницы: 154-162; <http://www.bulletennauki.com>
4. Бернадинер М.Н., Жижин В.В., Иванов В.В. Термическое обезвреживание промышленных органических отходов // Экология и промышленность России. – 2000. – Апр. – С. 17-21.
5. Кармазинов Ф.В., Пробирский М.Д. Технологический комплекс по обработке и утилизации осадков сточных вод на ЦСА Санкт-Петербурга // ВСТ. – 2001. – №8. – С. 2-7.
6. Коммунальные сточные воды и перспективы их использования в сельском хозяйстве Западной Сибири / А.В. Шуравин, Р.П. Воробьева, А.С. Давыдов и др. // Вода: экология и технологии.: Тез. докл. 4-го Международного конгресса. – М.: 2000. – С. 595-596.
7. Скобелева Л.А., Храмцов Д.Ю., Гильманова Э.М. Экологический и технический надзор (практика осуществления) М.: ТК Велби, изд-во Проспект, 2008. – 320 с.
8. Патент РФ №2174535, C2 C10L 5/16, 1999
9. Авторское свидетельство СССР №1701735, кл. C10L 5/42, 1991

10. Баадер В., Доне Е., Бренндерфер М. Биогаз - теория и практика. - М.: Колос, 1982. - С.26-28
11. SupornKoottatep, ManiOmpont, TayJooHwa. Biogas: GP Option for Community Development. - 2002. - С.39
12. Брюханова Е.С., Ушаков А.Г. Биотехнология утилизации органосодержащих отходов птицеводства и животноводства / Материалы XIII международной экологической студенческой конференции «Экология России и сопредельных территорий». - Новосибирск: Новосибирский гос. ун-т, 2008. С.126-127
13. Авторское свидетельство СССР №1713923, кл. C10L 5/44, 5/42
14. Ariane van Buren. A Chinese biogas manual popularising technology in the countryside.China: SciencePublishingHouse, 1976. - P.2.

Разработка инновационных методов экологической реабилитации антропогенно нарушенных территорий

Д.В. Александров, Э.В. Нафикова, О.В. Соколова

**ФГБОУ ВО «Уфимский Государственный Авиационный
Технический Университет**

РАЗРАБОТКА РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ МАЛЫХ ГОРОДСКИХ ВОДОТОКОВ НА ПРИМЕРЕ РЕКИ ШУГУРОВКА

В данной статье рассмотрена проблема ухудшения состояния малых городских водотоков на примере реки Шугуровка Республики Башкортостан. Предложены реабилитационные мероприятия снижения антропогенного воздействия на водоток.

Ключевые слова: городские водотоки, реабилитационные мероприятия, схема очистки воды, природоприближенное восстановление.

Актуальной проблемой, стоящей перед современным обществом, является ухудшение состояния водных ресурсов. В настоящее время хозяйственной деятельности подвергаются более 95% всех водных объектов России.

С каждым годом все больше возрастает антропогенное воздействие на компоненты окружающей среды. Перераспределение и поступление загрязняющих веществ в водные объекты приводит к их загрязнению и деградации прилегающих территорий.

Остановить негативные изменения можно при направленном воздействии на факторы, которые способствуют снижению загрязнения сбросных вод и активизации процессов самоочистки водных систем; а также анализом и разработкой методов реабилитации и восстановления водных объектов.

Анализ проблемы природоприближенного восстановления водных объектов является актуальной темой исследования. Для стабилизации экологического состояния необходимо совершенствовать методы, восстанавливающие процессы самоочищения водотоков [1].

Река Шугуровка (приток р. Белая второго порядка) протекает на урбанизированной территории, и подвергается постоянному антропогенному воздействию. В водотоке наблюдается превышение нормативных значений для рыбохозяйственного водопользования для следующих веществ: марганец – в 11,86 раз, нефтепродукты – в 4,05 раза,

медь – в 3,2 раза, фенолы – в 2 раза, сульфаты – 2,67 раз, азот нитритный – в 1,80 раза (табл.).

Для обеспечения качества воды в соответствие нормативов рыбохозяйственного пользования, снижения воздействия на водозаборы необходима разработка системы, направленной на очистке речных вод и восстановления самоочищающей способности водотока.

Восстановление малых рек должно охватывать экосистему реки полностью с прилегающей территории водосбора. Основной принцип при природоприближенного восстановления рек – восстановление исходных естественных параметров реки: ширины, глубины, количества и характера годового распределения стока, общей морфологии русла и его берегов.

Химический состав воды реки Шугуровки (по данным за 2011-2016гг.)

Загрязняющее вещество	Среднегодовая концентрация вещества, мг/дм ³	Кратность превышения ПДК _{рх}
Соединения марганца	1,183	11,83
Нефтепродукты	1,215	4,05
Соединения меди	3,200	3,20
Фенолы	0,002	2,00
Соединения железа	0,297	0,99
Соединения никеля	0,018	0,90
Сульфаты	1333,3	2,67
Азот нитритный	5,940	1,80
Азот аммонийный	1,875	0,938
БПК ₅	179,000	0,967
Взвешенные вещества	31,4	1,05
Соединения цинка	0,998	0,998
Азот нитратный	43,478	0,966

Эффективным методом очищения водотоков является применение биологических и природоприближенных способов. Природоприближенные методы восстановления водных объектов базируются на применении природных строительных материалов, которые условно можно подразделить на три основных типа (живые, мертвые, комбинированные). В зависимости от происхождения строительные материалы для ревитализации могут быть «мертвыми» – материалы нерастительного происхождения (глина, песок, щебень, камень, хворост, дерево, солома, камыш и др.) и «живыми» – материалы растительного происхождения (травянистые растения, древесно-кустарниковая растительность).

Одним из популярных методов с применением естественных процессов являются водно-болотных угодьях или биоплато. Водно-болотные угодья для очистки речных вод могут быть классифицированы в соответствии с формой жизни доминирующего макрофита, в системы с

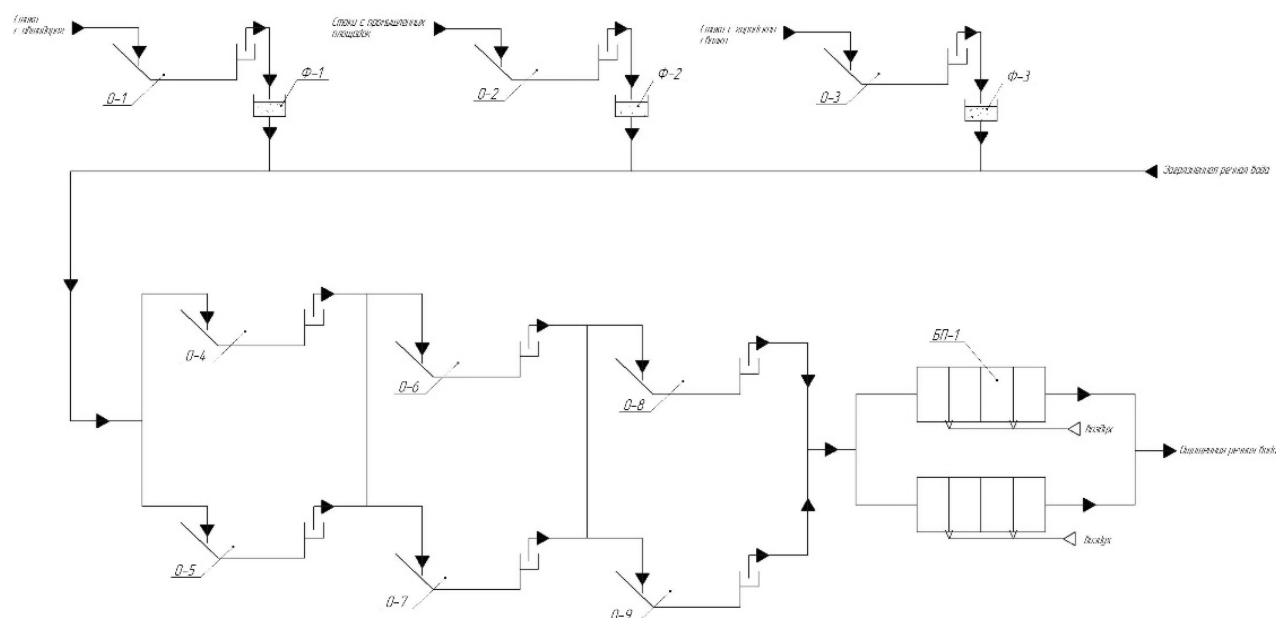
свободно плавающим, плавающие листовые, внедренные всплывающие и погруженные макрофиты [3].

Различные типы построенных водно-болотных угодий могут комбинироваться или объединяться для достижения более высокого эффекта очистки. Различные типы сконструированных водно-болотных угодий различаются по своим основным проектным характеристикам, а также в процессах, которые отвечают за удаление загрязнений.

Для увеличения эффективности очистки водотока необходима предварительная очистка поверхностного стока, поступающего в реку. В связи с этими обстоятельствами актуально применение габионные очистные фильтрующие сооружения ливневых стоков, в основу работы которых был положен известный экологический подход, заключающийся в мобилизации природных возможностей самоочищения экосистем водных объектов.

Разработка технологии и конструкции очистных сооружений никогда не потеряет своей актуальности в связи со сложным характером процессов формирования поверхностных вод, необходимостью минимизации затрат на их строительство и обслуживание и требованиями охраны природы.

Согласно этому разработана принципиальная технологическая схема очистки речной воды Шугуровки (рис.). Разработка комплекса очистных сооружений на водотоке осуществлена на основании СНиП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети и сооружения».



Принципиальная схема очистки воды реки Шугуровка

Поверхностный сток самотёком с автодорог, промышленных площадок и городских свалок поступает в сооруженные из габионов

отстойники (О-1...О-3), где происходит осаждение взвешенных веществ. Из отстойников осветлённая вода фильтруется через камеры (Ф-1...Ф-3), заполненные зернистой загрузкой, проходя дополнительную очистку от загрязняющих веществ. После фильтрующей камеры поверхностный и ливневой сток попадает в водоток. Затем вода направляется в первичные отстойники (О-4...О-9), где осуществляется процесс очистки от взвешенных веществ. Конструкции отстойников располагаются таким образом, чтобы получились каскады, благодаря которым происходит насыщение воды кислородом.

Пройдя систему отстойников, осветленная вода поступает на биоплато, представляющее собой искусственный водоём, засаженный высшими водными растениями (макрофитами).

Для увеличения эффективности функционирования биоплато возможно их заселение гидробионтами, применяемые для очистки воды от органических загрязнителей. Наличие в составе открытых самотечных очистных сооружений биоплато создаёт предпосылки поддержания и реализации собственных реабилитационных ресурсов созданной экосистемы.

Благодаря совместному действию сообщества растений и микроорганизмов, населяющих биоплато, происходит очистка стока не только от органических веществ и нефтепродуктов, но и от тяжёлых металлов. Предложенная схема очистки водотока позволит снизить содержание загрязняющих веществ в воде.

Литература

1. Красногорская Н.Н. Анализ проблем природоприближенного восстановления водных объектов / Красногорская Н.Н., Нафикова Э.В., Соколова О.В. // Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология – 2017): Сборник научных статей XIII-й Международной научно-теоретической конференции/ УГАТУ. Том II. – Уфа, 2017. – 280с. С.84-89
2. Красногорская Н.Н. Фрактальная модель вероятности паводковых наводнений на примере бассейна реки Уфа/ Н.Н. Красногорская, Е.А. Белозёрова, С.А.Мусина, Э.В. Нафикова //Наука, образование, производство в решении экологических проблем (ЭКОЛОГИЯ-2018) Материалы XIV Международной научно-технической конференции: в 2 томах. - 2018. - С. 143-148.
3. Красногорская Н.Н. Исследование влияния биогенов на качество речных вод (на примере уфимского бассейна)/Красногорская Н.Н., Нафикова Э.В., Белозёрова Е.А., Афризунова Л.Ф.//Современные проблемы водохранилищ и их водосборов Труды VI Международной научно-практической конференции. - 2017. - С. 76-81.
4. Красногорская Н.Н. Оценка риска истощения пойменно-руслового комплекса по видовому составу растительности/Красногорская Н.Н., Нафикова Э.В., Белозёрова Е.А.//XIV Всероссийская конференция-школа "Химия и инженерная экология" - 2014. - С. 69-71

5. Красногорская Н.Н. Оценка геоэкологического состояния водотока по показателям качества воды и истощению водных ресурсов /Н.Н. Красногорская, Ю.И. Ферапонтов, Э.В. Нафикова//Проблемы региональной экологии. - 2012. № 5. - С. 20-27.

С.С Алексеева, Г.А Сорокина

Институт экологии и географии СФУ г. Красноярск, Россия

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОГОЛИСТНИКА ПОГРУЖЕННОГО ДЛЯ ФИТОРЕМЕДИАЦИИ ВОДНОЙ СРЕДЫ ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ.

В данной работе приведены результаты исследования устойчивости роголистника погруженного к воздействию соединений тяжелых металлов, на примере сульфата меди и цинка. Установлено, что роголистник погруженный сохраняет жизнеспособность при действии высоких концентраций тяжелых металлов, при этом устойчивость растения выше при использовании в ходе эксперимента воды из естественных водоемов – рек Енисей и Кача.

Ключевые слова: роголистник погруженный, фиторемедиация, тяжелые металлы

В настоящее время проблема загрязнения водной среды соединениями тяжелых металлов (ТМ), становится все актуальнее, в том числе в городе Красноярск. Самыми распространенными ТМ, поступающими в реки Енисей и его притоков, являются соединения Ni, Cu, Zn, Mn, Pb [1]. В настоящее время особое значение приобретает проблема очистки сточных вод и вод естественных и искусственных водоемов от большого количества загрязняющих веществ, одним из способов решения этой проблемы является фиторемедиация. Некоторые высшие водные растения обладают высокой аккумулятивной способностью и могут быть использованы для фиторемедиации водной среды. Для расширения списка подобных растений необходимо знать, насколько чувствительны или устойчивы те или иные организмы к действию ионов тяжелых металлов [2].

Целью данной работы является исследование устойчивости роголистника погруженного (*Ceratophyllum demersum*) к действию ионов цинка и меди в модельных системах и природной воде.

Для экспериментов по изучению устойчивости роголистника погруженного в качестве токсиканта использовался раствор сульфата меди в концентрации 0,5 мг/л, 1 мг/л и цинка 10 мг/л. ПДК меди для рыбохозяйственных водоемов – 0,001 мг/л. ПДК цинка для рыбохозяйственных водоемов – 0,01 мг/л.

В стаканы объемом 500 мл в 3 повторностях наливалась 20% среда Штейнберга на основе дистиллированной воды, и природных вод - реки

Енисей и реки Кача. Еще 3 образца были погружены в систему без добавления ионов - контроль.

Для контроля за состоянием растений использовали флуоресцентный метод. Регистрация параметров замедленной флуоресценции (ЗФ) проводилась на 1, 3, 5, 7 сутки флуориметре «ФОТОН 10». Измерялась интенсивность ЗФ при возбуждении светом высокой и низкой интенсивности (ЗФв и ЗФн, соответственно). Для оценки влияния различных концентраций ионов меди и цинка на устойчивость роголистника рассчитывали относительный показатель замедленной флуоресценции (ОПЗФ), представляющего собой отношение ЗФв к ЗФн, что позволяет исключить зависимость результатов от площади образца.

Проведенными ранее экспериментами было показано, что роголистник погруженный проявляет устойчивость к ионам меди в модельных системах на основе дистиллированной воды вплоть до концентрации 0,1 мг/л. При дальнейшем повышении концентрации ионов меди до 0,5 мг/л, что сопоставимо с 500 ПДК, роголистник сохранял свою жизнеспособность в течение всего периода эксперимента в среде на основе природной воды, в модельной системе наблюдается постепенное снижение показателя ОПЗФ, на 7 сутки - гибель растения (рис. 1).

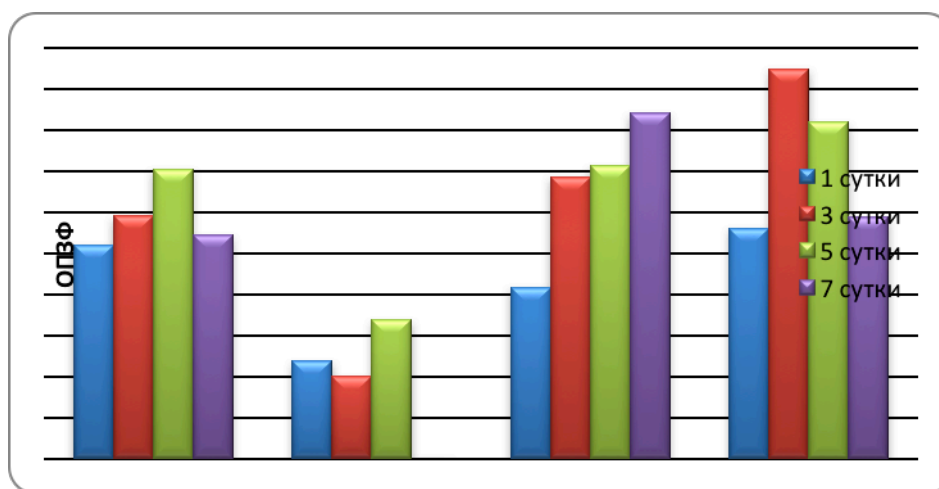


Рис. 1. Влияние иона меди в концентрации 0,5 мг/л на величину ОПЗФ Роголистника погруженного при использовании разных вариантов среды

При дальнейшем повышении концентрации сульфата меди до 1 мг/л в модельной системе растения погибают уже в 1 сутки культивирования, а в среде на основе воды из реки Енисей и Кача роголистник сохраняет свою жизнеспособность (рис. 2).

В предварительных экспериментах с ионами цинка была выявлена устойчивость роголистника погруженного к концентрациям до 1 мг/л. В ходе проведенных исследований было выявлено, что при концентрации сульфата цинка равной 10 мг/л (сопоставимо с 1000 ПДК) роголистник

погруженный сохранял свою жизнеспособность в течение всего периода эксперимента во всех вариантах среды (рис. 3).

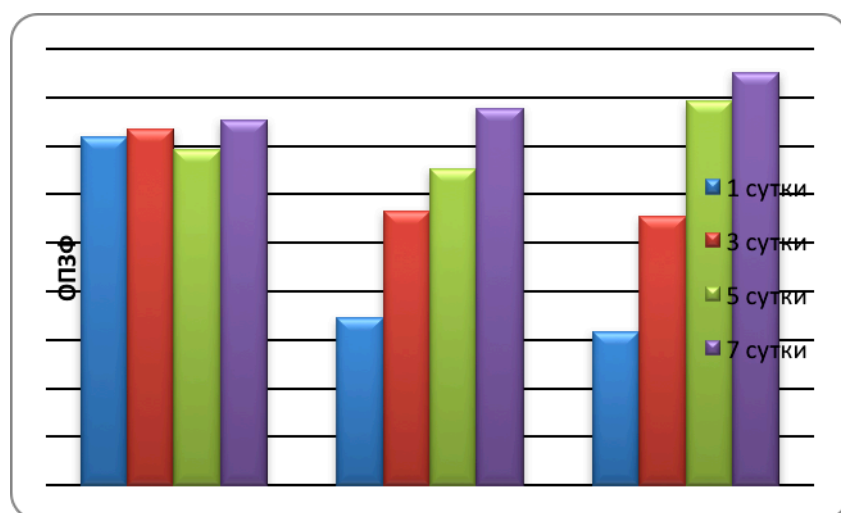


Рис. 2. Влияние иона меди в концентрации 1 мг/л на величину ОПЗФ роголистника погруженного при использовании разных вариантов среды

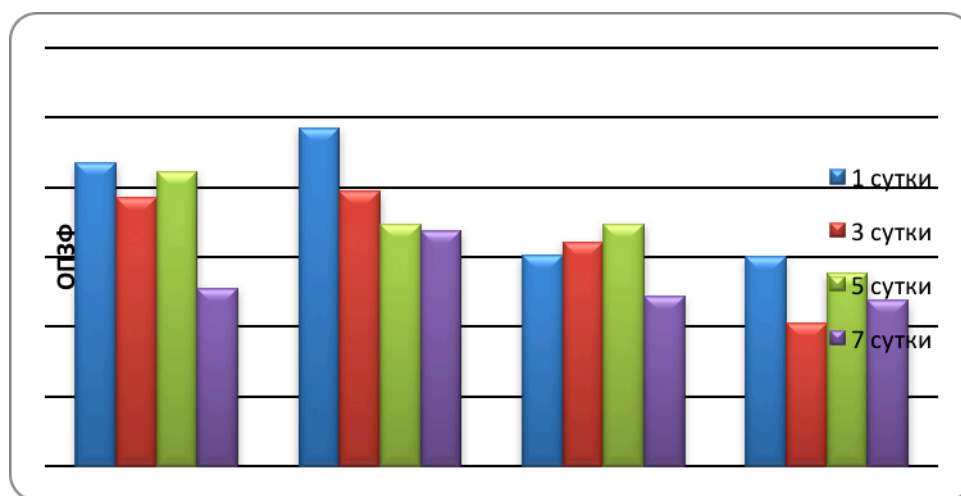


Рисунок 3. Влияние иона цинка в концентрации 10 мг/л на величину ОПЗФ роголистника погруженного при использовании разных вариантов среды

Для определения способности роголистника погруженного аккумулировать тяжелые металлы была проведена оценка изменения токсичности тестируемой воды, содержащей модельные токсиканты в концентрации, равной 5 ПДК, на 7 сутки культивирования (рис.4).

Элементный анализ проводился в Институте химии и химической технологии СО РАН методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП МС) на квадрупольном масс-спектрометре Agilent 7500a (AgilentTechnologies, США)

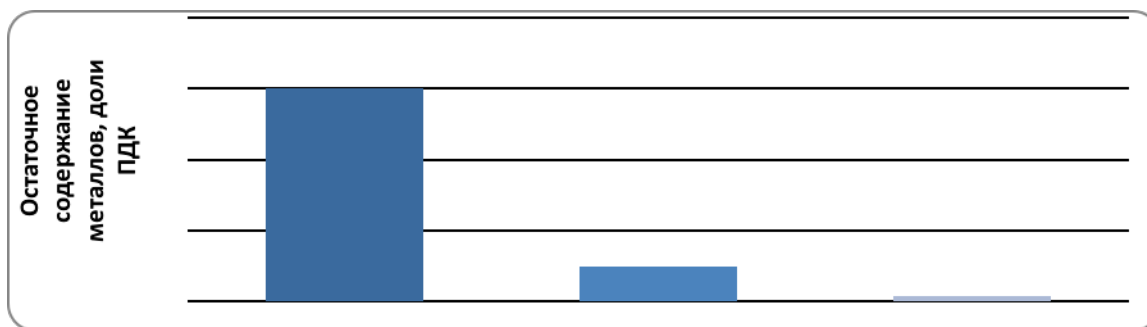


Рис. 4. Остаточное содержание ионов в долях ПДК в водной системе после 7 суток экспозиции с роголистником погруженным.

Анализ данных показал, что роголистник погруженный в наибольшей степени поглощает из раствора медь. Концентрация металлов снизилась с 5 ПДК до 0,07 ПДК (эффективность сорбции 98,6%). В системах с цинком результаты менее удовлетворительны – эффективность сорбции 40,0%.

По результатам проведенных экспериментов можно заключить, что роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum*) проявляет высокую устойчивость к действию ионов меди, особенно в среде приготовленной на основе природной воды из реки Кача и Енисей. Результаты исследования показали, что роголистник погруженный, почти полностью поглощает из водной среды соединения меди – 98, 6% и до 40% соединений цинка, что сопровождается снижением их концентрации в среде, при этом сохраняет свою жизнеспособность

В целом, можно сделать положительное заключение о возможности использования роголистника погруженного для фиторемедиации водной среды от ионов меди и цинка.

Литература

1. Дабахова, Е.В. Экотоксикология и проблемы нормирования [Текст]: монография / Е.В Дабахова, В.И Титова.- Новгород: Изд-во ВВАГС, 2005.- 165 с.
2. Лапа, Н.Н. Разработка метода очистки загрязненных вод от тяжелых металлов и органических веществ сочетанием физико-химических и естественно-биологических процессов [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук: 03.00.16 /Н.Н. Лапа.- Тула, 2006. - 22 с.

Н.В. Аничкина

ФГБОУ ВО "Липецкий государственный педагогический университет
имени П.П. Семёнова-Тян-Шанского"

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ СТАРООСВОЕННЫХ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ И ЕЁ ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

В статье рассматриваются последствия рекультивации 70 гектаров природно-антропогенной системы Петровского пруда, проведённой в 1974 году (Липецк) на прилегающие территории. На основании проведённых исследований автор предполагает, что реабилитация некоторых объектов нежелательна и, необходимо проводить оценку рисков при разработке проектов экологической реабилитации, и вполне возможно, что возвращение к исходному состоянию территории подвергшейся глубокой антропогенной трансформации не всегда является оправданным.

Ключевые слова: пруд, рекультивация, подъём грунтовых вод, рекреация, город.

Город – живой организм, в биогеохимическом цикле которого, главенствующее место занимает человек, и антропогенно нарушенные территории всегда будут превалировать на их территории. Население города преобразовывает городское пространство через воплощение своих мировоззренческих идей согласно уровню развития технологий. Изучая хозяйственно-бытовую деятельность горожан в пространстве и времени, мы можем сделать выводы о степени взаимодействия природной среды и антропогенной деятельности за весь период с момента основания поселения. Изучая краеведение любого города, мы найдём территории, на которых была проведена рекультивация не из-за того, что данный объект перестал быть востребованным, а из нежелания поддерживать его в надлежащем состоянии и для утилизации материалов, возникших при облагораживании другого городского объекта.

Примером подобного подхода может служить рекультивация Петровского пруда в городе Липецке. Данный пруд был создан в пойме реки Воронеж в конце семнадцатом веке для постройки галер. Зеркало пруда занимала около семидесяти гектар. Непосредственное своё предназначение пруд выполнял недолго, но зато просуществовал вплоть до 1974 года. В восемнадцатом веке вода из пруда использовалась для обеспечения железоделательных заводов, а с девятнадцатого века он выполнял рекреационную функцию (рис.1), оказавшись востребованным при создании одного из первых российских курортов, строительство корпусов которого началось в 1803 году, а весной 1805 года император Александр I подписывает указ о создании курорта [1].



Рис. 1. Старая открытка (<https://yandex.ru/search/>, дата обращения 28.11.2019).

О популярности этого места в девятнадцатом веке говорит даже тот факт, что именно на берегах Петровского пруда решили провести свои встречи народовольцы (июнь 1879) желающие не привлекать внимания полиции и сохранить конспирацию. Выбор место был обусловлен тем, что под видом пикника отдыхающих на берегу пруда они могли обсуждать свои вопросы, не боясь привлечь внимание властей.

Прекрасное художественное описание ландшафта этой территории оставил Толстой А.С.: "Вы стоите выше крыш слободки Монастырки. Прямо расстилается гладкая водная поверхность огромного пруда. Берега его поросли высоким камышом и осокой, только изредка между ними промелькнет заливчик, некоторые из них очень далеко уходят в берег. Далее, на конце пруда, чернеется полоса, которая отделяет водную поверхность пруда от реки Воронежа, – это плотина, каменная, очень широкая при основании. Близ нее, налево, на берегу пруда виднеются две-три маленькие хатки, утопающие в зелени ветел и камышей. Сидишь на скамеечке и глаз не хочется оторвать. В камышах кричат чайки. От Монастырки то и дело отплывают лодочки рыболовов и теряются в заливах среди камышей" [2].

Пруд был своеобразной визиткой уездного Липецка и когда подыскивали место для возведения первого памятника Петру 1 (1839 год) [3] то было решено поставить его на спуске, чтобы фоном для него служил пруд. Пруд служил курорту и как источник лечебных грязей для лечения отдыхающих.

Но ко второй половине 20 века пруд, прослуживший людям более двух веков заилился и на повестку дня стал вопрос о его очистке. В это же время разрабатывались мероприятия по очистке и углублению русла реки Воронеж в границах города Липецк. И встал вопрос, как применить потом огромные объёмы песка, намытые землеснарядами из реки. И вместо очистки пруда было решено провести его рекультивацию. Землеснаряды

намывали песок в реке Воронеж, которым тут же засыпали чашу пруда. И в 1974 году пруд перестал существовать. Его территория стала продолжением Нижнего парка, где по проекту Полунина Н. Р. посадили деревья. Но рекультивация территории, на которой более чем 270 лет находился пруд, который за годы своего существования стал частью экосистемы поймы реки Воронеж, имела резко негативные последствия. Засыпка пруда привела к подъему грунтовых вод и вековые деревья Нижнего парка, помнящие маленькую Наталью Гончарова, стали падать. В настоящее время на территории парка не осталось деревьев, которые были посажены в начале девятнадцатого века при разбивке английского сада при Липецком курорте.

В подвалах частных домов района Ниженки появилась вода, что вызвало необходимость проведения работ по дренажу этих территорий. Для прокладки дренажных коллекторов были даже снесены два жилых дома, построена станция, закачивающая излишки грунтовой воды в глубокие горизонты. Но у людей короткая память и я вижу, как на местах, освобождённых для постройки дренажной системы, сейчас возводятся жилые дома.

Приблизительно где был берег пруда, в 1972 году был возведён памятник народолюбцам и как мы видим на современной фотографии (рис. 2) та территория, в настоящее время, поросла влаголюбивой древесной растительностью.



Рис. 2. Нижний парк в районе памятника народолюбцам (сайт <https://www.tourister.ru/world/europe/russia/city/lipetsk/placeofinterest/31401/responses/4699>, дата обращения 28.11.2019)

Несколько лет назад на территории Нижнего парка, которая планировалась под застройку, для увеличения инвестиционной привлекательности, был вырыт небольшой пруд, который сейчас активно используется жителями. Вода в нём достаточно чистая, дно песчаное, вода

прогревается достаточно быстро, но это по своим размерам эти два водных объекта просто не сопоставимы.

Выводы. Разрабатывая проекты экологической реабилитации антропогенно нарушенных территорий необходимо провести оценку рисков на предмет того, как функционирует данный объект и насколько он уже встроился в биогеохимические циклы экосистем, функционирующих на территории города. И как изменение реабилитируемого объекта окажет влияние на состояние прилегающих территорий, так как возвращение к исходному состоянию территории подвергшейся глубокой антропогенной трансформации не всегда является оправданным.

Литература

1. Аничкина Н.В. Нижний парк Липецкого курорта Современные проблемы сервиса и туризма. 2018. Т. 12. № 2. С. 140-149.
2. Толстов, А.С. Лето на Липецком курорте : очерк : (при очерке 12 видов Липецка и его курорта) / А.С. Толстов. - Москва: Типолитография А.В. Васильева и Ко, 1902. - 108 с.
3. Мартынов А.Ф. и др. Хрестоматия по истории Липецкого края. - Липецк: Кода, 1995.- 282 с.

О.М. Антонова, Е.И. Тихомирова, К.Н. Иванов

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Решение проблемы дезактивации полихлорированных гетероциклических углеводородов связано с обеспечением экологической безопасности технологий переработки соответствующих отходов. Научные и практические разработки в этом направлении являются особенно актуальными на современном этапе создания производственно-технических комплексов.

Ключевые слова: твердые бытовые отходы, термическая утилизация пластика, образование диоксинов, безопасные экотехнологии, экологическая безопасность производства

В настоящее время наиболее передовые технологии по переработке бытовых отходов применяют в странах Евросоюза; Канаде, Японии и др. В Швеции, например, технологии по сжиганию и переработке отходов соотносятся 1:1. В большей степени технологии сжигания используются в Японии – до 80% [1].

По данным Росприроднадзора Российской Федерации ежегодно в нашей стране образуется порядка от 35 до 40 млн. тонн твердых бытовых

отходов(ТБ(К)О), при этом только 2% из них сжигается и 7% утилизируется иными способами, а до 90% размещается на полигонах твердых бытовых отходов или свалках [2].

Анализ современных методов термической переработки ТКО показал, что используется:

- сжигание ТКО в печи с колосниковыми решетками (КР) или котлоагрегате на колосниковых решётках разных конструкций;
- сжигание отходов в кипящем слое (КС) инертного материала (обычно песок определённой крупности);
- сжигание в барботируемом расплаве;
- сжигание-газификация отходов в плотном слое кускового материала без его принудительного перемешивания и перемещения;
- высокотемпературное сжигание в плазме;
- пиролиз отходов.

Сжигание ТКО в печах с колосниковыми решетками (процесс КР) ввиду сравнительно низких температур (600 – 900 °С) практически не решает проблемы образования диоксинов. Кроме того, при этом образуются вторичные (твёрдые несгоревшие) шлаки и пыли, которые требуют отдельной переработки или направляются на захоронение с последующими негативными последствиями для окружающей среды. Эти недостатки в определённой мере присущи и процессу КС, протекающему при несколько более высоких температурах. Здесь добавляется необходимость подготовки сырья к переработке с целью соблюдения гранулометрического состава. Для разрушения диоксинов после печей КР и КС используются дополнительные дожигатели, работающие на жидком или газовом топливе. Согласно Нормативам Европейского Союза (НЕС) геометрия горячей зоны дожигателя должна обеспечить пребывание газов в зоне с температурой не ниже 850 °С в течение не менее 2 секунд («правило 2 секунд») при концентрации кислорода не менее 6% [3].

Технологии термической переработки отходов в барботируемом расплаве шлака протекают при температуре 1400-1600 °С, поэтому они решают проблему образования диоксинов, т.к. уже на выходе из барботажного агрегата практически отсутствуют высокотоксичные соединения (диоксины, фураны, полиароматические углеводороды). К недостаткам процесса относятся необходимость сортировки и дробления отходов до определённых размеров и потребность в дорогостоящей системе очистки выходящего из печи синтез-газа, представляющего собой смесь окиси углерода и водорода, требующие дополнительного устройства их сжигания, а также узла улавливания летучей золы. При этом следует иметь в виду, что требование «правила 2 секунд» подразумевает, что концентрация диоксинов в отходящих газах должна быть приемлемой для их очистки до регламентируемых 0,1 нг/м³. Однако при этом не учитывается особое свойство диоксинов – их способность к повторному синтезу в

холодной зоне. Реально снижают содержание диоксинов в отходящих газах только угольные фильтры, на которых диоксины необратимо связываются, а также специальные каталитические дожигатели. Именно в силу трудностей их улавливания очистные сооружения современных заводов стоят очень дорого.

Сжигание-газификация отходов в плотном слое кускового материала в шахтной печи (аналог доменной печи) совмещает процессы пиролиза и газификации. Температура газов в нижней части печи достигает 1600-1800 °С и по мере движения вверх через слой материала снижается до 150-200 °С. Соответственно материал по мере опускания нагревается и подвергается сначала сушке, затем пиролизу и в нижней части сгорает с образованием расплава металлов и шлака. В зоне высокотемпературного пиролиза имеются условия для синтеза диоксинов, хотя и в меньших количествах по сравнению с горением на колосниковых решетках и в кипящем слое.

Пример технологических решений по термическому обезвреживанию и утилизации всех видов органических отходов жидких, твердых и пастообразных, включая отходы фармацевтической продукции представлен на схеме (рис. 1) предприятия ОАО «НПО «Техэнергохимпром» (г. Орехово-Зуево) [4].

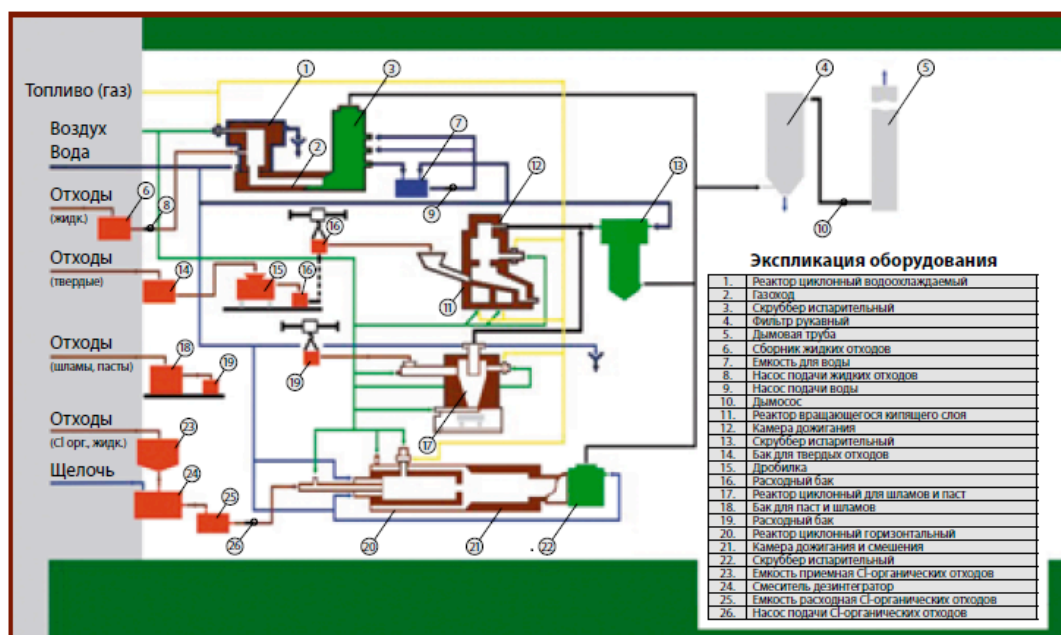


Рис. 1. Технологическая схема опытно-промышленной базы ОАО «НПО «Техэнергохимпром» (г. Орехово-Зуево)

Технологические линии опытно-промышленной базы для обезвреживания жидких, твердых и пастообразных отходов эксплуатируются поочередно, так как имеют общую систему очистки дымовых газов от минеральной пыли. Основными узлами установок являются расходные емкости для жидких, твердых и пастообразных отходов,

реакторы термического обезвреживания, скрубберы-испарители для охлаждения (заковки) дымовых газов, рукавный фильтр для очистки дымовых газов от минеральной пыли, дымосос, дымовая труба.

Для твердых и пастообразных токсичных отходов 1-2 классов опасности наиболее распространено термическое обезвреживание во вращающихся барабанных печах. Технологическая схема включает в себя барабанную печь, камеру дожигания, котел-утилизатор, многоступенчатую систему очистки дымовых газов (рисунок 2) [5].

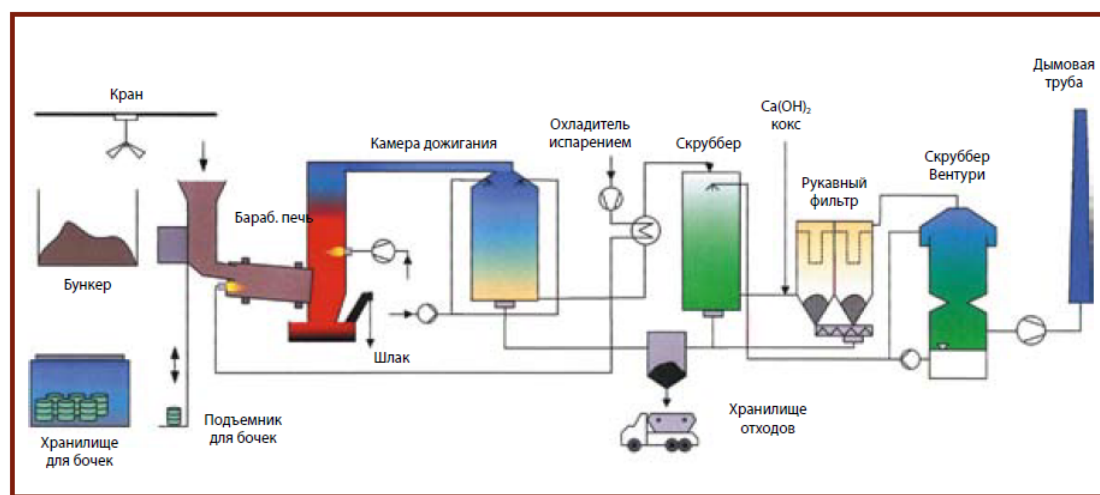
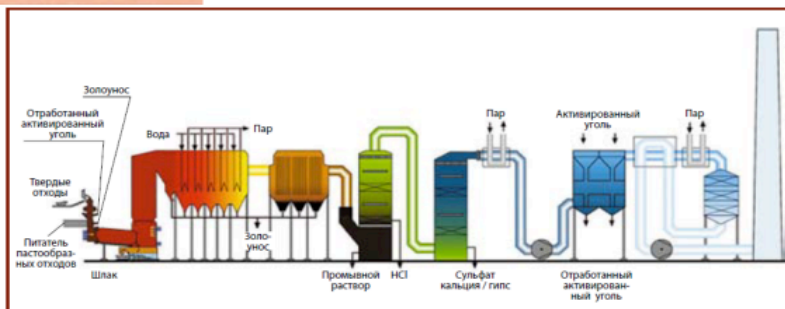


Рис. 2. Принципиальная схема термического обезвреживания во вращающейся барабанной печи

Необходимо подчеркнуть, что в технологическом отношении барабанные вращающиеся печи с жидким шлакоудалением являются наиболее универсальными термическими реакторами для переработки крупно кусковых отходов переменного состава. Данная технология используется в установках, представленных на рисунке 3 [5]. Установка фирмы AVG (Германия) включает 2 технологические линии, по 6,3 т/ч каждая, для термического обезвреживания твердых, жидких и пастообразных отходов, в том числе медицинских, доставляемых из Испании. Габариты барабанной печи: диаметр внутренний $D_{\text{внутр}}$ – 4,85 м, длина – 12,0 м. Установка фирмы «Техникал» (Италия) предназначена для термического обезвреживания медицинских отходов: мощность установки – 2,5 т/ч., габариты барабанной печи – $D_{\text{внутр}}$ – 2,35 м, длина – 12,5 м [5].



Установка фирмы «Техникал» (Италия)



Установка фирмы «AVG» (Германия)

Рис. 3. Барабанные вращающиеся печи с жидким шлакоудалением

Пиролиз – термическая переработка отходов в герметичных пиролизных печах без доступа кислорода при температуре до 1000 °С, имеет перед прямым сжиганием существенное преимущество: при таком процессе диоксинов образуется на несколько порядков меньше. При проведении низкотемпературного пиролиза при температуре до 450-500 °С полностью исключаются условия синтеза диоксинов [6].

Плазменное обезвреживание применяется для обработки трудно горючих и несгораемых соединений. Считается, что токсичные вещества 1-2 классов опасности, содержащие органические соединения, пестициды, фтор-, фосфор-, серосодержащие соединения могут быть полностью обезврежены только плазменными методами, степень переработки достигает 99,9999. В высокотемпературную струю плазмы (5000 °K) вводят исходные вещества в жидком виде, пастообразном или порошковом, которые при этом разлагаются до атомов, молекул, ионов. Регулируя температуру и состав газов можно добиться необходимых результатов переработки. В настоящее время существуют стационарные и передвижные плазменные генераторы. На российском рынке предлагается много разработок с использованием плазменной технологии. Практически все они имеют один существенный недостаток – низкий ресурс работы плазмотрона. Выгодно отличается разработка Международного научного центра по теплофизике и энергетике (г. Новосибирск) с использованием плазмотрона с жидкометаллическими электродами, что позволяет достичь практически неограниченного ресурса эксплуатации [5, 6].

В настоящее время известны также отдельные функционирующие установки термического обезвреживания медицинских (в том числе биологических) отходов, например установка с камерной печью, поставленная

фирмой «Берлин Консалт» (Германия) на санитарно-ветеринарный завод «Эколог» в г. Люберцы Московской области. Установка включает в себя предварительную камеру сжигания и камеру дожигания, котел-утилизатор, систему хемосорбционной очистки газов от вторичных диоксинов (реактор впрыска сорбалита и тканевый фильтр) [5].

Наиболее перспективным, на наш взгляд, является метод безотходной утилизации ТБО, при котором используется ряд технологических стадий переработки органических отходов в зависимости от их агрегатного состояния (рисунок 4).

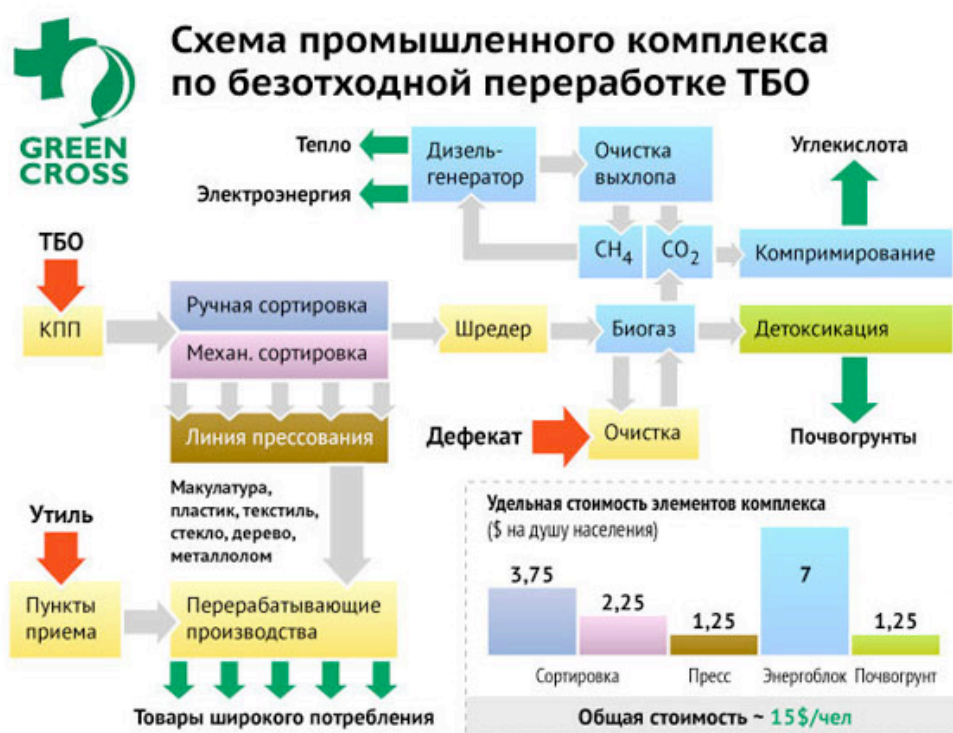


Рис. 4. Схема безотходной переработки ТБО

Твердые органические отходы в смеси с окисью кальция переводятся в карбид кальция; жидкие и газообразные отходы превращаются в синтетические нефтепродукты путем пропускания их через карбид кальция в сверхкритических для ацетилена условиях $T \geq 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $P \geq 0,2\text{ МПа}$ и последующей конденсацией и сепарацией полученных продуктов [4].

Использование такого способа переработки ТКО позволяет не только утилизировать отходы, но и получать ценные углеводороды нефтяного ряда, вследствие чего значительно сократятся расходы на переработку мусора и, в конечном счете, приведет к экономии энергетических ресурсов.

Литература

1. Тихоцкая И.С. Проблема бытовых отходов в Японии. Современные решения / Переработка отходов и мусора – основное направление экологии в борьбе за чистоту планеты // <http://greenologia.ru>.
2. Влияние бытовых отходов на окружающую среду и здоровье человека // rospotrebnadzor.ru.
3. Переработка отходов и мусора - основное направление экологии в борьбе за чистоту планеты // <http://greenologia.ru>.
4. Беляев П.С., Клинков А.С., Макеев П.В. и др. «Утилизация и переработка твёрдых бытовых отходов». – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. <http://www.allbest.ru>.
5. Бернадинер И.М. Обезвреживание опасных отходов: выбор оптимальной технологии // Твёрдые бытовые отходы. 2010. № 9. С. 19-26. <http://www.allbest.ru>.
6. Беньямовский Д.Н. Сжигание и пиролиз твердых бытовых отходов // Жилищно-коммунальное хозяйство. 1993. № 6. С. 28-29.

О.М. Антонова, Е.И. Тихомирова, К.Н. Иванов

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ПО ВЫБОРУ ИННОВАЦИОННЫХ ЭКОТЕХНОЛОГИЙ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ, УНИЧТОЖЕНИЯ ИЛИ УТИЛИЗАЦИИ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ

Стойкие органические загрязнители (СОЗ) являются токсичными веществами, которые попадают в окружающую среду в процессе хозяйственной деятельности человека, связанной с обеззараживанием или утилизацией полимерных отходов. К ним относят пестициды (альдрин, хлордан, дильдрин, эндрин, гептахлор, гексахлорбензол, токсафен), полихлорированные бифенилы и диоксины. Эти соединения вызывают особое беспокойство в связи с их высоким токсическим потенциалом. Диоксины образуются в результате побочных продуктов высокотемпературных реакций с участием хлора, и могут попасть в окружающую среду с продукцией или отходами многих производств. Поэтому обоснование системы выбора оптимальных экологических технологий по обезвреживанию, уничтожению или утилизации полимерных отходов имеет важное практическое значение.

Ключевые слова: экотоксиканты, экотехнологии, стойкие органические загрязнители, диоксин, полихлорированные углеводороды, пестициды

Непрерывное увеличение промышленного производства химических веществ, и расширение их ассортимента, неизбежно приводит к повышению требований в области экологической безопасности в связи с эксплуатацией изделий, а также необходимостью транспортировки, утилизации и вторичной переработки образующихся отходов [1].

Одной из серьезных экологических проблем является обеззараживание, уничтожение и утилизация отходов на основе полимерных

органических соединений, которые наиболее часто получают из поливинилхлорида (ПВХ) в качестве композиционных материалов и изделий, используемых в электротехнической, лёгкой, пищевой, автомобильной промышленности, машиностроении, судостроении, при производстве стройматериалов, медицинского оборудования [2].

Поливинилхлорид образует более 3000 видов композиционных материалов, что обусловлено его уникальными физико-механическими, диэлектрическими и другими эксплуатационными свойствами. Однако, при старении полимеров на основе ПВХ, наряду с потерей физико-механических свойств наблюдается негативное воздействие на окружающую среду и человека, обусловленное процессами дегидрохлорирования ПВХ с образованием стойких органических загрязнителей (СОЗ), таких как полихлорированные бифенилы и диоксины [3]. В связи с термостойкостью, разложение в природе материалов на основе полимеров составляет от 150 до 1000 лет. Поэтому решение проблемы обезвреживания полихлорированных гетероциклических углеводородов связано с решением проблемы экологической безопасности технологий переработки соответствующих отходов, что является актуальным на современном этапе создания производственно-технических комплексов (ПТК).

Необходимо отметить, что образование СОЗ является не только результатом антропогенной деятельности, но и природных процессов. Диоксины могут образовываться в присутствии перекисей, озона и других окислителей в результате лесных пожаров, жизнедеятельности некоторых грибов и бактерий, образующих хлорированные продукты [4].

При техногенных процессах, таких как сжигание осадков сточных вод, муниципальных и других промышленных и бытовых отходов (например, изделия из ПВХ, целлюлозно-бумажная продукция и пластические массы) также происходит образование экологически опасных количеств СОЗ. Известно, что при сжигании одной тонны бытовых отходов в золе остается 75 мкг/т золы диоксинов, при коксовании одной тонны угля с производственными сточными водами сбрасывается около 0,06 мкг диоксинов [5]. Сравнительно недавно полихлорированные углеводороды, в частности, диоксины были обнаружены в шламах, складированных ранее 70-х годов в Швеции, содержащих отработанные графитовые электроды [6]. Уже на стадии получения свободного хлора при электролизе растворов неорганических хлоридов на графитовых электродах возможно образование некоторого количества диоксинов.

Значительный вклад в загрязнение окружающей среды диоксинами вносят несанкционированное горение отходов на полигонах (таблица) [6].

Из вышеизложенного следует, что производства, основанные на переработке по сжиганию отходов, а также при синтезе и применении предшественников полихлорированных ароматических соединений, к

которым относятся не только полихлорфенолы и полихлорпирокатехины, но и хлорсодержащие пестициды, должны иметь технологии по предотвращению образования диоксина и его производных.

Источники загрязнения диоксинами

Источники загрязнения	Количество диоксинов, г в ЭТ	% от общего поступления в окружающую среду
Сжигание бытового мусора	1467	25,5
Сжигание древесины	945	16,4
Сжигание медицинских отходов	816	14,2
Сжигание промышленных отходов	37,5	0,7
Добыча полезных ископаемых	1348	23,5
Обработка древесины пентахлорфенолами	381	6,6
Автомобильный транспорт	111	1,9
Высокотемпературные процессы и синтез в химической промышленности	21	1,5
Производство цемента	20	0,4
Другие	454	9,3

Наиболее передовые технологии по переработке бытовых отходов, в том числе полимерных, применяются в Швеции, где технологии по сжиганию и переработке отходов соотносятся 1:1. В большей степени технологии сжигания используются в Японии – до 80 % [7]. По данным Росприроднадзора, ежегодно в России образуется порядка от 35 до 40 млн. тонн твердых бытовых отходов, причем до 90 % от этого объема размещается на полигонах ТБО, санкционированных и не санкционированных свалках. Только 2 % из указанных объемов отходов сжигается и 7 % утилизируется иными способами, из которых только 1,5 % приходится на переработку полимерных материалов из-за отсутствия как необходимой инфраструктуры, так и самих предприятий – переработчиков [8].

После вступления в силу Указа № 7 от 5 января 2016 года «О проведении года экологии», начиная с 2017 года вступили в силу большинство экологических норм, заложенных в принятых поправках в соответствующие законы, по которым строго регулируются выбросы и сбросы загрязняющих веществ за счет внедрения в практику наилучших доступных технологий, обоснованных в законе «Об отходах» [9].

В тоже время для гарантированного снижения и разрушения диоксинов на современных ПТК при утилизации полимерных отходов необходимо соблюдение ряда условий [10]:

- уменьшение в исходном сырье концентрации Cl- и Br-содержащих материалов, способствующих образованию диоксинов;

- минимизация образования доли золы дымовых газов и уменьшение золоуноса;

- обеспечение при сжигании ТКО наиболее полного их сгорания и применение дожигания отходящих газов;

- управление температурным режимом процесса переработки исходного сырья с нагревом образующихся продуктов, содержащих диоксины, выше 1250 °С с выдержкой более 2 с. Терморазложение при меньших температурах является обратимым процессом. При охлаждении дымовых газов до 200-450 °С диоксины синтезируются вновь, поэтому в целях предотвращения образования вторичных диоксинов в зоне охлаждения отходящих газов установок по сжиганию время пребывания в интервале температур от 200 до 450 °С должно быть не более 1 с;

- предотвращение повторного синтеза диоксинов путем холодной "закалки" дымовых газов или летучих продуктов термической переработки;

- удаление и улавливание летучих соединений в замкнутом цикле химической очистки и переработки. Для нейтрализации газов используют специальные щелочные или щелочноземельные реагенты, в результате чего непосредственно в термическом реакторе образуются нетоксичные минеральные соли NaCl , Na_2SO_4 , $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, Na_2CO_3 , CaCl_2 , CaF_2 .

Эмиссия диоксинов из дымовой трубы существенно связана с выбросами частиц пыли и углерода. На многих мусоросжигательных заводах газоочистка основана на практически полном поглощении диоксинов из дымовых газов при пропускании их через фильтры с активированным углем или тканевыми фильтрами, способны эффективно выделять золу из газа.

Таким образом, система выбора оптимальной технологии должна основываться в результате анализа ряда критериев, обеспечивающих:

1. Безопасность технологии (степень обезвреживания исходных эпидемиологически опасных и токсичных компонентов отходов, остаточная концентрация токсичных компонентов в газообразных выбросах и твердых или жидких остатках процесса обезвреживания отходов).

2. Степень обоснованности технологического оборудования (наличие лабораторного, опытного, демонстрационного или промышленного образца и практический опыт).

3. Опыт обслуживания оборудования (ремонтпригодность, простота его обслуживания, эксплуатационная надежность, ресурс).

4. Универсальность производства.

Литература

1. Борщев В. Я. Экологическая безопасность промышленных объектов / В. Я. Борщев. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. 126 с.

2. Ивановский С.К., Бахаева А.Н., Ершова О.В., Чупрова Л.В. Экологические аспекты проблемы утилизации отходов полимерной упаковки и техногенных минеральных ресурсов // Успехи современного естествознания. 2015, № 1-5. С. 813-817.
3. Киячков А. Производство ПВХ в России: состояние и перспективы // Пластик. 2014. № 5 (134). С 42-47.
4. Rigo By H. Cregor. Sources of Dioxin in the Environment. // Solid Waste Technologies January. 1995. February. С. 36-39.
5. Беньямовский Д.Н. Сжигание и пиролиз твердых бытовых отходов // Жилищно-коммунальное хозяйство. 1993. № 6. С. 28-29.
6. Федоров Л.А. Диоксины как экологическая опасность: ретроспектива и перспективы. – М.: Наука. 1993. 66 с.
7. Тихоцкая И.С. Проблема бытовых отходов в Японии. Современные решения / Переработка отходов и мусора – основное направление экологии в борьбе за чистоту планеты // <http://greenologia.ru>.
8. Влияние бытовых отходов на окружающую среду и здоровье человека // rospotrebnadzor.ru.
9. Пресс-служба Минприроды России (дата обращения 19.02.2017). <http://www.mnr.gov.ru>.
10. Бернадинер И.М. Обезвреживание опасных отходов: выбор оптимальной технологии // Твердые бытовые отходы. 2010. № 9. С. 19-26.

О.В. Атаманова, А.А. Подоксенов

Саратовский государственный технический университет имени
Гагарина Ю.А., Россия

РЕГЕНЕРАЦИЯ ОТРАБОТАННЫХ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ БЕНТОНИТА ПОСЛЕ ВОДООЧИСТКИ

Проводятся анализ литературных данных и ранее полученной информации по регенерации отработанных сорбционных материалов. Обосновывается необходимость решения проблемы регенерации отработанных сорбентов на основе бентонита.

Ключевые слова: регенерация, органическое вещество, сорбционный материал, бентонит, десорбция.

Производственные сточные воды предприятий химической, лакокрасочной, фармацевтической и др. видов промышленности обычно содержат значительное количество органических загрязнителей, в том числе ароматических веществ [1]. Совершенствование технологий адсорбционной очистки сточных вод, содержащих ароматические соединения, требует создания новых более эффективных фильтрующих загрузок, состоящих из высокоэффективных, дешевых и доступных сорбционных материалов. К числу таких материалов относится модифицированный бентонит. Как показали исследования, проведенные на базе НОЦ «Промышленная экология» ФГБОУ ВО «Саратовский

государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» в рамках научного проекта Госзадания МОиН РФ № 5.3922.2017/64, использование модифицированных наноструктурированных бентонитовых материалов позволяет обеспечить очистку производственных сточных вод от ароматических соединений до 80-99% [2].

Однако при очистке сточных вод от ароматических соединений модифицированными бентонитами остается не до конца решенная проблема регенерации отработанных сорбционных бентонитовых материалов. Это важно, поскольку многократное использование фильтрующей загрузки позволит значительно увеличить срок ее службы и удешевит эксплуатационные характеристики установки.

В настоящее время существует несколько групп способов регенерации отработанных сорбционных материалов. В первую группу способов входят способы, которые позволяют выделить из отработанных сорбционных материалов поглощенные соединения в виде веществ, которые представляют определенную техническую ценность. Здесь восстановление работоспособности сорбционного материала компенсирует уменьшение потерь ценного продукта и материалов производства, либо продукция, получаемая в результате рециклинга компенсирует в определенной мере эксплуатационные затраты очистных сооружений [3].

Вторая группа методов регенерации сорбционных материалов основана на как можно более полной деструкции адсорбированных веществ и их окислении до конечных продуктов. Эти методы применимы в тех случаях, когда из выделенных путем регенерации поглощенных загрязняющих веществ невозможно создать вторичную товарную продукцию. Это обычно имеет место в тех случаях, когда происходит очистка многокомпонентных производственных сточных вод с невозможностью разделения сложных смесей по техническим или экономическим причинам.

К первой группе способов регенерации отработанных сорбционных материалов относятся три основных способа рекуперативной регенерации адсорбционных материалов. Один из них представляет собой *десорбцию органических веществ с помощью их ионизации*. Поскольку происходит определенная ориентация диполей воды вокруг органического иона, ионизация молекул вещества в растворе воды способствует резкому увеличению их гидратации. Наиболее подробно изучен механизм десорбции органических веществ с помощью их ионизации на примере адсорбента – активного угля [1]. Еще один способ рекуперативной регенерации адсорбционных материалов представляет собой *регенерацию адсорбционных материалов экстракцией органическими растворителями*. Этот способ является достаточно затратным, поскольку экстракция требует дополнительной тепловой энергии для дополнительного удаления органического растворителя из частицы сорбционного материала по

завершении процесса экстракции. Финансовая затратность данного способа делает его оправданным главным образом на предприятиях химической промышленности, где другие способы не применимы. В ряде случаев используется еще один способ регенерации – это *отгонка адсорбированных веществ из отработанного сорбционного материала водяным паром*. Считается, что данный способ наиболее приемлем при отгонке соединений, которые мало растворимы в воде и образуют в процессе отгонки азеотропно-кипящую смесь со значительным содержанием органической составляющей. Азеотропная отгонка при десорбции органических соединений, в частности производных бензола, наиболее хорошо изучена на примере активных углей.

Способы регенерации сорбционных материалов путем полной деструкции адсорбированных веществ включают, в первую очередь, *высокотемпературную термическую регенерацию* отработанного сорбционного материала. Благодаря тому, что практически все адсорбированные соединения разлагаются при увеличении температуры до 1000°C, при прокаливании сорбционного материала, насыщенного органическими веществами, образуются низкокипящие органические соединения или конечные продукты их окисления – CO₂, NO₂ и др. Ароматические соединения начинают разлагаться при прокаливании отработанного сорбционного материала уже до 700-800°C [2]. Высокотемпературная регенерация отработанных сорбционных материалов осуществляется в однокамерных или многоподовых шахтных печах [1] при плотном, движущемся или кипящем слоях [4].

Низкотемпературную термическую регенерацию адсорбентов применяют главным образом для активных углей при реализации процесса десорбции растворенных веществ. Понижение температуры деструктивного окисления адсорбированных соединений до значений, которые позволяют регенерировать адсорбент в тех же емкостях, где проходил процесс адсорбции без дополнительной выгрузки адсорбента, позволяет значительно снизить затраты на реализацию процесса регенерации. Для снижения температуры регенерации отработанных сорбционных материалов рекомендуется использовать катализаторы деструктивного окисления органических соединений. При низкотемпературной термической регенерации активных углей обычно используют высокодисперсные металлы, такие как палладий или оксиды марганца, меди и др.

Кроме указанных способов внимание заслуживают способы: нагрева для регенерации адсорбента электрическим током, а также способ электрохимической регенерации адсорбента при помощи катодной обработки в растворе NaCl.

Перечисленные способы регенерации адсорбционных материалов хорошо изучены применительно к активным углям, но мало изучены на бентонитовых сорбционных материалах.

Ранее [5-8] нами установлено, что при протекании адсорбции органических (ароматических) соединений на модифицированных бентонитах происходит сложный сорбционный процесс, включающий физическую адсорбцию при невысоких температурах для органических веществ с небольшими значениями равновесных концентраций, легко обратимую хемосорбцию и полноценную хемосорбцию, о чем свидетельствуют значения средней свободной энергии адсорбции изменяющиеся в диапазоне от 8 кДж/моль до 40 кДж/моль (например, для *о*-толуидина 11÷40 кДж/моль; для *о*-ФДА 8÷17 кДж/моль; для *п*-динитробензола 11÷20 кДж/моль).

Наличие хемосорбции при протекании адсорбционных процессов на модифицированном бентоните накладывает специфические требования к реализации механизма десорбции ароматических соединений из отработанных сорбционных материалов. Считается [1], что при адсорбционном процессе протекает хемосорбция, последующая десорбция в значительной степени затруднена, что заранее исключает возможность регенерации отработанного адсорбента и предполагает единожды отработанный адсорбент отправлять на утилизацию. Однако при использовании бентонитовых адсорбентов наблюдается сразу несколько вариантов сорбции, что позволяет предположить возможность хотя бы частичной регенерации отработанного сорбционного материала.

Проведенный анализ информации по литературным источникам, а также результаты более ранних исследований адсорбционного процесса на модифицированном бентоните, позволяют обосновать необходимость проведения дальнейших исследований с целью разработки механизма регенерации отработанных сорбционных материалов на основе бентонита, модифицированного разными способами, загрязненных ароматическими соединениями.

Литература

1. Когановский, А.М. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении / А.М. Когановский, Н.А. Клименко, Т.М. Левченко и др. – М.: Химия, 1983. – 288 с.
2. Плешаков, В.Д. Метод флотационной очистки / В.Д. Плешаков, В.Н. Чернышев, О.П. Синев // Информ. Листок Новочеркасского политехнического института им. С. Орджоникидзе. – Новочеркасск: НПИ, 1971. – 2 с.
3. Свергузова, С.В. Износ систем водоотведения как фактор экологической опасности на примере Белгородской области / С.В. Свергузова, Ж.А. Сапронова, А.В. Святченко // Вода: химия и экология, 2018. – № 7-9. – С.32-38.
4. Семенук, В.Д. Строительство и эксплуатация бессточных систем промышленного водоснабжения / В.Д. Семенук и др.: Под ред. А.М. Когановского. – Киев: Будивельник, 1981. – 176 с.

5. Косарев, А.В. Кинетика адсорбции 2-метиланилина модифицированным бентонитом при очистке сточных вод / А.В. Косарев, О.В. Атаманова, Е.И. Тихомирова, М.В. Истрашкина // Вода и экология: проблемы и решения. – 2018. № 3 (75). – С. 24-31.

6. Истрашкина, М.В. Применение фильтрующих загрузок в системах водоотведения для очистки сточных вод / М.В. Истрашкина, О.В. Атаманова, А.В. Косарев, Е.И. Тихомирова // Вестник Кыргызско-Российского славянского университета. - 2017. - Т. 17. - № 5. - С. 149-152.

7. Истрашкина, М.В. Особенности адсорбции ароматических аминосоединений на различных вариантах модифицированного бентонита / М.В. Истрашкина, О.В. Атаманова, Е.И. Тихомирова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2016. - Т. 18. - № 2(2). - С. 381-384.

8. Атаманова, О.В. Исследование процесса адсорбции о-толуидина и о-фенилендиамина на разных модификациях бентонита / О.В. Атаманова, Е.И. Тихомирова, М.В. Истрашкина // Инновационные пути решения актуальных проблем природопользования и защиты окружающей среды: сб. докл. – Белгород-Алушта: БГТУ имени В.Г. Шухова, 2018. –Ч.2. – С.16-22.

**А.Б. Байдосова, С.Ж. Кужамбердиева, Б.Б. Абжалелов,
Д.Д. Орынбеков**

**Кызылординский государственный университет им. Коркыт Ата,
Республика Казахстан**

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ИЗ РАЗНЫХ ИСТОЧНИКОВ Г. КЫЗЫЛОРДА

В данной работе представлены основные этапы исследований, куда входит: знакомство с литературными источниками и производственными документами по изучаемому вопросу; выявление основных источников питьевой воды по городу; определения качества питьевой воды

Ключевые слова: сухой остаток, нитраты, хлориды, цветность, мутность.

Одной из самых актуальных проблем для Казахстана, является обеспечение населения доброкачественной питьевой водой. Обеспеченность городского и сельского населения питьевой водой во многих областях страны составляет менее 50 % потребности в воде, к тому же качество не отвечает требованиям национального и международного стандартов. Сегодня на одного жителя Кызылординской области приходится лишь 120 литров [1]. Исходя из выше сказанного с целью привлечения внимания студентов к вопросам охраны окружающей среды и в частности водных ресурсов области на кафедре: «Экология и химические технологии» КГУ им. Коркыт Ата практикуется в летней период, согласно типовой программе производственная практика студентов – экологов третьего курса в Кызылординском областном центре санитарно-эпидемиологической экспертизы агентства РК по защите прав потребителей. Где одним из

важнейших способов получения конкретных знаний для знакомства с методиками проведения природоохранной работы в регионе является участие студентов в исследованиях данного предприятия [2]. В частности студенты участвуют в повседневной исследовательской работе лаборатории: «Коммунальной гигиены», где знакомятся с основными методами контроля питьевой воды, куда можно отнести определение: жесткости, сухого остатка, нитратов, хлоридов, цветности, мутности, перманганатной окисляемости и т.д.

В результате маршрутных исследований установлено, что основными крупными источниками питьевой воды в городе Кызылорда является:

- река Сырдарья;
- подземные источники, согласно имеющимся данным запасы подземных вод на территории области размещены неравномерно;
- отбор проб воды для химического анализа по хозяйственно-питьевой категории водопользования производится из городского водозабора – водопроводной воды перед поступлением в распределительную сеть, из открытого водоема (вода, поступающая из р. Сырдарьи до очистки и фильтрации), из подземных источников – глубинных скважин, также расположенных на городском водозаборе;
- основными критериями качества проб воды из: городского и районных водозаборов; глубинных скважин и децентрализованных источников являются:
- значения ПДК вредных веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, для водопровода – гигиенические нормативы содержания вредных веществ в питьевой воде [4].

Знакомство с рабочими документами акимата и докладов СЭС показала:

- по Кызылординской области основными загрязняющими веществами являются цветность, мутность, жесткость, сульфаты, сухой остаток, магний, хлориды;
- химический состав Сырдарьи формируется в Узбекистане. в Казахстан вода поступает со средним содержанием:
- азота нитритного около 4 ПДК, максимальная концентрация – 16 ПДК;
- меди достигающее – 4 ПДК;
- фенолов – 3 ПДК;
- сульфатов – 6,5 ПДК;
- максимальный уровень загрязненности наблюдается в весенний период;
- используемые для питьевого водоснабжения подземные воды по своему качеству не отвечают основным нормативным требованиям.

Пробы питьевой воды для анализа в лабораторных условиях отбирались из: реки Сырдарьи, скважины, водопроводного крана.

Анализ физико-органолептических показателей выявил следующую закономерность:

- наилучшие результаты по всем показателям зарегистрированы в питьевой воде, полученной из скважины, значений превышающих ПДК здесь совсем нет и они намного ниже гигиенических нормативов;

- среднее значения по всем показателям занимает питьевая вода, взятая с водопроводного крана. Показатели выше ПДК отсутствуют, а сравнение с гигиеническими нормативами выявили следующую картину: показатель цветность на 17 единиц ниже норматива, мутность колеблется в одинаковых пределах, разница лишь в 0,04 единицы;

- самые низкие результаты по исследуемым показателям представлены по питьевой воде, взятой из источника река.

О показателях питьевой воды по ингредиентам, влияющим на органолептические свойства можно сказать следующее:

- наилучшие показатели отмечены в питьевой воде, взятой со скважины, средние значения зарегистрированы в воде, взятой из водопроводного крана, наиболее низкие из реки Сырдарья. Несмотря на количественное различие в показателях воды взятой с различных источников из 7 ингредиентов только 2, общая жесткость и сухой остаток превышают ПДК.

По бактериологическим показателям качество питьевой воды централизованного водоснабжения по области 2018 года по сравнению с прошлым годом отмечает некоторое ухудшение:

- удельный вес, несоответствий питьевой воды по микробиологическим показателям составил 7,1 %. Из отобранных 98 проб не соответствовало по бактериологическим показателям 7 проб воды;

- причинами ухудшения качества питьевой воды явились аварии на водопроводных сетях. Даны санитарные предписания по своевременной ликвидации прорывов, по обработке исходной воды на водозаборах, произведена промывка и дезинфекция сетей.

По химико-органолептическим показателям питьевой воды изучались те 10 ингредиентов, которые определяются в лаборатории по городу Кызылорда, получены следующие данные:

- по ингредиентам: медь, азот аммиака, азот нитратов, азот нитритов, железо, фториды лучшие результаты зарегистрированы в питьевой воде, взятой со скважины. Несмотря на разницу в показателях по содержанию ингредиентов в воде, взятой со скважины, из реки и водопроводного крана все полученные результаты имели показатели по ингредиентам ниже ГОСТа и величиной гигиенического норматива. Та же тенденция наблюдалась и по ингредиенту хлориды, только значения показателя наиболее низкие были

зарегистрированы в воде, взятой с реки (110), среднее в воде, взятой с водопроводного крана (140) и чуть выше в воде, взятой со скважины (170);

- по марганцу наиболее высокий показатель зарегистрирован в воде, взятой из реки (0,4) и чуть ниже одинаковые результаты (0,02) полученные в воде, взятой со скважины и водопроводного крана;

- по ингредиенту хром наименьший показатель зарегистрирован (0,001) зарегистрирован в водопроводной воде и чуть ниже одинаковые результаты (0,01) получены из реки и скважины;

- увеличение показателя по сравнению со значением ПДК по сульфатам возрастала от 1,07(питьевая вода, взятая с реки), 1,1 (питьевая вода, взятая со скважины), 1,2 (питьевая вода, взятая с водопроводного крана). Стоит заметить, что именно в водопроводной воде наибольшее содержание сульфатов;

- сульфаты относятся к 4 классу опасности. В организме человека при потреблении, питьевой воды пресыщенной сульфатами, могут развиваться болезни связанные с нарушением работы пищеварительной системой.

Основные выводы по проделанной работе:

1. питьевая вода города Кызылорда по ингредиентам химико-органолептических показателей соответствует стандартам и ГОСТ. Исключением является ингредиент сульфаты (класс опасности 4), величина которого выше ПДК и величины гигиенического норматива, независимо от того из какого источника была она взята (река, скважина, водопроводный кран);

2. высокое содержание сульфатов в питьевой воде могут стимулировать развитие болезней связанных с нарушением работы пищеварительной системы, необходимо пропагандировать методы снижения сульфатов в пресной воде;

3. наилучшие показатели по физико-органолептическим свойствам имеет питьевая вода, взятая из скважины. Средние показатели имеет питьевая вода, взятая из водопровода. Вода двух представленных источников полностью соответствует ПДК и гигиеническим нормативам. Питьевая вода, взятая из реки, имеет показатели цветности и мутности, превышающие ПДК на 2,0; 4,9 единиц, а величины гигиенических нормативов на 35 и 3,4 соответственно;

4. питьевая вода, имеющая высокие показатели по цветности и мутности опасна для употребления, так как при повседневном использовании может привести к заболеваниям связанным с работой пищеварительной системы;

5. во всех источниках пресной воды города Кызылорда, наблюдаются высокие показатели по ингредиентам: общая жесткость и сухой остаток. Повышение показателей данных ингредиентов вызывают такие опасные болезни человека как: заболевание суставов, камни в почках; нарушение

водно-солевого обмена. Поэтому необходимо пропагандировать среди населения методы уменьшения жёсткости воды.

Литература

1. Алишева К.А. Экология. – Алматы: 2006. – 304 с.
2. Тимофеева Т.Г., Байбатыров Е.Н. Экологическое воспитание студентов в процессе изучения неорганической химии // Материалы Международной научно-педагогической и методической конференции: Экологическое обучение и воспитание в системе народного образования: сб. ст. – Дžамбул, 1992. – С. 29.
3. Мазаев в.Т. Руководство по гигиене питьевой воды и питьевого водоснабжения. – М: Мед. информ. агентство, 2008. – 319 с.
4. Санитарно-эпидемиологическим требованиям к водостокам, хозяйственно-питьевому водоснабжению, местам культурно-бытового водопользования и безопасности водных объектов №554. САН ПиН28.07.10. – Астана, 2010.
5. По материалам обзора ПРООН. водные ресурсы Казахстана в новом тысячелетии. – Алматы, 2004. – С. 48-49.

**А.Б. Байдосова, С.Ж. Кужамбердиева, Б.Б. Абжалелов,
Д.Д. Орынбеков**

Кызылординский государственный университет им. Коркыт Ата,
Республика Казахстан

ВЛИЯНИЕ КОЛЕБАНИЯ МАЛОГО АРАЛА НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ В ПРИАРАЛЬЕ

В статье рассказывается о проблеме Аральского моря. О том какие шаги были предприняты и предпринимаются для улучшения экологической обстановки и для сохранения Аральского моря. Была построена плотина для разделения моря на две части для сохранения хотя бы небольшую часть Аральского моря.

Ключевые слова: Аральское море, плотина

Известно что, экологическая обстановка в Приаралье переживает непоправимые потери, утратила свое природно-хозяйственное значение и ради сохранения природы региона было решено спасти хотя бы небольшую часть Аральского моря. В целях охраны природы, в августе 2005 года, была сооружена Кокаральская плотина, отделяющая Северное Аральское море от большого моря.

Экологический и социально-экономический эффект, польза от плотины была в том же году, с окончанием строительства. Во-первых, бесчисленное количество пресной воды Сырдарьи, которое без пользы вытекало в большое море, стало собираться в Северном малом море. Тем самым доказав, что если мы будем обдуманно действовать, можем не только восстановить природу, которую разрушили своими руками, но и управлять

ею и адаптировать к новым экологическим обстановкам. Если раньше море отделилось от города Аральска на 75,0 км, то теперь стало близко на 12,0 км. Но не только экологическая, но и экономическая выгода была от плотины, так как в 2006 году с Северного моря было выловлено 2,3 тыс. тонны рыбы. Это больше в 10 раз прошлогоднего результата.

Некоторые заброшенные приморские населенные пункты ожили, стало развиваться рыболовство и животноводческое хозяйство. Уменьшились соляные ветры, пылесброс в атмосферу, восстановился удобный микроклимат. Рабочий уровень Кокаральской плотины рассчитан на 40,0 метровую отметку зеркала моря. Выходит, если, эта ситуация будет постоянной, объем воды собирающийся на Северном малом море не будет превышать 21,0 км³. Для малого моря этого недостаточно. Потому что, из четырех частей Северного Арала полноводие будет только в Центральной и в заливе Шевченко, а юго-западные окраины залива Бутакова и Сарышыганак, которые лежат выше отметки, будет маловодной. Из-за этого могут остаться вдалеке от моря густонаселенный город Аральск и приморские населенные пункты (Карашалан, Бугень, Каратуп, Тастубек, Акеспе, Акбасты). Значит, Кокаральская плотина не может полностью решить экологические проблемы [1].

По результатам наблюдений, в 2018 году в Малое море поступило 3,6 км³ воды, а за 9 месяцев 2019 года объем поступившей воды составил 2,7 км³. Это говорит о том, с каждым годом Северное Аральское море получает мало воды. Чем меньше воды получает море, тем ниже его уровень [2]. Приток реки постоянно меняется, это природный процесс. Можно сказать, что все восстановится, но уменьшение воды в море сказывается на экологической, социально-экономической обстановке в регионе. После сдачи в эксплуатацию Кокаральской плотины в 2005 году, ожидалось что, вся вода реки Сырдарьи впадающая в Северный Арал останется в самом море. Минеральность морской воды должна была уменьшиться (табл.).

Минеральность воды Аральского моря. 2018 год

Моря	pH	Жесткость, мг-экв	мг/л						
			HCO ₃	Cl	SO ₄	Ca	Mg	Na + K	Сухой остаток
Северное Аральское море	7,45	90,0	183,0	7090,0	3789,09	600,0	729,6	4797,5	16090,0
Большое Аральское море	7,45	93,0	256,2	13612,8	3622,8	580,0	772,2	9267,5	26512,0

Так как с завершением проекта масса воды Малого моря увеличится, уровень соли в литре морской воды уменьшиться с прежних 23,0 г/л до 17,0 г/л, значит, вода в Северном море станет более опресненной. Анализируя представленную в таблице информацию, констатируем – минеральные показатели вод двух морей разные. Соленость Большого Аральского моря в

литре воды 26,5 г/л, повторяет уровень 2000-го года. Соленость Северного Аральского моря в литре воды 16,1 г/л, это на 10,4 г/л меньше показателей большого моря. Выходит, из-за того, что основную массу воды Малого моря составляет речная вода, то и меньшая концентрация соли (твердый остаток) в воде.

Анализируя концентрацию некоторых ионов, мы видим, что показатели водородных ионов (рН) оценивающие реакцию воды, в водах двух морей одинаковые – 7,45. Этот показатель близок к нейтральной реакции, точнее слабый щелочной. Жесткость морской воды соответственно 90 и 93 мг-эквивалент. Показатели близкие. Такая жесткость свойственна только морской воде. Жесткость воды определяется концентрациями солей кальция (Ca) и магния (Mg). По нашей информации в водах малого и большого морей концентрация солей щелочных металлов близкая: в водах Малого моря Ca – 600 мг/л и Mg – 729,6 мг/л, а в Большом море соответственно 580,0 и 772,2 мг/л. Это очень высокий показатель. Если, жесткость пресной воды превышает 12-15 мг-эквивалент, то её запрещают использовать в хозяйстве, например, для орошения, животноводства, в бытовых целях. Это небольшое сравнение для оценки жесткости морской воды.

Общая щелочность воды Малого моря 183,0 мг/л, это на 73,2 мг/л меньше концентрации Большого моря. Известно, что концентрация ионов соответствует сухому остатку. Из-за того, что вода Малого моря пресная, общая щелочность ниже. Самое очевидное то, что концентрация ионов хлора в воде Большого моря на 6522,8 г/л больше чем в водах Малого моря. Растворимость в воде и продвижение этого элемента не зависит от температуры среды. Выходит, ионы хлора в водах Большого моря накопились с давних времен. Концентрация ионов сульфата (SO_4) в водах двух морей близкая: в литре воды Малого моря – 3789,1 мг/л сульфата, а в водах Большого моря – 3622,8 г/л ионов сульфата. Концентрация этих ионов в воде зависит от температурного режима. Если, вода охлаждается, то ионы оседают и их количество в воде уменьшается. Ионов натрия много. Ионов натрия и калия в литре воды Малого моря – 4797,5 мг/л, а в водах Большого моря – 9267,5 г/л. Ионы натрия в основном соединяются с ионами сульфата и оседают в виде мирабилитных солей ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$). Эти соли и составляют соли, которые собираются на обезвоженном грунте морского дна.

В летние месяцы температура воздуха поднимается и мирабилит на поверхности грунта испаряет воду с себя, появляется тенардит – сухая серная кислота натрия (Na_2SO_4). Это – порошок белого цвета. Тот самый, который сдувается с поверхности грунта, попадает на поля, пашни и портит плодородную землю.

Восточная маловодная часть Аральского моря в 70-ых годах прошлого века быстро осушилась, оставшуюся в поверхности грунта

солевую массу с морской воды в виде солевых выносов пылевых бурь стало сдувать во все стороны. Этот процесс в первые 10-15 лет шел очень динамично. Потом восточная набережная моря сдвинулась далеко на запад и уровень соленой воды в пластах понизилась, из-за чего, остановился процесс капиллярного выхода воды по профилю грунта. Потому что, профиль грунта состоит из всяких отложений, пластов. Механический состав этих пластов разный, в основном песчинки, глина, глинистые и алеврит, грунт, собранный из отложений пропускает воду по капиллярам очень плохо [3].

Из-за этого, между солёной водой в пластах и поверхностью грунта нет связи. Доказательство тому, во многих участках верхний 1,0-1,5 метровый профиль грунта сухой. В таких условиях соли оставшиеся от морской воды на поверхности грунта, это в основном соли кальция ($\text{CaCO}_3, \text{CaSO}_4$) и натрия (Na_2SO_4 - тенардит) сдуло ветром, а от галита (NaCl) оставшегося на грунте появилась жесткая (бронь) скорлупа. Сейчас поверхность восточной осушенной части моря такыровидная и кое-где встречаются растения, поверхность грунта степи «Массагет» жесткая. Из-за чего в степи на осушенном месте моря солевых выбросов нет. Значит, эта проблема не главная головная боль.

По последней информации, поступившей в 2019 году (сентябрь) в засохшие озера Карашалан, Баян, Жыланды, Домалак, Картьма, Кызылжарма поступило 82,0 млн. м³ воды. Это в свою очередь способствовало озеленению приморских и прибрежных зон, тем самым уменьшая солевой выброс. В регионе сформировался мягкий микроклимат удобный для домашнего скота, хищных зверей и птиц. Местные жители восстанавливают рыболовное хозяйство и используют растительность влажных земель в качестве пашни.

Литература

4. Шынбергенов Е., Абжалелов Б.Б., Кужамбердиева С.Ж., Нургизаринов А.М. // Влияние колебаний уровня Северного Аральского моря на экологическую обстановку в регионе. «Арал өңірінің тарихи-мәдени мұралары және әлеуметтік экологиясын зерттеу басымдықтары» атты республикалық ғылыми-тәжірибелік конференция. Қызылорда. 2011 жыл, 10-11 қараша 196–199.

5. Шынбергенов Е.А., Сиханова Н.С., Абжалелов Б.Б., Кужамбердиева С.Ж., Тапалова А.С. // Влияние колебания Северного Малого Арала на экологическую обстановку в регионе Экологические проблемы промышленных городов. 6-ая Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. – Саратов, 2013. – С. 318–319.

6. Арыстан Е., Абжалелов Б.Б. // Динамика состава ингредиентов в верхнем и нижнем течении воды реки Сырдарьи и влияние ее на организм человека. Международная студенческая экологическая конференция 2009, Новосибирск. 30 октября – 1 ноября.

**Д.Е. Борисков, А. А. Кузьмин, Н.А. Комарова, М.А. Давыдова,
С.Ю. Ефремова**

Пензенский государственный технологический университет, Россия

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОГО ДИАТОМИТА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ СТОЧНЫХ ВОД, СОДЕРЖАЩИХ ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ

Исследованы процессы физико-химического модифицирования диатомита Ахматовского месторождения Пензенской области. Построены изотермы адсорбции, получены количественные характеристики величин адсорбции ионов меди на поверхности модифицированных сорбентов. Показана принципиальная возможность использования диатомитов для очистки высококонцентрированных сточных вод, загрязненных тяжелыми металлами.

Ключевые слова: диатомит, модифицирование, адсорбент, очистка, сточные воды, тяжелые металлы.

В последние десятилетия значительно возрос интерес исследователей к разработке новых методов и материалов для удаления опасных загрязнителей из сточных вод. Загрязнение тяжелыми металлами, особенно отходами гальванического производства – наиболее значимая проблема для водной среды, ввиду своей высокой токсичности [1].

В настоящее время для очистки сточных вод гальванического производства применяют комплекс мер, включая дорогостоящие электрохимические. Поэтому в современных экономических условиях приоритет должен быть отдан таким методам очистки, которые, будучи эффективными, опирались бы на использование недорогого местного сырья.

В последнее время диатомиты привлекли к себе внимание химиков, специализирующихся в области адсорбционных нанотехнологий [1, 2, 6]. Поскольку диатомиты представляют собой отложения панцирей микроскопических диатомовых водорослей, обладающих большой площадью поверхности, то они могут обладать высокой адсорбционной активностью [4]. В качестве объекта исследований был выбран диатомит Ахматовского месторождения Пензенской области, химический состав и свойства диатомита приведены в работе [2]. Исходя из литературных данных, природные диатомиты обладают достаточно высокой сорбционной способностью, изменение и модификация поверхностных слоев может существенно увеличить сорбционную емкость [1,4].

Модификация диатомита проводилась 1N HCl (кислотная активация); 1N NaOH (щелочная активация) в течение 1 часа. По истечении указанного времени образцы промывались дистиллированной водой, нейтрализовались

примерно до рН равное 7, высушивались при комнатной температуре, до состояния воздушно-сухого вещества. Термическая активация проводилась путем нагрева природного просеянного и промытого диатомита в муфельной печи в течение 3 часов при температуре 440-460·С [4].

Измерение концентрации меди в суспензиях проводилось методом потенциометрии. Изучение сорбционных процессов на адсорбентах проводилось по стандартной методике [4]. По формуле (1) рассчитывались величины адсорбции, по которым строились изотермы адсорбций для 1 и 24 контакта адсорбента с адсорбатом.

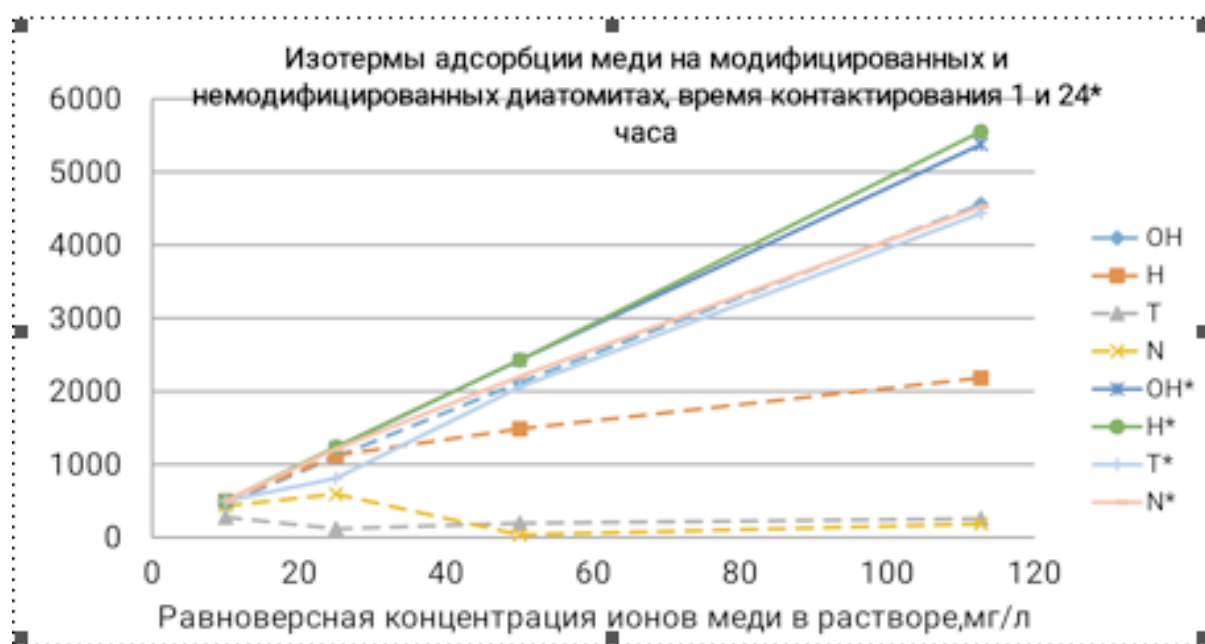
$$(1) \quad A = \frac{(C_0 - C_1) \cdot V_{p-ра}}{m_{адсорб}} [\text{мг/кг}]$$

Результаты исследований представлены в таблице.

Адсорбция (А) и степень поглощения (α) на диатомите ионов меди Cu^{+2} ,
масса адсорбента = 0,002 кг, $V_{p-ра}=0,1$ л

Тип модификации диатомита	C_0 (мг/л)	1 час	1 час	24 часа	24 часа	1 час	24 ч.
		C_1 (мг/л)	A (мг/кг)	C_1 (мг/л)	A (мг/кг)	α , %	α , %
1.«Щелочной» ОН	10,0	0,7564	462,18	0,0241	498,79	93,2	99,7
2.«Кислотный» Н	10,0	0,0079	499,64	0,00105	499,95	99,9	99,9
3.«Термический» Т	10,0	4,4416	277,92	0,0450	497,75	55,0	99,5
4.«Природный» N	10,0	1,5324	432,38	0,0295	498,53	84,6	99,7
1.«Щелочной»	25,0	2,92	1104,0	0,428	1228,6	88,3	98,3
2.«Кислотный»	25,0	2,52	1124,0	0,238	1238,1	89,9	99,1
3.«Термический»	25,0	22,6	120,0	8,81	809,5	9,9	67,7
4.«Природный»	25,0	13,12	594,0	0,75	1212,5	45,9	96,9
1.«Щелочной»	50,0	7,588	2120,6	1,46	2427	84,0	97,1
2.«Кислотный»	50,0	20,292	1485,4	1,44	2428	59,4	97,1
3.«Термический»	50,0	46,092	195,4	8,81	2059	7,4	82,4
4.«Природный»	50,0	49,251	37,45	5,93	2203	1,4	88,1
1.«Щелочной»	112,7	21,52	4559,0	5,17	5376,5	80,9	95,4
2.«Кислотный»	112,7	69,05	2182,6	1,66	5552,0	38,7	98,5
3.«Термический»	112,7	107,55	257,5	24,59	4433,5	5,1	78,0
4.«Природный»	112,7	132,55	185	22,14	4528,1	0	80,3

Исследования показали, что практически во всех случаях диатомиты, модифицированные щелочью и кислотой, давали лучшие результаты по сравнению с не модифицированным образцами. Активация щелочами приводит к растворению аморфного кремния, высвобождает гидроксильные группы, что в конечном итоге увеличивает число активных сорбционных центров, что в целом подтверждает литературные данные [3-6]. Особенно значимо это проявилось в случае минимального (1 час) контакта адсорбента с адсорбатом, что показано на рисунке.



Изотермы адсорбции меди, время контактирования 1 и 24 часа

Кислотная активация приводит к растворению соединений железа, высвобождает микро и нано поры, что в конечном итоге также приводит к увеличению сорбционной активности [3, 5], при этом адсорбционное равновесие достигается значительно дольше. Графики зависимостей представлены на рисунке.

Немодифицированный природный диатомит обладает значительной сорбционной активностью по отношению к ионам меди, особенно в области низких концентраций адсорбата, при увеличении концентрации ионов меди в растворах происходит снижение сорбционной активности, особенно при малом времени контактирования. (таблица 1)

Диатомиты после щелочной и кислотной активации имеют примерно равную адсорбционную способность и степень поглощения ТМ, особенно при длительном времени контактирования, в отличие от термического и природного диатомита, что дает основание предположить возможность использования такой активации диатомита и для поглощения и других металлов, не только меди, но и свинца, кадмия.

Учитывая, что гальванические стоки, содержащие медь, кадмий и другие ТМ, имеют рН значительно меньше 7, можно предположить, что диатомит, активированный кислотами, будет иметь большую адсорбционную емкость, по сравнению со всеми остальными. Активные центры щелочного диатомита вследствие нейтрализации кислотными

стоками, скорее всего, будут нейтрализованы и могут потерять свою активность.

На основании полученных данных можно заключить, что любая химическая модификация как щелочная, так и кислотная, приводит к увеличению сорбционной способности диатомита по отношению к ионам тяжелых металлов по сравнению с природными не модифицированными образцами.

Результаты исследований позволяют сделать вывод о предпочтительном использовании кислотной модификации диатомита в случае использования кислотных стоков и продолжительного контакта адсорбента с адсорбатом по сравнению с другими исследованными методами активации.

Химически модифицированные сорбенты характеризуются достаточно высокими значениями степени извлечения от 80% до 99% в зависимости от исходной концентрации.

Литература

1. Климов, Е.С. Природные сорбенты и комплексоны в очистке сточных вод / Е. С. Климов, М.В. Бузаева. - Ульяновск: УлГТУ, 2011.- 201 с.
2. Борисков Д.Е., Блинохватов А.А. Диатомиты Пензенской области и их использование в качестве универсальных сорбентов при очистке воды для нужд пищевой промышленности // Инновационная техника и технология. Пенза, Изд-во «Фролов Дмитрий Иванович» 2018. № 1(14), С. 47-49
3. Клочков Е.П. Модифицирование природных минеральных систем для очистки воды от радионуклидов / Е.П. Клочков, В.И. Павленко, П.В. Матюхин, А.В. Ястребинская // Современные проблемы науки и образования. 2012. №6. С. 32-35.
4. Лисин С.А. Модифицирование биогенного кремнезема и пути его использования: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата химических наук: 03.00.16 / Казань, 2004, 23 с.
6. Максатова, А.М. Физико-химические основы получения адсорбента на основе диатомита / А.М. Максатова, А.И. Везенцев, М.О. Михайлюкова, Л.А. Калашникова // Вестник современных исследований. - 2017. - №7-1(10).-С. 162-169.

Ю.А. Вишнякова, В.А. Волков, И.Н. Мельников, Л.Н. Ольшанская

Саратовский государственный технический университет имени
Гагарина Ю.А., Россия

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЙ ОГNETУШАЩИЙ СОСТАВ

Представлены этапы работ по созданию ресурсосберегающего огнетушащего состава с эксплуатационными характеристиками, превышающими известные аналоги, сконструирован и изготовлен промышленно-экспериментальный модуль для составления композиций из ингредиентов морозоустойчивого огнетушащего состава и ингибитора коррозии.

Ключевые слова: огнетушащий состав, коррозия, ингибитор коррозии, защита металлических сооружений, температура замерзания.

В настоящее время известны различные виды огнетушащих составов. Так, например, из авторского свидетельства SU 865303 (МПК-3: А 62 D 1/02, опубл. 23.09.1981) известен состав пенообразователя, включающий анионное поверхностно-активное вещество, воду и добавку - смесь хлорида кальция и хлорида магния, - при следующем соотношении компонентов в весовых %: ПАВ - $0,75 \div 2,2$ вес.%; хлорид кальция - $0,02 \div 0,12$ вес.%; хлорид магния - $0,005 \div 0,04$ вес.%; вода - остальное. В результате добавления в состав смеси хлорида кальция и хлорида магния сокращается время тушения пожара, минимизируются затраты огнетушащего состава, что в целом повышает огнетушащую эффективность состава.

Цель - разработать огнетушащий состав с противоморозной добавкой, содержащий ингибитор коррозии и компоненты, обеспечивающие высокую эффективность тушения возгораний за счет образования высоко кратной пены для объектов нефтяной и газовой промышленности.

Задачей является создание на поверхности горения устойчивой теплоизолирующей водной пленки, за счет создания высоко кратной воздушно-механической пены, препятствующей поступлению кислорода из атмосферы к очагу возгорания и испарению летучих веществ с горячей поверхности в окружающее пространство. При этом огнетушащий состав должен обладать антикоррозионными свойствами, храниться и эксплуатироваться без снижения огнетушащей эффективности в широком диапазоне низких температур от $+35$ до -55°C .

Результатом будет являться повышение эффективности тушения очагов возгорания высоко кратной пеной и сокращение времени тушения

возгорания при хранении и использовании пенообразующего состава в условиях низких температур (до -55°C) как на горизонтальных, так и на вертикальных поверхностях за счет образования стабильной охлаждающей теплоизолирующей водяной пленки и повышения гидростатической стойкости пены, а также повышение антикоррозионных свойств огнетушащего состава за счет введения ингибитора коррозии.

Из описания к авторскому свидетельству SU 1780774 (МПК-5: А 62 D 1/00, опубл. 15.12.1992) известен состав для тушения пожаров, содержащий гидратированный хлорид магния. Повышение огнетушащей эффективности в известном решении достигается за счет использования водорастворимых полярных жидкостей (спирты, эфиры, гликоли, амины) для растворения бишофита (природная кристаллическая соль, содержащая 88-99% $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).

Данный состав обладает высокой огнетушащей эффективностью, однако его нельзя использовать для тушения пожаров в условиях низких температур. Кроме того, вследствие образования крайне неустойчивой пленки происходит поступление окислителя из окружающей среды к поверхности горения. В результате этого не исключено повторное возгорание. Следует отметить, что при повышении содержания в известном составе уксуснокислого аммония, влияющего на морозоустойчивость и коррозионную активность огнетушащего состава, происходит снижение устойчивости пены и, соответственно, снижается огнетушащая эффективность генерируемой пены.

Наиболее близким к предлагаемому является огнетушащий состав (Патент RU 2290240 A62D1/02. Огнетушащий состав), который содержит гидрат хлорида магния в виде водного раствора и пленкообразующий пенообразователь на водной основе при следующем соотношении компонентов в объемных процентах от общего объема огнетушащего состава: водный раствор гидрата хлорида магния - $85 \div 88\%$, пленкообразующий пенообразователь на водной основе - остальное. При этом содержание хлорида магния в огнетушащем составе составляет $15 \div 25$ вес.% от общего количества огнетушащего состава. Настоящая разработка обеспечивает повышение эффективности тушения очагов возгорания низко кратной пеной и сокращение времени тушения возгораний, как на горизонтальных, так и на вертикальных поверхностях при хранении пенообразующего состава в условиях низких температур. Однако данное изобретение имеет ряд недостатков:

1) использование низко кратной пены на основе фторорганических кислот, например, «ПО-6А3F», «Легкая вода», «Sthamex-AFFF» не обеспечивает необходимого сокращения времени тушения возгораний;

2) предлагаемый пенообразующий состав не может быть использован в условиях низких температур (ниже -35°C) Крайнего Севера при возникновении возгораний на объектах газонефтедобычи.

В качестве пленкообразующего пенообразователя на водной основе могут использоваться пенообразователи на основе лауретсульфат натрия (анионное ПАВ) и оксид лаурамина (неионогенное ПАВ), например, «Fairy», и другие подобные пенообразователи (с содержанием 10-15% лауретсульфат натрия, 3-5% оксид лаурамина, 5-7% пропиленгликоль, остальное вода).

При тушении возгораний, предлагаемый состав из резервуара через пенообразователь подается на очаг возгорания. Образующаяся пена создает на горячей поверхности защитный слой, предотвращающий поступление кислорода к поверхности горячей жидкости. К тому же эта пленка способствует охлаждению поверхности очага возгорания, а гидрокарбонат натрия, вследствие термического разложения, выделяет углекислый газ. Процесс гашения пламени интенсифицируется и, соответственно, сокращается время тушения пожара.

За счет ПАВ создается высоко кратная воздушно-механическая пена, позволяющая эффективно подавлять очаги возгорания за счет устойчивого пленкообразования на поверхности горения и прекращения доступа кислорода. Использование водного раствора гидрокарбоната натрия приводит к его термическому разложению с выделением углекислого газа, позволяет предотвратить дальнейшее протекание окислительно-восстановительной реакции и прекращению пожара. Кроме того, использование водного раствора гидрокарбоната натрия, сахарозы и ПАВ в указанных соотношениях снижает температуру замерзания раствора, что, несомненно, важно при хранении состава в условиях низких температур. Данные ингредиенты также являются ингибиторами коррозии, что позволяет увеличить срок службы резервуаров (емкостей) с огнетушащим составом на водной основе.

Из полученных предварительных экспериментальных данных следует, что разрабатываемый огнетушащий состав будет обладать высокой эффективностью пожаротушения при длительном хранении в условиях низких температур (до -55°C) и может использоваться в средствах пожаротушения различного назначения для тушения возгораний

легковоспламеняющихся жидкостей и иных горючих материалов в различных климатических условиях.

Литература

1. Гвоздюк Е.Д. Коррозионная стойкость нержавеющей стали в растворах кислот и солей / Е.Д. Гвоздюк, А.Г. Ермошин, И.Н. Мельников // Современные тенденции развития науки и технологий. 2017.- № 1-2. -С. 62-64.
2. Жевагина Д.А. Коррозионная активность растворов солей натрия / Д.А. Жевагина, А.Г. Ермошин, И.Н. Мельников // Современные тенденции развития науки и технологий. 2017. № 1-2. С. 64-66.
3. Мизякина Е.Д. Воздействие растворов кислот на углеродистую сталь // Е.Д. Мизякина, А.Г. Ермошин, И.Н. Мельников // Современные тенденции развития науки и технологий. 2017. № 1-2. С. 75-76.
4. Соколова А.С. Коррозия углеродистой стали в растворах огнетушащих веществ // А.С. Соколова, А.Г. Ермошин, И.Н. Мельников // Современные тенденции развития науки и технологий. 2017. № 1-2. С. 77-78.
5. Коррозионная стойкость углеродистой стали / М.В. Большакова, А.Г. Ермошин, И.Н. Мельников, С.Я. Пичхидзе // Наука молодых - будущее России: сборник научных статей международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых: в 3 томах. Ростов –н-Д: Юго-Западный государственный университет, 2016. Т. 1.-С. 110-112.
6. Неверо А.С. Ликвидация пожара огнетушащим составом с антифризом. А.С. Неверо, И.Н. Мельников, О.Д. Муктаров // Юридическая наука и практика: традиции и новации: сборник статей Международной научно-практической конференции, 2016. С. 112-113.

Д.В. Гильмаев, Э.С. Насырова

**ФГБОУ ВО Уфимский государственный авиационный
технический университет, Россия**

ЭРОЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

В статье рассмотрены основные виды эрозий на территории Республики Башкортостан. Проанализирована площадь земель, подверженных эрозионным процессам в 2018 г.

Ключевые слова: ветровая эрозия, водная эрозия, береговая эрозия

Эрозия – это разрушение почвы потоками воды и ветра, представляющий собой отрыв и вынос частей почв. Различают несколько видов эрозии:

1) Ветровая эрозия – это одна из главных причин изменения рельефа некоторых видов территорий, возникает из-за разрушающего и сильного ветра.

2) Водная эрозия – возникает из-за воздействия на почву различных видов вод. Данный вид делится на подгруппы:

– капельная эрозия – разлом почвы под воздействием ударов капель дождя;

– плоскостная эрозия – смыл поверхностной части почв со склонов, процесс происходит из-за подвижного слоя воды;

– линейная эрозия – отличается от плоскостной тем, что возникает на мелких участках земли: глубинная (донная) – разъединение дна водоемов и боковая – береговое разрушение.

Основным фактором, который способствует развитию эрозионных процессов, является рельеф. В географическом плане Республика Башкортостан (РБ) охватывает горную систему и характеризуется сложным устройством рельефа и почвенно-климатическими условиями. Указанные особенности данной территории способствуют быстрому развитию эрозионных процессов. 64,4% площади пахотных земель Башкирии подвержено ветровой и водной эрозии разной степени, в связи с этим необходима разработка и применение противозерозионной системы.

Другой причиной развития эрозии на территории республики является бурная деятельность рек Белая и Уфа. Площадь этих рек занимает большую часть территории РБ [1]. Смыл почв возникает при наклоне поверхности пашни на 1 градус и больше. В то время как на территории РБ большая часть пашен находятся под уклоном от 1 до 5 градусов. Данные по площади эрозионных пахотных земель в РБ по зонам, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Площадь эрозионных пахотных земель в РБ [2]

Природно-сельскохозяйственные зоны	Площадь пашни, тыс. га			По степени эрозионности, тыс. га					
	Всего	Эрозионных		Слабая		Средняя		Сильная	
		тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%
Северная лесостепь	844	532	63	415	49	109	19	7	1
Северо-восточная лесостепь	346	262	76	221	64	38	11	3	1
Южная лесостепь	856	410	48	351	41	53	6	6	1
Предуральская лесостепь	1567	1098	64	876	56	202	13	19	1
Зауральская степь	442	335	76	290	65	16	4	28	7
Горнолесная зона	78	61	78	34	43	12	15	15	19
Всего по республике	4188	2670	64	2189	52	430	10	79	2

Из таблицы 1 видно, что наибольшая по площади эрозионная зона в предуральской лесостепи, наименьшая в горнолесной зоне. Наибольшая площадь с сильной степенью эрозионности наблюдается в зауральской степи, наименьшая площадь в северо-восточной лесостепи. В процентах от общей площади, эрозионные процессы занимают больше всего горнолесную зону, затем зауральскую степь и северо-восточную лесостепь. Меньше всего эрозионным процессам подвержена южная лесостепь.

Активность проявления речной (боковой) эрозии можно разделить на три вида:

- высокая ($>0,3$ м/год) – с. Сейтяково на р. Кигазы – 0,3 м;
- средняя (0,2 м/год) – д. Утягулово на р. Касмарка; д. Нижний Сарабиль на р. Большая Сурень; д. Старые Киешки, с. Ира на р. Белая; с. Иглино на р. Белекес;
- слабая ($< 0,1$ м/год) – с. Юнны (0,1 м) на р. База; с. Бакалы (0,0 м), д. Пенькозавода (0,1 м) на р. Сюнь, г. Стерлитамак (0,1 м) на р. Стерля; с. Тазларово (0,1 м), д. Старомещерово (0,0 м), д. Новомещерово (0,1 м) на р. Ай; г. Бирск (0,1 м), п. Мелькомбинат (0,0 м) на р. Белая.

В таблице 2 приведены данные о скорости размыва речных берегов, из которых следует, что скорость размыва речных берегов по всей территории Республики Башкортостан в основном слабая (0,0-0,1 м/год), но есть участки с высокой скоростью размыва речных берегов ($>0,3$ м/год), это д. Утягулово и с. Сейтяково.

Таблица 2

Скорость размыва речных берегов на участках РБ

Участок	Река	Активность процесса, м/год
с. Юнны	р. База	0,0
с. Бакалы	р. Сюнь	0,1
с. Узунларово	р. Инзер	0,0-0,1
г. Стерлитамак	р. Стерля	0,0-0,1
с. Ира	р. Белая	0,1-0,2
д. Утягулово	р. Касмарка	0,5
г. Бирск	р. Белая	0,1
д. Новомещерово	р. Ай	0,0
д. Старомещерово	р. Ай	0,1
с. Нижегородка	р. Дема	0,0-0,1
д. Чебыково	р. Шады	0,0-0,1
с. Сейтяково	р. Кигазы	0,1-0,6
с. Иглино	р. Белекес	0,0-0,2
г. Сибай	р. Узяк	0,0-0,1
г. Уфа (Ленинский район)	р. Сухая	0,1

Эрозионные процессы, в большей части, распространены в северо-восточной части Республики Башкортостан, там они охватывают более половины природно-сельскохозяйственной зоны и имеют разные степени

эрозионности. Меньшая часть эрозий наблюдается на юге республики, тем не менее, они также имеют слабые, сильные и средние степени эрозионности. Площадь эрозионных почв по республике составляет 5,6 млн. га. В общем, Башкирия за счет своего расположения и своего климата, является отличным местом для образования и распространения эрозионных процессов, что обуславливает необходимость разработки противоэрозионных мероприятий.

Литература

1. Елизарьев А.Н., Фашевская Т.Б., Красногорская Н.Н. Комплексная оценка антропогенной деградации речных экосистем. Количественный аспект: монография. Уфа: Полиграфсервис, 2008. 290 с.
2. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2018 г.

Ю.А. Изюмов, Ю.В. Черненко

Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А., Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИКОНИЧЕСКИХ ГИДРОЦИКЛОНОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОКОВ АВТОМОЕК

В статье предлагается совершенно новая конструкция гидроциклона позволяющая повысить качество очистки, производительность, обладающая значительно меньшими затратами на очистку по сравнению с существующими аналогами.

Ключевые слова: очистка сточных жидкостей, станции мойки автомобилей, гидроциклоны.

В современном мире вопросу очистки сточных вод уделяют большое значение, так как очищенную воду применяют в бытовых, хозяйственных целях и на многих производственных предприятиях.

Существует много способов очистки жидкости, среди которых, очистка жидкости с помощью гидроциклона (рис. 1).

Гидроциклон представляет собой аппарат, предназначенный для сгущения шламов и продуктов флотации. Гидроциклон традиционно состоит из цилиндрической и конической частей. В процессе очистки действуют две основные силы: центробежная сила и сила тяжести. В зависимости от размера гидроциклона и давления на входе, он способен очищать жидкость от твердых частиц в широком диапазоне крупности вплоть до 5 микрон.

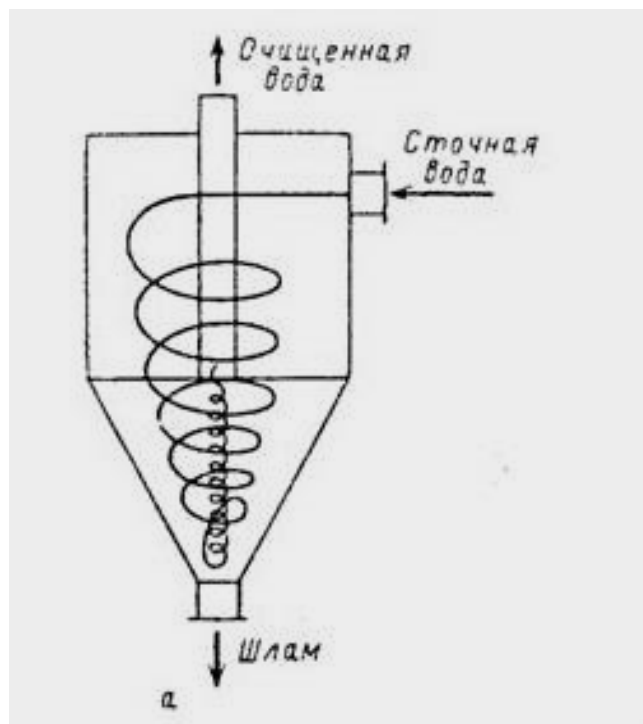


Рис. 1. Схема традиционного гидроцилона.

Применение гидроциклонов на автомойках объясняется малыми габаритами, высокой производительностью и низкими энергозатратами. Однако, существующая конструкция имеет ряд существенных недостатков, а именно, если спроецировать силы тяжести и силы инерции на стенку конической части, оказывается, что они направлены навстречу друг другу, что препятствует продвижению твердых частиц к выходному отверстию.

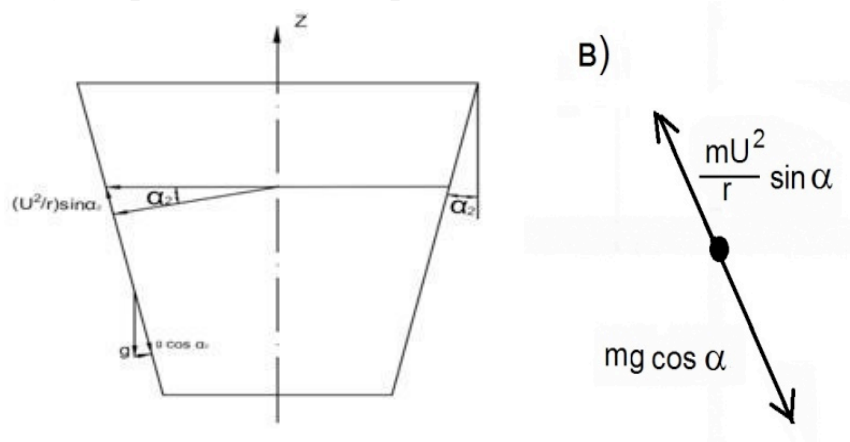


Рис. 2. Распределение сил в гидроциклоне.

Для устранения данного недостатка предлагается конструкция, в которой традиционно сужающаяся коническая часть заменена, наоборот, расширяющейся частью, что позволит использовать центробежные силы не во вред, как в существующих гидроциклонах, а с полезным воздействием на выводимые частицы.

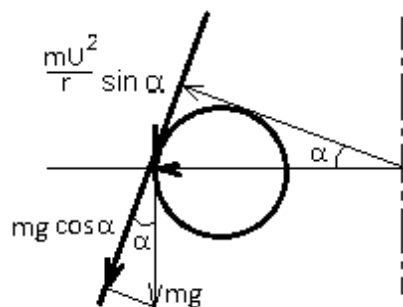


Рис. 3. Распределение сил в биконическом гидроциклоне.

Поэтому для увеличения степени очистки жидкостей предлагается использовать биконический гидроциклон.

Устройство состоит из двух конических расширяющихся корпусов и, имеющих общую ось и обращённых друг к другу симметрично широкими основаниями с образованием канала для вывода взвеси из гидроциклона.

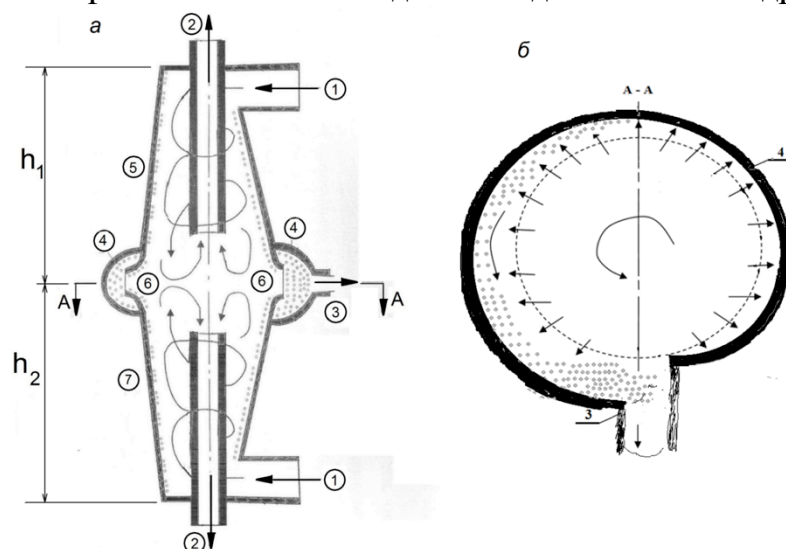


Рис. 4. Биконический гидроциклон.

Питание гидроциклона осуществляется следующим образом. К узкой части корпуса тангенциально присоединены питающие патрубки круглого или прямоугольного сечения.

Оригинальным конструктивным элементом, в данной модели, является система отвода осадков.

Процесс очистки происходит следующим образом. Очищаемая жидкость поступает в гидроциклон через входные патрубки (1), приобретая круговое движение движется в центр гидроциклона, где осветленная жидкость отводится с помощью отводных патрубков (2), а загрязненные частицы удаляются с помощью спиралеобразного канала (4).

Для ускорения продвижения отделяемых частиц к выходу предлагается устраивать входной патрубок не нормально к оси гидроциклона, а под некоторым углом α .

$$\alpha = \arctg \frac{h}{2\pi r} \quad (1)$$

где h – высота входного патрубка,

r – радиус крышки корпуса.

Предложенные изменения конструкции гидроциклона позволят повысить его производительность и качество очистки.

Литература

1. Оценка конструктивного оформления гидроциклонов [Электронный ресурс] / И. В. Викторов, Л. И. Высоцкий // Международный студенческий научный вестник. - 2016. - № 3, ч. 1. - С. 23-26.
2. М.М. Башаров, О.А. Сергеева “Устройство и расчет гидроциклонов” Учебное пособие
3. Совершенствование очистки сточных вод станций мойки автомобилей [Электронный ресурс] / Л. И. Высоцкий, П. Н. Бутенко, В. И. Викторов // Техническое регулирование в транспортном строительстве. - 2015. - № 3 (11). - с.

**И.А. Казаринов¹, М.О. Мещерякова¹, М.В. Годяева¹,
О.В. Турковская², В.В. Олискевич³, И.Г. Остроумов³**

¹ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский
государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», Россия

²ФГБУН «ИБФРМ РАН», г. Саратов, Россия

³ООО «НИИТОНиТБ», г. Саратов, Россия

БИОКОНВЕРСИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ СТОЧНЫХ ВОД В ЭЛЕКТРИЧЕСТВО С ПОМОЩЬЮ МИКРОБНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Сточные воды, содержащие органические вещества – потенциальные объекты переработки, из которых можно получать биоэнергию и биохимикаты. Очистка сточных вод с помощью микробных топливных элементов (МТЭ) является одной из биологических стратегий обработки промышленных и сельскохозяйственных сточных вод. В работе показан алгоритм оптимизации биоэлектрохимических систем электрод – субстрат – бактериальные клетки для разработки технологии биоконверсии сточных вод, содержащих органические вещества, в электроэнергию с помощью микробных топливных элементов.

Ключевые слова: микробные топливные элементы, конверсия сточных вод в биоэнергию, микробные электрохимические технологии.

Сокращение зависимости от ископаемого топлива и снижение загрязнений – это основные тенденции, заставляющие человечество искать новые источники энергии. Обработка сточных вод – область, в которой две эти цели могут быть совмещены.

Промышленные сточные воды, например, от отраслей пищевой промышленности и пивоваренных заводов, сельскохозяйственные сточные воды от животноводческих ферм являются идеальным сырьём для биообработки, поскольку они содержат высокие уровни легко деградируемого органического материала, что приводит к экономической выгоде даже когда требуется подогревание жидкости. Кроме того, они уже имеют высокое содержание воды, что исключает необходимость её добавления. Такие сточные воды – потенциальные объекты переработки, из которых можно получать биоэнергию и биохимикаты. Восстановление энергии и ценных продуктов могло бы частично скомпенсировать стоимость обработки сточных вод и несколько уменьшить нашу зависимость от ископаемого топлива.

Есть несколько биологических стратегий обработки промышленных и сельскохозяйственных сточных вод [1, 2]:

- 1) микробные топливные элементы (МТЭ);
- 2) метаногенное анаэробное ферментативное расщепление;
- 3) биологическое производство водорода;
- 4) ферментация для получения ценных продуктов.

Три из представленных выше стратегий обработки сточных вод приводят к выработке биоэнергии (электричество, метан, водород), а четвёртая – к ферментативному получению биохимикатов.

Целью данной работы является моделирование процесса очистки сточных вод с помощью медиаторных и безмедиаторных микробных топливных элементов, а также оценка эффективности микроорганизмов, используемых в качестве биокатализатора в процессе биоэлектрохимического окисления различных модельных субстратов в нейтральных средах.

Микробные топливные элементы представляют собой устройства, которые используют определённого типа микроорганизмы в качестве катализаторов для генерации электричества [3, 4]. Микроорганизмы для выработки электроэнергии могут использоваться в четырёх типах МТЭ [3].

1. В микробных топливных элементах косвенного действия микробный биореактор отделён от собственно топливного элемента.

2. В микробных топливных элементах прямого действия процесс микробиологической ферментации протекает непосредственно в анодном отсеке топливного элемента.

3. Медиаторные микробные топливные элементы также относятся к микробным топливным элементам прямого действия. В них медиаторы электронного переноса переносят электроны между микробной

биокаталитической системой и электродом. Молекулы медиатора принимают электроны от цепи биологического переноса электронов микроорганизмов и переносят их к аноду биотопливного элемента.

4. В безмедиаторных микробных топливных элементах металловосстанавливающие бактерии напрямую обеспечивают работу микробного топливного элемента.

Одним из важнейших достоинств биотопливных элементов является то, что они представляют собой экологически чистые источники электрической энергии. Они работают в умеренных условиях – при температуре и давлении окружающей среды.

Массоперенос играет важную роль в электрохимических реакциях. В ферментативном электрокатализе проблемы массопереноса начали привлекать внимание исследователей в связи с изучением кинетики действия ферментов и микроорганизмов в электрохимических системах.

Гетерогенные превращения на границе раздела фаз (частным случаем которых являются биоэлектрохимические реакции) состоят из нескольких последовательных стадий, среди которых обязательными являются: перенос реагирующих веществ к месту реакции, собственно гетерогенного превращения, и отвод продуктов реакции от реакционной поверхности. В микробном электрокатализе такая схема существенно усложняется, так как основной проблемой является вывод заряда из клетки и доставка его к поверхности электрода.

Оптимизация технологии биоконверсии органических стоков определяется, прежде всего, природой деградируемого органического вещества, под которое подбирается соответствующая биоэлектрохимическая система, которая, в свою очередь, оптимизируется по составу микроорганизмов, природе медиаторов и материалам электродов. Именно этот алгоритм используется и при создании микробных топливных элементов.

В работе [5] нами было показано, что при окислении глюкозы с помощью клеток *Escherichia coli* в присутствии редокс-медиаторов метиленового синего, нейтрального красного и галлоцианина наиболее эффективными медиаторами в биоэлектрохимической системе глюкоза – медиатор - *Escherichia coli* являются метиленовый синий и галлоцианин. При этом установлено, что процесс окисления метиленового синего на биоаноде протекает в режиме смешанного диффузионно-кинетического контроля, а процесс окисления галлоцианина – в режиме диффузионной кинетики.

Сравнительное изучение биоэлектрохимического окисления глюкозы в нейтральных средах с помощью микроорганизмов *Escherichia coli* и *Enterobacter cloacae* в присутствии медиатора метиленового синего показало, что электрохимическая реакция восстановления метиленового синего из клеток *Escherichia coli* и *Enterobacter cloacae* протекает в режиме

диффузионной кинетики. Значения коэффициентов диффузии метиленового синего через клеточные мембраны приведены в таблице 1.

Таблица 1

Клетки	$D_{cp} \cdot 10^7, \text{см}^2/\text{с}$
<i>Escherichia coli</i>	4.51 ± 0.24
<i>Enterobacter cloacae</i>	1.26 ± 0.38

Из полученных данных видно, что значения коэффициентов диффузии метиленового синего в представленных экспериментах зависят от природы бактериальной суспензии, используемой в качестве катализатора процесса окисления глюкозы. Это свидетельствует о том, что мы наблюдаем внутридиффузионный контроль, т. е. лимитирующей стадией является перенос медиатора через наружную мембрану бактериальной клетки. Значение коэффициента диффузии метиленового синего в свободном объеме раствора составляет $(1.3 \pm 0.1) \cdot 10^{-6} \text{ см}^2/\text{с}$ [6].

В качестве микроорганизмов, способных к прямому переносу электронов на анод исследовались бактерии *Shewanella xiamenensis*. В качестве субстратов были выбраны растворы глюкозы, сахарозы и лимонной кислоты, как модели сточных вод от пищевой промышленности.

В таблице 2 приведены результаты интегрирования потенциостатических кривых анодного окисления различных субстратов на вращающемся дисковом электроде в рабочем электролите, содержащем $1 \cdot 10^{-2}$ моль/л субстрата и 5 мг вл. веса/мл клеток *Shewanella xiamenensis* ($\omega = 1000$ об/с; $E = +0.400$ В) с медиатором метиленовым синим и без медиатора.

Таблица 2

Субстрат	$Q, \text{мКл}/\text{см}^2$	
	Без медиатора	С медиатором
Лимонная кислота	$0,88 \pm 0,04$	$1,03 \pm 0,041$
Глюкоза	$1,88 \pm 0,08$	$2000 \pm 0,08$
Сахароза	$2,53 \pm 0,10$	$2400 \pm 0,10$

Из полученных данных видно, что введение медиатора не влияет на характер анодного процесса, катализируемого клетками *Shewanella xiamenensis*, т.е. в данном случае имеет место прямая передача электронов от клеток на электрод.

Сравнительный кинетический анализ показал, что клетки *Shewanella xiamenensis* являются менее эффективным биологическим катализатором процесса окисления глюкозы по сравнению с микроорганизмом *Escherichia coli* на медиаторном аноде.

При решении практических задач для повышения эффективности очистки стоков от органических веществ необходима оптимизация биоэлектрохимической системы по концентрации бактериальных клеток

Shewanella xiamenensis, либо нужно вести поиск новых клеток, в том числе и других клеток рода *Shewanella*.

Литература

1. Largus T. Angenent, Khursheed Karim, Muthanna H. Al-Dahhan. Production of bioenergy and biochemicals from industrial and agricultural wastewater // *TRENDS in Biotechnology*. 2004. Vol. 22, № 9. P. 478–485.
2. Казаринов И. А., Мещерякова М. О., Карамышева Л. В. Конверсия органических отходов в электрическую энергию с помощью микробных электрохимических технологий // *Электрохимическая энергетика*. 2016. Т. 16, № 4. С. 207–225. DOI: <https://doi.org/10.18500/1608-4039-2016-16-4-207-225>
3. Казаринов И. А. Введение в биологическую электрохимию. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2012. 216 с.
4. Katz E., Shipway A. N., Willner I. Handbook of fuel cells – Fundamentals, Technology and Application / Eds. W. Vielstich, H. A. Gasteiger, A. Lamm. London, 2003. Vol. 1. 355 p.
5. Казаринов И. А., Игнатова А. А., Наумова М. Н. Кинетика электрокаталитического окисления глюкозы бактериальными клетками *Escherichia Coli* в присутствии экзогенных медиаторов // *Электрохимия*. 2014. Т. 50, Вып. 1. С. 97-101.
6. Наумова М. Н., Мещерякова М. О., Турковская О.В., Казаринов И. А. Сравнительное изучение кинетики биоэлектрохимического окисления глюкозы в нейтральных средах с помощью микроорганизмов *Escherichia coli* и *Enterobacter cloacae* // *Электрохимическая энергетика*. 2015. Т. 15, № 3. С. 130-135.

А.В. Косарев, Д.Ю. Адушева

Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ НИЗКО- И СРЕДНЕАКТИВНЫХ ЖИДКИХ РАО

Нами предлагается модель системы контейнерного хранения низко- и среднеактивных жидких РАО, представляющая собой подземный резервуар с полостью между стенками, заполненными экранирующим веществом (борная кислота), внутри которого помещены капсулы, изготовленные из железобетона, содержащие свинцовые контейнеры с концентрированным радиоактивным отходом. Сверху вывод контейнерной системы закрыт заглушкой. Преимущество данной системы в том, что она позволяет подбирать экранирующее вещество в зависимости от природы и активности радиоактивного отхода, а также варьировать концентрацию вещества-поглотителя в случае его применения в виде раствора.

Ключевые слова: радиоактивные отходы, контейнер, хранение, математическая модель

В настоящее время возрастает актуальность системы складирования и переработки низко- и среднеактивных жидких РАО. Это связано с функционированием системы атомной энергетики, а также транспорта и промышленных систем. К РАО промышленные отходы, содержащие радиоактивные нуклиды техногенного происхождения, то есть образованные в результате деятельности предприятий оборонного и иного вида атомной промышленности, предприятий ядерного топливного цикла, атомных электростанций, при эксплуатации судов атомного флота, при производстве и использовании радиоизотопной продукции, а также при радиационных авариях.

В настоящее время существует широкий спектр систем для хранения РАО. Их краткая характеристика приведена в таблице.

Таблица

Вид отхода	Способ утилизации	Достоинства	Недостатки
Отходы с низким и средним уровнем радиоактивности.	Трансмутация	Некоторые отдельные классы радионуклидов могут быть повторно использованы; Гарантирует долгосрочную безопасность на долгие годы.	Исследования и развития требует крупных вложений; Внедрение концепции разделения и трансмутации займет десятки лет, но так и не справится с окончательной переработкой ОЯТ.
	Окончательное захоронение	Существует возможность долгосрочного прогнозирования состояния РАО; Благодаря барьерным системам РАО будут изолированы от окружающей среды и человека; Геологические барьеры будут обеспечивать безопасность хранилищ даже в случае утечки информации о них; Вероятность производственных происшествий и выброса радиации значительно снижается за счет геологических слоев; Низкое воздействие внешних фак-в (терроризм,	Нет гарантий, что барьеры будут функционировать долго (один миллион лет) и надежно; Будет ограничена сфера деятельности последующих поколений;

		землетрясения)	
	Захоронение в глубоких геологических формациях	Радиоактивные отходы расположены далеко от окружающей среды, залегая глубоко в недрах земли; Все отходы низкого и среднего уровней радиоактивности соответствуют требованиям такого вида захоронения;	Нельзя гарантировать правильное стабильное функционирование барьеров в течение требуемого времени.
	Приповерхностное захоронение РАО	Благодаря содержанию короткоживущих радионуклидов уже через несколько столетий будет гарантирована долгосрочная безопасность; Приповерхностное захоронение более доступно; Относительно простое наблюдение за отходами.	В случае нарушения хранилища радионуклиды беспрепятственно попадут в поверхностные воды; Опасность нарушения из-за возможных землетрясений или серьезного внешнего воздействия; Захоронению могут быть подвергнуты только отходы, содержащие короткоживущие радионуклиды.

Нами предлагается модель системы контейнерного хранения низко- и среднеактивных жидких РАО (рис.), представляющая собой подземный резервуар с полостью между стенками, заполненными экранирующим веществом (борная кислота), внутри которого помещены капсулы, изготовленные из железобетона, содержащие свинцовые контейнеры с концентрированным радиоактивным отходом. Сверху вывод контейнерной системы закрыт заглушкой.

Преимущество данной системы в том, что она позволяет подбирать экранирующее вещество в зависимости от природы и активности радиоактивного отхода, а также варьировать концентрацию вещества-поглотителя в случае его применения в виде раствора.

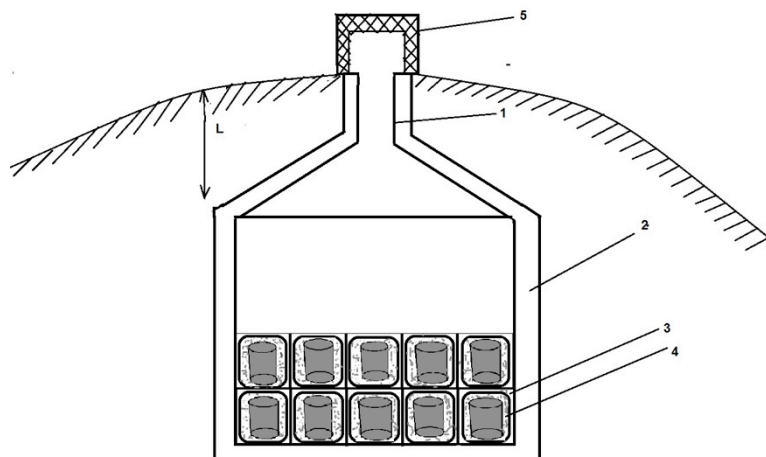


Рисунок 1. Контейнер для хранения низко- и среднеактивных жидких РАО

1 - Вытяжная система, 2 - резервуар с оболочкой содержащей H_2Br_3 ,
3 - железобетонная капсула, 4 - свинцовый контейнер с РАО, 5 – заглушка

Изменение эквивалентной дозы H излучения испускаемого источника, находящегося в контейнере, зависит от его толщины следующим образом

$$\frac{dH}{dR} = -\rho H^2 \quad (1)$$

где ρ - коэффициент защитную функцию хранирующего материала

Чтобы установить вид зависимости $H(R)$ решим дифференциальное уравнение (1):

$$\frac{dH}{H^2} = -\rho dR \quad (2)$$

Интегрируя уравнение (2) получаем:

$$-\left(\frac{1}{H} - \frac{1}{H_0}\right) = -\rho R \quad (3)$$

где H_0 – эквивалентная доза в отсутствии экрана; H – эквивалентная доза при наличии экрана

Преобразовывая соотношение (3) получаем:

$$-\frac{1}{H} + \frac{1}{H_0} = -\rho R \quad (4)$$

Откуда следует:

$$-\frac{1}{H} = -\frac{1}{H_0} - \rho R \quad (5)$$

Обе части уравнения (5) на (-1) получаем:

$$\frac{1}{H} = \frac{1}{H_0} + \rho R \quad (6)$$

$$b = \frac{1}{H_0}$$

Как видим из соотношения (6) величина H снижается с увеличением радиуса, а величина $\frac{1}{H}$ соответственно возрастает (рис.2).

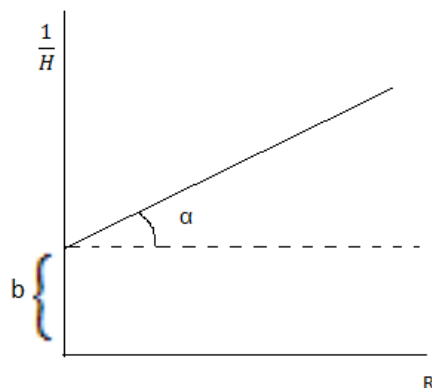


Рисунок2. Зависимость величины эквивалентной дозы H от толщины R экрана.

Как видим из рис (2) величина H_0 вертикально пропорциональна вертикальной отсечке b т.е.,

$$\frac{1}{H} = \frac{1}{H_0} \Big|_{R=0} \quad (7)$$

а величина ρ определяется по соотношению:

$$\rho = \tan \alpha \quad (8)$$

где α - угол наклона зависимости $\frac{1}{H}$ от R .

Таким образом, нами разработана модель контейнера для хранения низко- и среднеактивных жидких РАО, основанная на варьировании эффективности экранирующего действия путем подбора вещества экрана и изменения его концентрации в растворенном состоянии.

Литература

1. Ключников А.А. Радиоактивные отходы АЭС и методы обращения с ними /Ключников А.А., Пазухин Э. М., Шигера Ю. М.-М.: Книга, 2008.- 485с.
2. Вольфганг Нойман Утилизация ядерных отходов в европейском союзе: рост объемов и никакого решения/ Вольфганг Н.-М.: Гроза. – 2011 г. – 68 с.

А.В. Кошелев, Е.И. Тихомирова, О.В.Атаманова

Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А., Россия

ЭКОЛОГИЧНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОЧВ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ БЕЗ ТРАНСПОРТИРОВКИ НА ПОЛИГОН

В статье описан способ рекультивации техногенно загрязненных почв на территории объектов накопленного экологического ущерба, в частности, по утилизации опасных отходов, без вывоза на полигон. Явное преимущество предложенной технологии, помимо отсутствия транспортировки, также заключается в экологичности метода. Детоксикация строительных материалов и грунта осуществляют методом выщелачивания в специальном котловане. Дно формируют с уклоном в сторону коллектора с колодцем для сбора сточных вод и системой их дальнейшей подачи на станцию водоочистки.

Ликвидация зданий, строений или иных объектов, прямо или косвенно негативно влияющих на окружающую среду, осуществляется строго в соответствии с требованиями охраны окружающей среды. Обязательно должны проводиться мероприятия по восстановлению природной среды, природных ресурсов, обеспечению экологической безопасности. Нарушенные земли – это земли, утратившие первоначальную хозяйственную ценность в связи с их техногенным использованием и являющиеся источником отрицательного воздействия на окружающую среду.

Рекультивация земель – это комплекс работ по восстановлению состава и свойств нарушенной почвы, а также улучшения окружающей среды. На территории Российской Федерации рекультивация нарушенных земель выполняется согласно ГОСТ 17.5.3.04-83 [1, 2]. Данная процедура необходима, в первую очередь, для приведения содержания опасных и высокотоксичных веществ к нормам ПДК в почве в соответствии с гигиеническими нормативами РФ, а также восстановления плодородия земель. По степени опасности в санитарно-эпидемиологическом отношении почвы разделяются на несколько категорий: «чистая», «допустимая», «умеренно опасная», «опасная», «чрезвычайно опасная» [3, 4]. Оценка химического загрязнения почвы в соответствии с этими категориями представлена в таблице.

K_{\max} – максимальное значение допустимого уровня содержания элемента по одному из четырех показателей вредности.

Z_c – расчет проводится в соответствии с методическими указаниями по гигиенической оценке качества почвы [3, 4].

Оценка степени химического загрязнения почвы [1,2]

Категория загрязнения	Суммарный показатель загрязнения (Z _c)	Содержание в почве (мг/кг)			
		I класс опасности		II класс опасности	
		органические соединения	неорганические соединения	органически е соединения	неоргани ческие соединения
Чистая	-	От фона до ПДК	От фона до ПДК	От фона до ПДК	От фона до ПДК
Допустимая	<16	От 1 до 2 ПДК	От 2 фон. знач. до ПДК	От 1 до 2 ПДК	От 2 фон. знач. до ПДК
Умеренно опасная	16-32	-	-	-	-
Опасная	32-128	От 2 до 5 ПДК	От ПДК до K _{max}	От 2 до 5 ПДК	От ПДК до K _{max}
Чрезвычайно- опасная	>128	>5 ПДК	>K _{max}	>5 ПДК	>K _{max}

Суммарный показатель (Z_c) характеризует степень химического загрязнения почв и грунтов обследуемых территорий вредными веществами.

Согласно российскому законодательству ограничено использовать на рекультивируемой территории умеренно опасные и опасные загрязненные почвы для отсыпки выемок и котлованов с перекрытием слоем чистого грунта разрешено [4].

Отходы, получаемые во время уничтожения зараженных зданий и сооружений, относятся к токсичным отходам, их захоронение предусмотрено на специальных полигонах. Почва категории «чрезвычайно опасная» несет высокую экологическую угрозу окружающей среде и должна быть вывезена на специализированный полигон, либо подвергнуться санации (очистке) с выделением загрязняющего компонента на месте. Удаление с техногенной территории значительного количества загрязненных почв осложняется двумя причинами: отсутствием полигонов захоронения токсичных промотходов в большинстве регионов Российской Федерации и высокой стоимостью транспортировки токсичных отходов.

Способ санации техногенных объектов методом выщелачивания (промывания, экстракции) без вывоза отходов на полигон — это извлечение отдельных составляющих твердого материала с использованием растворителя (рисунок), основанное на способности извлекаемого вещества растворяться лучше, чем остальные компоненты [5].

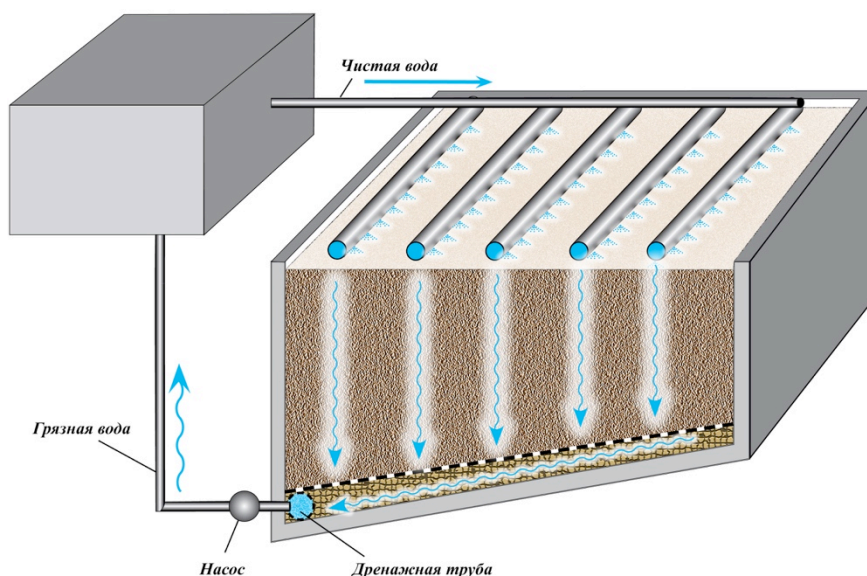


Рисунок – Санация загрязненных грунтов и строительных материалов методом выщелачивания

Предлагаемое изобретение позволит полностью обеззаразить строительные материалы и грунт при ликвидации последствий деятельности объектов по хранению и уничтожению химического оружия, производству химического оружия и высокотоксичных веществ, а также осуществить рекультивацию прилегающей территории без вывоза на специализированные полигоны. Разбор зданий и сооружений (включая фундамент) осуществляется механически с минимальным выбросом пыли за счет водного пылеподавления. Фрагменты конструкций измельчают в стандартных дробильных установках до конечного размера не более 20-40 мм. Полученный щебень складировается на площадке с гидроизолирующим покрытием. Прилегающая к зданию зараженная почва извлекается и размещается на этой площадке.

Полигон по детоксикации строят на месте полученного при изъятии грунта и строительных конструкций котлована. Стены выравниваются, дно закладывается с уклоном в одну сторону, гидроизолируются. По нижней грани котлована устраивают коллектор и сборный колодец. На дно ровным слоем укладывается щебень в качестве дренажа, а выше – загрязненный грунт. Уровень уложенного и выровненного грунта должен быть на 20 см ниже уровня окружающей почвы. Поверх уложенного грунта по всей площади собирается система орошения. Рядом с котлованом размещается временная станция водоочистки, в которой готовится раствор для выщелачивания загрязнителей из почвы и щебня, а также осуществляется очистка сточных (продуктовых) вод. Процесс выщелачивания проводят специально подобранным растворителем путем непрерывного пролива содержимого котлована, при этом растворитель с загрязнителем и механическими примесями проходит многоступенчатую

очистку на станции водоподготовки и после корректировки состава вновь подается на систему орошения до достижения безопасного уровня концентрации загрязнителя.

Литература

1. ГОСТ 17.5.3.04-83 «Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель».
2. ГОСТ 17.5.1.01-83 «Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения».
3. СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. - 16 с.
4. МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест: Методические указания. - М.: Минздрав России, 1999. - 43 с.
5. Кучное и подземное выщелачивание металлов. Под редакцией С. Н. Волощука, М., 1982, - с.113.

Г.В. Лобкова

Саратовский государственный технический университет имени
Гагарина Ю.А., Россия

ПРИМЕНЕНИЕ ГИСТОХИМИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ НИКЕЛЯ В ТКАНЯХ *RAPHANUS SATIVUS*

Изучена возможность использования гистохимического метода для определения способности *Raphanus sativus* накапливать никеля в тканях вегетативных органов. Установлено, что основная масса металла локализуется в ризодерме, коре и эндодерме корня.

Ключевые слова: гистохимический метод, дитизон, зона всасывания корня, стебель.

Ежегодно в природные среды поступает огромное количество различных химических веществ, из которых значительная часть приходится на тяжелые металлы (ТМ), в результате чего возникают серьезные экологические проблемы, связанные с накоплением опасных отходов и загрязнением природной среды. В этой связи одной из важнейших задач экологии растений является изучение ответной реакции последних на действие ионов тяжелых металлов, что имеет важное значение в вопросах понимания механизмов адаптации и устойчивости растений к ТМ. По ряду причин растения способны накапливать их в больших количествах. Именно поэтому проблема компартментации металлов в растениях является определяющей при изучении их токсического действия и механизмов устойчивости. Растения накапливают ТМ в клеточных оболочках и

вакуолях, кроме того, существуют барьерные ткани, ограничивающие передвижение ряда тяжелых металлов [1]. Поступая в клетки, они реагируют с функциональными группами белков и других соединений, что может являться одним из механизмов детоксикации.

Цель работы состояла в выявлении с помощью гистохимического метода зоны накопления никеля в вегетативных органах проростков *Raphanus sativus*.

В экспериментах использовали откалиброванные семена *Raphanus sativus* сорт «Заря», которые перед проведением экспериментов помещали, для обеззараживания, на 10-20 минут в 1%-ный раствор перманганата калия, а затем отмывали водой. Далее семена проращивали в емкостях со стерилизованным кварцевым песком при поливе дистиллированной водой. Через 5-6 дней после прорастания здоровые однородные проростки переносили по 10 штук в горшки со специально подготовленным грунтом. После двухдневного периода адаптации растения начинали поливать растворами ацетата никеля в концентрациях 5,00, 2,50, 1,25, 0,62, 0,31, 0,15, 0,07, 0,03 мг/л, приготовленными последовательным разбавлением дистиллированной водой. Эксперимент проводился в трехкратной повторности в течение 14 дней.

На первом этапе исследований измеряли длину корней. Установлено, что ацетат никеля ингибирует рост корней, особенно сильно это выражено у растений поливаемых растворами с концентрацией 0,15 и 0,3 мг/л. При этом при концентрации 5,0 мг/л длина корней приблизилась к контрольным значениям. Возможно, это связано с тем, что ионы никеля в больших концентрациях образуют объемные гидратированные частицы, которые не способны проникнуть внутрь клеток корневых волосков.

Для определения локализации никеля в растениях готовили микропрепараты поперечных срезов корня на разных расстояниях от апекса и стебля на разных расстояниях от оснований, которые помещали на предметное стекло в 3-4 капли дитизона [2]. Метод основан на способности дитизона, образовывать с металлами нерастворимые соли, которые окрашиваются в характерный красный цвет. Степень накопления никеля определяли с помощью микроскопа МикМед-1 по интенсивности окрашивания срезов в процентном отношении к контролю.

В ходе гистохимических исследований локализации никеля в растительных тканях было установлено, что основная масса металла накапливается в корнях *Raphanus sativus*, а в стебли он проникает в незначительных количествах (табл.).

Площадь среза окрашенная дитизоном, %

Местоположение среза	Концентрация растворов, мг/л							
	0,03	0,07	0,15	0,31	0,62	1,25	2,50	5,00
зона всасывания корня	~1	~2	~5	~7	~8	~10	~15	~18
зона растяжения корня	~15	~18	~20	~25	~30	~35	~40	~50
надземная часть	~1	~1	~3	~5	~5	~10	~10	~15

Максимальное накопление никеля наблюдается в верхней части корня над зоной всасывания (корневых волосков). При этом в основном, металл локализуется в ризодерме, коре и эндодерме корня. Структурные особенности клеток этих тканей ограничивают поступление токсичных ионов в сосуды ксилемы, а, следовательно, и в надземные органы растения. При этом эндодерме с поясками Каспари отводится основная барьерная роль в корне.

У всех исследуемых растений содержание никеля в корне напрямую зависело от концентрации растворов ацетата никеля, которыми поливались растения – чем выше концентрация последних, тем выше она в тканях корня [3].

В надземной части *Raphanus sativus* никель в основном сосредоточен в проводящих тканях – в трахеидах и члениках сосудов, в относительно небольшом количестве, что указывает на существование защитного барьера в переходной зоне между корнем и надземной частью растения. Содержание никеля в верхней части растения колеблется в пределах 3-15%. В других тканях и частях растений содержание дитизонатов не установлено.

Изучение локализации тяжелых металлов в растительных тканях и их передвижения по тканям важно для выявления растений способных интенсивно извлекать из почвы тяжелые металлы без вреда для себя. Для исследований необходимо вовлекать новые виды растений для выявления среди них быстро растущих с высокой биомассой и высокой способностью к аккумуляции тяжелых металлов.

Литература

1. Серегин И. В., Кожевникова А. Д. Роль тканей корня и побега в транспорте и накоплении кадмия, свинца, никеля и стронция // Физиология растений. 2008. Т. 55, № 1. С. 3-26.
2. Серегин И.В., Иванов В.Б. Гистохимические методы изучения распределения кадмия и свинца в растениях // Физиология растений. 1997. Т. 44. С. 915-921.
3. Серегин И.В., Кожевникова А.Д., Казюмина Е.М., Иванов В.Б. Токсическое действие и распределение никеля в корнях кукурузы // Физиология растений. 2003. Т. 50. С. 793–800.

Н.О. Милютина¹, Н.А. Аверьянова², Н.А. Политаева³

¹Санкт-Петербургский государственный университет,

²АО «Автопарк №1 «Спецтранс», Санкт-Петербург,

³Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Россия

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ЛИТИФИКАТА, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ ФИЛЬТРАТА ПОЛИГОНА ТКО

Существующие технологии очистки фильтрата включают в себя комплекс различных способов обработки фильтрата и являются дорогостоящими. Представлена технология утилизации фильтрата методом перевода его в твердый продукт – литификат. Представлен анализ ИК-спектров литификата. Также была исследована поверхность образцов на электронном растровом микроскопе.

Ключевые слова: полигоны ТКО, фильтрат, утилизация фильтрата, литификат, ИК-спектроскопия.

В настоящее время в России подавляющее большинство (90%) твердых коммунальных отходов (ТКО) складировается на оборудованных полигонах ТКО и свалках. В ходе биогеохимических реакций в теле полигона под действием внешних (физических) и внутренних (химических и биологических) факторов происходит трансформация отходов. В результате образуются продукты: твердые, жидкие – фильтрационные воды и газообразные – биогаз. Продукты преобразования отходов определяют загрязняющее действие полигонов на объекты окружающей среды. Несмотря на соблюдение защитных мероприятий при эксплуатации полигонов, они остаются источниками загрязняющих веществ даже после закрытия полигонов [1-3].

Фильтрат полигонов ТКО содержит повышенные концентрации загрязнений органического и минерального происхождения, тяжелые металлы, и обширный список загрязняющих соединений. В результате просачивания фильтрата через изолирующие слои в почву, поверхностные и грунтовые воды происходит загрязнение источников воды и почвы. В связи с этим необходимо применение технологий очистки полигонного фильтрата [4].

Химический состав фильтрата изменяется со временем существования полигонов и подразделяется условно на «молодой» и «старый». «Молодой» фильтрат формируется на начальных стадиях эксплуатации полигона через 2-7 лет захоронения ТКО, его продолжительность 5-10 лет. Такой вид фильтрата отличается средним значением pH, высоким содержанием аммонийного азота и железа,

высокими значениями ХПК и БПК; состав органических соединений включает в себя летучие органические кислоты жирного ряда. «Старый» фильтрат выделяется в основном после закрытия полигона. Значения ХПК и БПК снижаются, содержание сульфатов, хлоридов и гидрокарбонатов также уменьшается, при этом содержание аммонийного азота остается неизменным, а рН достигает значения 8,5 [5].

Сложность проблемы очистки фильтрата от загрязняющих веществ состоит в том, что на практике не существует эффективного универсального способа, позволяющего достигнуть санитарных норм по всем присутствующим соединениям. Поэтому применяются различные способы очистки: механические (отстаивание, фильтрация, сепарация), химические (нейтрализация, коагуляция), сорбционные, биологические (аэробные и анаэробные), электрохимические (электролиз, электрокоагуляция, электродиализ), мембранные (ультрафильтрация и обратный осмос), озонирование, фотохимическое окисление с использованием различных окислителей [5-7]. Как правило, каждый из способов подходит для очистки от определенных загрязнителей, поэтому для достижения высокой степени обработки фильтрата необходимо комбинировать существующие технологии. При этом в результате образуется токсичный осадок, относящийся к 3-му классу опасности, который подлежит повторному захоронению.

Известен способ обработки многокомпонентных жидких отходов, заключающийся в смешении жидких отходов со связующей добавкой и последующем захоронении полученной смеси. При этом в качестве связующей добавки используют сланцевую золу, а полученную смесь выдерживают до отверждения в течение не менее 240 часов [8]. Недостатком данной технологии является необходимость захоранивать полученный продукт.

Следует отметить, что сланцевая зола характеризуется очень сложным химическим составом и в зависимости от типа сланцев может включать оксиды: кальция - до 70%, калия - до 10%, кремния - до 30%, алюминия - до 10%, магния - до 5%, железа - до 6%, натрия - до 2% [9]. При таком составе сланцевую золу можно отнести к высокоосновной смеси на основе силикатов с высоким содержанием щелочноземельных металлов, что широко используется в технологии вяжущих.

Сотрудниками АО «Автопарк №1 «Спецтранс» были проведены работы по модификации описанной технологии перевода загрязненной жидкости в твердый продукт. В основе компонентного состава литификата, полученного из фильтрата полигона ТКО «Новый Свет-ЭКО», лежит сланцевая зола, однако, использование дополнительных химических реагентов позволяет получить продукт, который может быть использован повторно, например, в качестве дренажного слоя при рекультивации полигона. Данный способ обработки фильтрата является перспективным,

т.к. кроме решения проблемы утилизации токсичного фильтрата, он включает в себя возможность повторного использования полученного продукта непосредственно на объекте утилизации.

Анализ содержания подвижных форм тяжелых металлов в литификате не выявил превышения над ПДК для почв (ГН 2.1.7.2041-06). Далее был проведен анализ химического состава литификата методом инфракрасной спектроскопии. Запись ИК - спектров производилась на ИК - Фурье-спектрометре ФТ-801, с приставкой НПВО с элементом НПВО из селенида цинка. При анализе проводили 2 параллельных эксперимента. Инфракрасные спектры сняты в среднем инфракрасном диапазоне от 500 до 5000 см^{-1} . Результаты исследований представлены на рисунке 1.

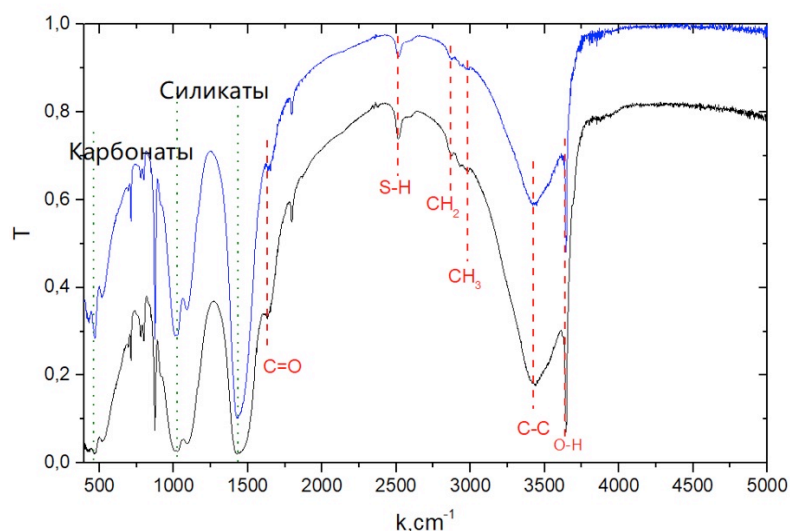


Рис. 1. ИК-спектры снятые на ГС в области от 500 до 5 000 см^{-1}

По рисунку 1 видно, что в ИК-спектре твердых образцов, полученных из фильтрата ТКО, присутствуют полосы поглощения, характерные для карбонатов и силикатов, что соответствует теоретическим выкладкам, основанным на химическом составе исходных компонентов литификата. Интересным являются валентные колебания –ОН группы. Гидроксильные группы являются потенциальными функциональными группами, которые образуют комплексы с ионами тяжелых металлов в процессе хемосорбции.

Учитывая полученные данные было проведено исследование поверхности образцов на растровом электронном микроскопе JSM 7001F (JEOL, Япония), оснащенном системой энергодисперсионного детектора для проведения рентгеноспектрального микроанализа INCA PentaFETx фирмы Oxford Instruments (England). Режим получения фото: вторичные электроны, ток пучка 12 пкА, ускоряющее напряжение - 5кэВ. Результаты представлены на рисунке 2.

Микроструктурный анализ показал наличие пористой поверхности, что предполагает механизм физической адсорбции ионов тяжёлых металлов в поры литификата.

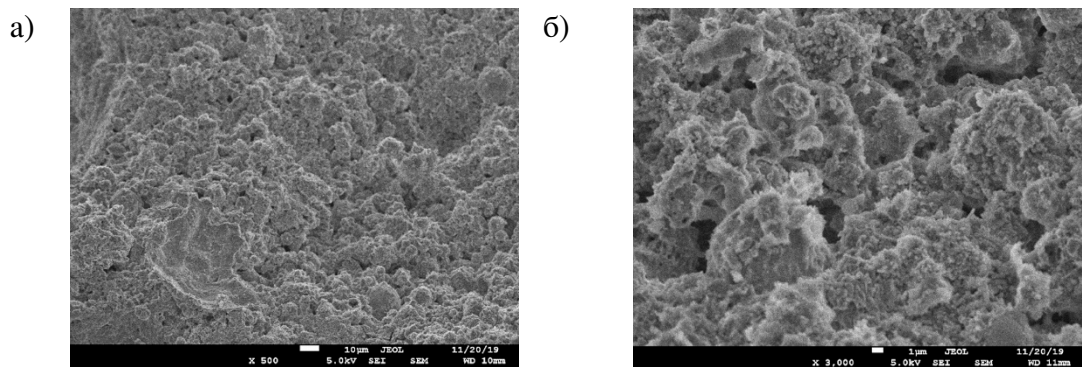


Рис. 2. Микроструктура поверхности литификата: а) x 500; б) x 3000

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что продукт литификации фильтрата ТКО может проявлять сорбционные свойства за счет наличия пористой поверхности материала и наличия активных групп –ОН. Это исследование является актуальным, т.к. в разработке схемы рекультивации полигонов с использованием продуктов трансформации отходов предполагается использование литификата в качестве дренажного слоя, поверх которого будет устраиваться плодородный слой, полученный из органической фракции ТКО и содержащий в себе ионы тяжелых металлов, которые могут сорбироваться подстилающим слоем из продукта литификации фильтрата.

Литература

1. Гуман О.М., Долинина И.А. Гидрогеохимическая модель полигона ТБО // Известия УГГГА. Сер.: Геология и геофизика. Вып. 18. 2003. С. 262-273.
2. Подлипский И.И. Полигоны бытовых отходов как объекты геологического исследования // Вестник СПбГУ. Сер. 7. Геология. География. 2010. №1. С. 15-31.
3. Федоров П. М., Негуляева Е. Ю., Покровская Е. Р. Исследование и моделирование биохимических процессов, происходящих в полигонах твердых бытовых отходов // Комплексная переработка твердых бытовых отходов - наиболее передовая технология: Сборник трудов. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. С. 62-71.
4. Ильиных Г.В., Слюсарь Н.Н., Коротаев В.Н., Вайсман Я.И., Самутин Н.М. Исследования состава твердых бытовых отходов и оценка их санитарно-эпидемиологической опасности // Гигиена и санитария. 2013. №1. С. 53-55.
5. Вайсман Я.И. Управление отходами. Полигонные технологии захоронения твердых бытовых отходов. Рекультивация и постэксплуатационное обслуживание полигона. Пермь: изд-во ПНИПУ, 2012. 243 с.
6. Анфимова Ю.В., Глушанкова И.С. Фильтрат: технологии очистки // Твердые бытовые отходы. 2008. №2. С. 26-31.
7. Гонопольский А.М., Николайкина Н.Е., Миташова Н.И., Мурашов В.Е., Кушнир К.Я. Многостадийная технология очистки фильтрата полигонов твердых бытовых отходов // Вода: химия и экология. 2008. №2. С. 25-30.
8. Патент №2155738. А.И. Козлов, М.Г. Новиков, Е.Г. Семин. Способ обработки многокомпонентных жидких отходов и система для его осуществления. 30.11.1999 г.

**А.З. Миндубаев¹, Э.В. Бабынин², Е.К. Бадеева²,
С.Т. Минзанова², Й.А. Акосах³**

¹ООО «Инновационные технологии детоксикации», Казань,

²Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова
КазНЦ РАН,

³ГАОУ ВПО Казанский (Приволжский) федеральный университет

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ВЕЩЕСТВА ПЕРВОГО КЛАССА ОПАСНОСТИ – БЕЛОГО ФОСФОРА

Нами впервые произведены посевы микроорганизмов в культуральные среды, содержащие белый фосфор в качестве единственного источника фосфора. В данных средах микроорганизмы росли и не испытывали фосфорное голодание. Это первый в мире пример включения белого фосфора в биосферный круговорот элемента фосфора. Самая высокая концентрация соответствует превышению ПДК белого фосфора в сточных водах в 5000 раз!

Ключевые слова: биodeградация, белый фосфор, *Aspergillus niger* AM1.

Биodeградация является одним из наиболее важных методов обезвреживания промышленных стоков, обогащенных неприродными веществами самых разнообразных классов, в том числе очень токсичными [1]. Главное преимущество биodeградации заключается в том, что при ее использовании в окружающую среду не вносятся новые химические загрязняющие агенты. На рисунке 1 продемонстрирована показательная схема усвоения токсичного биоцида в метаболическом пути, демонстрирующая совершенство биохимии микроорганизмов и изображенная на основе литературных источников [2].

Представленный на рисунке процесс является убедительным примером биodeградации. Окисление метана, который сам является продуктом микробного метаболизма [3] до метанола осуществляется метанотрофными бактериями [4]. Синтез серина, фруктозы или трехуглеродных сахаров из метанола и формальдегида осуществляется некоторыми метилотрофными бактериями и дрожжами.

Одностадийное включение токсичного ксенобиотика формальдегида (метанола) в состав сахаров, липидов и аминокислот, является, пожалуй, наиболее показательным примером биodeградации. Это является весомым фундаментальным аргументом в пользу возможности биodeградации даже самых опасных веществ, таких, как объект нашего исследования белый фосфор [5].

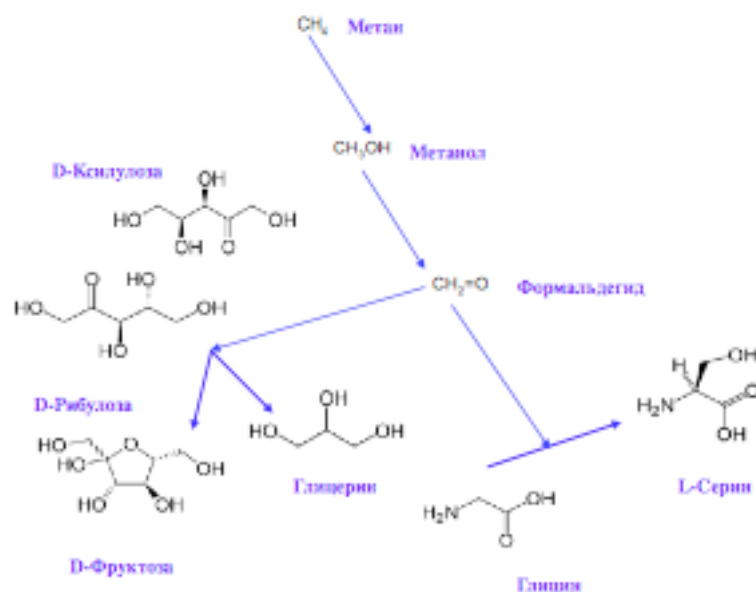


Рис. 1. Включение метанола и формальдегида в состав сахаров, аминокислот и липидов в одну стадию (Рисунок А.З. Миндубаева)

Нами впервые произведены посевы микроорганизмов в культуральные среды, содержащие белый фосфор в качестве единственного источника фосфора [6]. В данных средах микроорганизмы росли и не испытывали фосфорное голодание (рис. 2). Это первый в мире пример включения белого фосфора в биосферный круговорот элемента фосфора. Самая высокая концентрация соответствует превышению ПДК белого фосфора в сточных водах в 5000 раз, а в водах хозяйственно-бытового назначения – в сто миллионов раз [7]!

Для генетической идентификации гриба, метаболизирующего белый фосфор и отнесенного к виду *Aspergillus niger*, была определена нуклеотидная последовательность его регионов ITS1 и ITS2. Сравнение полученной последовательности с последовательностями базы данных GenBank с помощью системы BLAST, позволяет идентифицировать данный микроорганизм, как новый штамм *A. niger*. Ему мы присвоили номер *A. niger* AM1. Нуклеотидная последовательность штамма опубликована в базе данных GenBank, где ей присвоен номер KT805426.

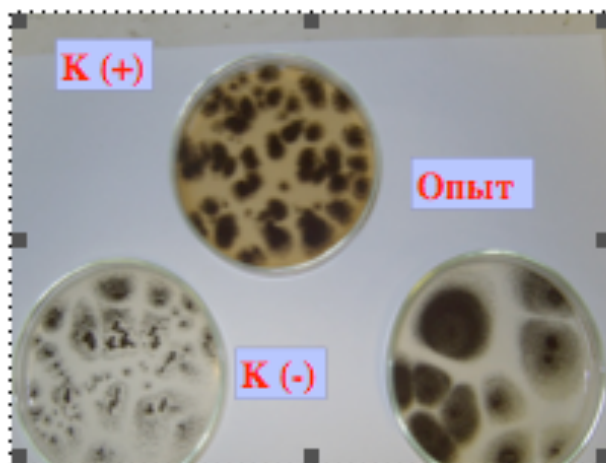


Рис. 2. Посев устойчивых грибов

A. niger. К(+)⁺ – среда с фосфатом: наблюдался рост 49 спорообразующих колоний *A. niger*. К(-)⁻ – среда без источника фосфора: в ней наблюдался рост 33 ослабленных колоний. Опыт – среда с 0.05% белого фосфора: наблюдался рост 11 крупных спорообразующих колоний *A. niger*. Чашки сфотографированы через шесть суток после посева.

Посев *A. niger* AM1 в среду, содержащую сразу два источника фосфора (фосфат и белый фосфор) продемонстрировал, что Р₄ не проявляет токсические свойства по отношению к этому микроорганизму. В присутствии белого фосфора он растет с такой же скоростью, как в его отсутствии. Это единственный пример отсутствия выраженной токсичности белого фосфора для живого организма.

Проведена оценка генотоксичности белого фосфора при помощи SOS-lux теста, которая продемонстрировала ее наличие [8]. Этот результат получен впервые – во всех найденных нами источниках сообщается об отсутствии генотоксических свойств у белого фосфора. Белый фосфор проявляет слабую мутагенную активность.

Литература

1. Миндубаев А.З. Кто съел полиэтилен? // Наука и жизнь. 2018. № 4. С. 32-38.
2. Yurimoto H., Kato N., Sakai Y. Assimilation, Dissimilation, and Detoxification of Formaldehyde, a Central Metabolic Intermediate of Methylophilic Metabolism // The Chemical Record. 2005. Vol. 5. No.6. P. 367-375. DOI: 10.1002/tcr.20056
3. Миндубаев А.З., Белостоцкий Д.Е., Минзанова С.Т., Миронов В.Ф., Алимова Ф.К., Миронова Л.Г., Коновалов А.И. Метаногенез: Биохимия, Технология, Применение // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2010. Т.152. Кн.2. С.178-191.
4. Tinberg C.E., Lippard S.J. Oxidation reactions performed by soluble methane monooxygenase hydroxylase intermediates H_{peroxo} and Q proceed by distinct mechanisms // Biochemistry. 2010. Vol. 49. P. 7902-7912. DOI: 10.1021/bi1009375.
5. Миндубаев А.З., Волошина А.Д., Валидов Ш.З., Яхваров Д.Г. Биodeградация белого фосфора // Природа. 2017. № 5. С. 29-43.

6. Миндубаев А.З., Акосах Й.А., Алимова Ф.К., Афордоаны Д.М., Болормаа Ч., Кагиров Р.М., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г., Яхваров Д.Г. О разложении белого фосфора осадком сточных вод // Учен.зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2011. Т.153. № 2. С.110-119.

7. Миндубаев А.З., Волошина А.Д., Бабынин Э.В., Бадеева Е.К., Хаяров Х.Р., Минзанова С.Т., Яхваров Д.Г. Микробиологическая деградация белого фосфора // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. № 1. С. 33-37. DOI: 10.18412/1816-0395-2018-1-33-37

8. Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Бадеева Е.К., Пискунов Д.Б., Махиянов А.Н., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г., Волошина А.Д. Генотоксичность и цитогенетическое действие белого фосфора // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2019. Т.9. №1. С. 81-94. DOI: <http://dx.doi.org/10.21285/2227-2925-2019-9-1-81-94>

**Над. В. Никитина¹, И. А. Казаринов², Нат. В. Никитина²,
В.В. Олискевич¹, И.Г. Остроумов¹**

¹ООО «Научно-исследовательский институт технологий органической, неорганической химии и биотехнологий»

²ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г.Чернышевского»

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО БЕНТОНИТА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИХ АНИОНОВ

Методов для очистки сточных вод существует много, но наиболее эффективными и чаще используемыми являются адсорбционные методы. Достоинством этих методов является высокая эффективность, возможность очистки сточных вод содержащих несколько загрязняющих веществ. Эффективность адсорбционной очистки достигает порядка 90% и зависит от химической природы сорбента, величины сорбционной поверхности и её доступности, от химического строения вещества и химической формы его нахождения в водной среде.

В качестве сорбентов могут выступать различные материалы, но с экономической точки зрения наиболее целесообразно использовать природные глинистые минералы и алюмосиликаты. Особое место в ряду природных алюмосиликатов занимают бентониты, которые являются дешёвыми и экологически чистыми материалами.

Данное исследование посвящено разработке технологии получения сорбентов для очистки водных объектов различного назначения от кислородсодержащих анионов, основанной на направленном модифицировании природного бентонита полигидроксокатионами металлов методами «золь-гель» и «соосаждения».

В качестве объектов исследования выступали следующие образцы:

1 – природный бентонит Даш-Салахлинского месторождения (Республика Азербайджан);

2 – природный бентонит Саригюхского месторождения (Республика Армения);

1-О – бентонит, отождённый при температуре 550° С в течение 1 часа;

Fe_5-зг, Al_5-зг – бентонит, модифицированный полигидроксокатионами железа(III)/алюминия по методу «золь-гель» (5 ммоль [Me³⁺]/г бентонита);

Fe_5-О-зг; Al_5-О-зг – бентонит, модифицированный по методу «золь-гель» (5 ммоль [Me³⁺]/г бентонита) и отождённый при температуре 550°С в течение 1 часа;

Fe_5-с; Al_5-с – бентонит, модифицированный полигидроксокатионами железа(III)/алюминия по методу «соосаждения» (5 ммоль [Me³⁺]/г бентонита);

Fe_5-ГО-с; Al_5-ГО-с – бентонит модифицированный полигидроксокатионами железа(III)/алюминия по методу «соосаждения» (5 ммоль [Me³⁺]/г бентонита), гранулированный и отождённый при температуре 550°С в течение 1 часа.

Результаты рентгенофазового анализа исходных образцов бентонитов показали, что основным минералом в их составе является монтмориллонит (рис. 1). На рентгеновских дифрактограммах монтмориллонит диагностируется наличием серии типичных рефлексов в области углов $2\theta = 6,40^\circ$, $2\theta = 19,20^\circ$ и $2\theta = 26,80^\circ$. Установлено также присутствие α -кристоболита, плагиоклаза.

Из анализа рентгеновских дифрактограмм отождённого природного бентонита Даш-Салахлинского месторождения (обр. 1) и отождённых модифицированных полигидроксокатионами алюминия и железа(III) сорбентов на его основе (рис. 2) видно, что на них исчезают рефлексы, характерные для монтмориллонита, вместо которых появляются рефлексы иллита (гидрослюд).

В таблицах 1 и 2 приведены основные характеристики пористой структуры модифицированных по методу «золь-гель» и «соосаждения» сорбентов на основе бентонита. Из данных таблиц видно, что модифицирование бентонита в обоих случаях приводит к увеличению количества пор в области 1,5-4,0 нм (60-70%) по отношению к исходному бентониту и к существенному снижению количества пор с размерами выше 8 нм; модифицированные сорбенты являются мелкопористыми (наноструктурированными) объектами с величиной удельной площади поверхности, достигающей 100 и более м²/г.

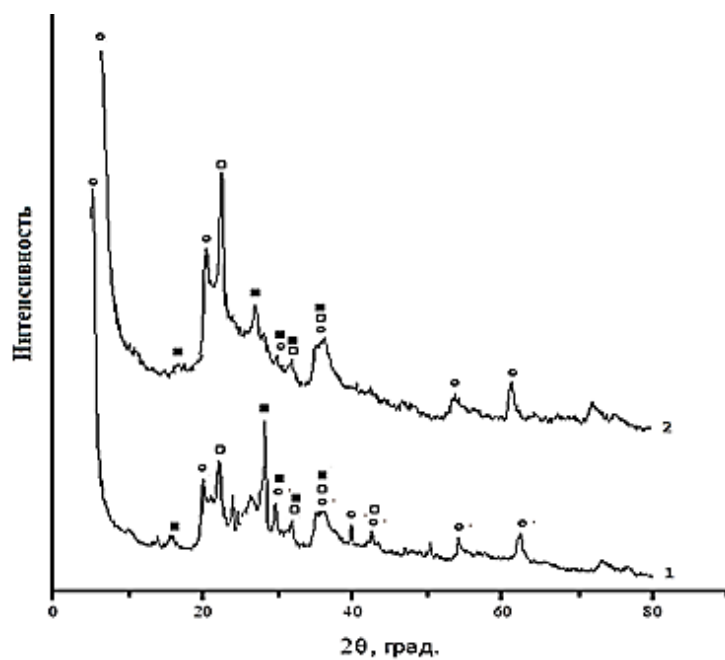


Рис. 1. Рентгеновские дифрактограммы природных бентонитов: 1 – обр. 1 (Республика Азербайджан); 2 – обр. 2 (Республика Армения); где ○ – монтмориллонит; □ – α-кристобалит; ■ – плагиоклаз.

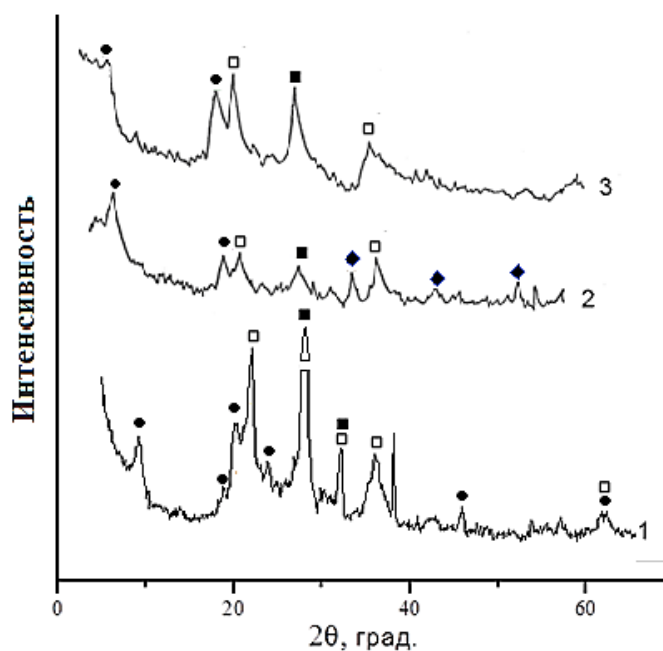


Рис. 2. Рентгеновские дифрактограммы исходного отожжённого бентонита и отожжённых модифицированных образцов сорбентов: 1 – обр. 1-О (Республика Азербайджан); 2 – обр. Fe_5-О-зг; 3 – обр. Al_5-О-зг; где: ○ – монтмориллонит; □ – α-кристобалит; ■ – плагиоклаз; ● – иллит; ◆ – гематит.

Таблица 1

Основные характеристики пористой структуры сорбентов,
полученных по методу «золь-гель»

Образец	Удельная площадь поверхности $S_{уд}$, м ² /г	Общий объём пор $V_{пор}$, см ³ /г	Распределение пор по радиусам, %			
			1,5-2,0 нм	2,0-4,0 нм	4,0-8,0 нм	более 8,0 нм
Обр. 1	51±3	0,061	9	21	21	49
Обр. 1-О	37±2	0,092	6	16	23	55
Обр. Fe_5-зг	73±4	0,141	17	39	22	22
Обр. Fe_5-О-зг	39±2	0,139	17	39	22	22
Обр. Al_5-зг	105±6	0,097	18	41	23	17
Обр. Al_5-О-зг	75±5	0,092	18	41	23	17

Таблица 2

Основные характеристики пористой структуры сорбентов,
полученных по методу «соосаждения»

Образец	Удельная площадь поверхности $S_{уд}$, м ² /г	Объём пор $V_{пор}$, см ³ /г	Распределение пор по радиусам, %			
			1,5-2,0 нм	2,0-4,0 нм	4,0-8,0 нм	более 8,0 нм
Обр. 2	55±3	0,052	11	24	28	36
Обр. Al_5-с	86±5	0,125	22	46	19	13
Обр. Fe_5-с	172±10	0,122	23	47	18	12
Обр. Al_5-ГО-с	104±6	0,112	21	43	20	16
Обр. Fe_5-ГО-с	51±3	0,114	21	42	21	16

Адсорбционные свойства природного бентонита и модифицированных образцов сорбентов по методу «золь-гель» в водных растворах изучены по отношению к перманганат-иону. Полученные изотермы были отнесены к изотермам типа Ленгмюра. Поэтому дальнейшая их обработка в обратных координатах уравнения Ленгмюра позволила определить величину предельной адсорбции перманганат-ионов для исследуемых сорбентов (табл. 3).

Таблица 3

Значения предельной адсорбционной ёмкости перманганат-ионов для сорбентов,
полученных по методу «золь-гель»

Образец	Предельная адсорбционная ёмкость, мг/г
Обр. 1	4,0±0,2
Обр. 1-О	2,2±0,1
Обр. Al_5-зг	14,2±0,7
Обр. Al_5-О-зг	10,0±0,5
Обр. Fe_5-зг	12,5±0,6
Обр. Fe_5-О-зг	9,1±0,5

В качестве тестирующих ионов при изучении адсорбционной способности модифицированных сорбентов по методу «соосаждения» были выбраны бихромат-, арсенат- и селенит-анионы. Полученные изотермы адсорбции анионов на исследуемых сорбентах, как и предыдущем случае, могут быть отнесены к изотермам типа Ленгмюра. Обработка их в соответствующих координатах позволила определить значения предельной адсорбции исследуемых анионов (табл.4).

Таблица 4

Значения предельной адсорбционной ёмкости арсенат-, бихромат-, селенит-анионов для сорбентов, полученных по методу «соосаждения»

Образец	Предельная адсорбционная ёмкость, мг/г			
	арсенат-анионы	бихромат-анионы	селенит-анионы	
Обр.1	2,9±0,1	1,1±0,1	2,0±0,1	
Обр. Al_5-с	12,5±0,6	10,0±0,5	16,7±0,8	
Обр. Fe_5-с	8,3±0,4	9,1±0,4	16,7±0,8	
Обр. Fe_5-ГО-с	7,7±0,4	-	-	
Обр. Al_5-ГО-с	8,3±0,4	-	-	
Обр. (Zr_5+Fe_5)-с	24,9±1,2	-	9,1±0,4	
Обр. (Zr_5+Al_5)-с	27,9±1,4	-	11,5±0,6	

Как следует из приведённых данных, модифицирование бентонита по методу «соосаждения» приводит к увеличению адсорбционной способности по отношению к исследуемым кислородсодержащим анионам. Величина предельной адсорбционной емкости выше на сорбенте, модифицированном полигидроксокатаионами циркония (IV) и алюминия (III) – обр. (Zr_5+Al_5)-с (27,9 мг/г). Процессы адсорбции анионов, протекающие на бентонитах, модифицированных полигидроксосоединениями металлов, являются сложными процессами. Адсорбция анионов может проходить как по механизму ионного обмена, так и по механизму комплексообразования.

В результате проведенных исследований получены гранулированные сорбенты на основе бентонита, соответствующие требованиям ГОСТ Р 51641-2000 «Материалы фильтрующие зернистые» по химической и механической стойкости гранул. Показано, что модифицирование бентонита по методу «соосаждения» в технологическом плане значительно проще и экономичнее метода «золь-гель».

Л.Н. Ольшанская, Е.А. Татаринцева, Е.Н. Лазарева

Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.

УТИЛИЗАЦИЯ НИКЕЛЯ, ЦИНКА, ЖЕЛЕЗА ИЗ ОТХОДОВ ГАЛЬВАНОШЛАМОВ

Давно подмечено: безотходные технологии чаще и быстрее создаются в странах, испытывающих острую нехватку в сырьевых ресурсах. К примеру, финская установка для горячего брикетирования металлической стружки дает возможность не только получать абсолютно чистое сырье, но и значительно повысить безопасность операций. Например, в Финляндии перерабатывается ежегодно около 40 тыс. тонн металлоотходов. В нашей стране счет может идти на миллионы тонн, особенно с учетом того, что в России огромное количество отходов подлежит захоронению [1] (рис. 1).



Рис. 1. Основные направления утилизации ТБО по странам мира
(в % к общему количеству ТБО)

В Российской Федерации ежегодно образуется около 7 млрд. т отходов, из них вторично используют порядка 2 млрд. т, то есть около 28 %. Из общего объема используемых отходов около 80 % составляют вскрышные породы и отходы обогащения, которые направляют для закладки выработанного пространства шахт и карьеров; 2 % находят применение в качестве топлива и минеральных удобрений, и лишь 18 % (360 млн. т) используются в качестве вторичного сырья, из них 200 млн. т в стройиндустрии.

Учитывая, что отходы являются, с одной стороны, главными загрязнителями биосферы, а с другой - зачастую представляют собой ценные продукты, потенциально пригодные для переработки и вторичного

использования, одной из наиболее актуальных является проблема рационального управления отходами.

В России в девяностых годах начали заниматься утилизацией гальваношламов (ГШ), которые ежегодно в больших количествах концентрируются на промышленных предприятиях и в шламонакопителях. Миллионы тонн гальваноотходов, уже имеющихся и постоянно образующихся, содержат до 30 % ценных цветных металлов (Cr, Ni, Fe, Zn и др.) [1]. Учитывая особую экологическую опасность воздействия ГШ на окружающую среду, их необходимо утилизировать таким образом, чтобы происходило обезвреживание тяжелых металлов (перевод в слаборастворимые или нерастворимые малотоксичные соединения) и их извлечение для последующего применения.

К сожалению, до сих пор доминирует взгляд на ГШ только как на экологически вредные отходы, что и определяет пути их ликвидации - использование как компонента стройматериалов, керамики, асфальтовых смесей и др. [2-5]. Это приводит к безвозвратным потерям в больших количествах дорогостоящих компонентов ГШ - тяжелых цветных металлов. Их суммарная годовая стоимость составляет десятки миллионов долларов США. Согласно котировке «СЕТТЛМЕНТ» цветных металлов на лондонской бирже металлов цены на них в течение последних лет неуклонно растут. Таким образом, гальваноотходы могут служить источником получения ценных черных и цветных металлов, уменьшая скорость истощения природных ресурсов. Учитывая, что соединения тяжелых металлов в земной коре зачастую составляют десятые и даже тысячные доли процента, перспективно использование ГШ для получения чистых металлов, их оксидов или сплавов и их последующее применение в различных отраслях народного хозяйства [2-5]. Для решения этих проблем планируется создание региональных центров по комплексной переработке ГШ, обслуживающих гальванические и другие производства отдельных регионов. Эта задача является актуальной, так как полностью избежать образования ГШ не удастся и в будущем. Экономически целесообразно организовывать центры мощностью от 10 т в сутки и выше. При этом одновременно решается социальная задача по созданию новых рабочих мест.

Саратовская область входит в десятку индустриально развитых регионов России, где имеются старейшие предприятия машиностроительного профиля (ОАО «Тролза», ОАО «Трансмаш», ООО «Сигнал-недвижимость», ОАО «Роберт-Бош-Саратов и др.) с крупными гальваническими цехами и участками, на территории которых накоплено и образуется большое количество гальваноотходов. В связи с этим проблема квалифицированной утилизации этих отходов весьма актуальна и своевременна.

В настоящей работе представлены данные по извлечению из никель-, железо- и цинксодержащих гальваношламов предприятий ОАО «Роберт-Бош-Саратов» и ООО «Сигнал-недвижимость» гидроксидов никеля, железа,

цинка, металлического никеля и использование этих продуктов в технологиях производства пигментов наполнителей для лакокрасочных материалов, при изготовлении электродов химических источников тока (никель-кадмиевые Ni-Cd и никель-железные Ni-Fe аккумуляторы).

Получение пигментов-наполнителей и изготовление красок.

Исследования гальваношлама предприятия ООО «Сигнал-Недвижимость» (рентгенофазовый, дериватографический) показали наличие в его составе тонкодисперсных соединений в пересчете на металлы: ~ 21 % железа (II и III), ~ 22 % цинка, ~ 7 % никеля и ~18 % хрома (II и III). Методами последовательной кислотной и щелочной обработки (осаждение гидроксидов металлов из кислого раствора приведен в табл. 1 [6]) из ГШ были извлечены гидроксиды железа и цинка, которые после дегидратации (600 °С) были получены в виде оксидов (порошок смеси оксидов железа (II и III) магнетит имел желто-коричневый окрас, а оксида цинка – белый с оттенком бежевого цвет).

Таблица 1

Ряд осаждения гидроксидов металлов из кислого раствора [6]

Ион	Fe (III)	Cr (III)	Cu (II)	Zn (II)	Fe (II)	Ni (II)	Mn (II)	Mg(II)
pH*	1,5*-4,1**	4,0-6,8	5,3-6,2	5,4-8,0	6,5-9,7	7,2-9,5	7,8-10,4	9,4-12,4

*первая цифра – начало осаждения; вторая** - полное осаждение гидроксида

Средний размер частиц пигментов - наполнителей по данным седиментационного анализа составил 10-40 мкм, что характеризует данный материал, как имеющий высокую степень монодисперсности, поэтому в предварительном помоле не было необходимости. Микроструктурные исследования показали, что основная часть частиц (> 60 %) представляет непористые структуры размером от 5 до 30 мкм. Это свидетельствует о низкой маслосемкости материалов, и является важной характеристикой для пигментов-наполнителей. Оксид цинка и гидроксид железа полученные из ГШ были исследованы согласно ГОСТ 10503-71 «Краски масляные, готовые к применению» на плотность частиц, маслосемкость и pH водных вытяжек и показали их соответствие традиционно используемым в промышленности пигментам-наполнителям, таким, как каолин, мел (табл. 2). Изготовленные краски цинковые белила и железный сурик на основе пигментов по содержанию летучих и нелетучих веществ, укрывистости, времени высыхания, вязкости и др. отвечали требованиям ГОСТ 10503-71 (табл. 3)

Таблица 2

Свойства пигментов-наполнителей

Наполнитель	Истинная плотность, кг/м³	Маслосемкость	pH вытяжки
Каолин	2540-2600	13-20	5 - 8
Мел	2710-2715	10-14	9 - 10
Fe ₃ O ₄	4830-4910	23-25	8 - 9
ZnO	5380-5640	24-28	8 - 10

Таблица 3

Характеристики красок на основе пигментов-наполнителей

Хактеристики	Содержание веществ, %		Вязкость	Степень перетира, мкм	Укрывистость, г/м²	Время высыхания, час	Твердость
	летучих	твердых					
Fe_2O_3	11,1	74,7	59,6	28,9	110,2	21,3	0,074
ZnO	4,9	79,6	61,4	30,3	59,26	22,8	0,062
ГОСТ	до 20	$\geq 60,0$	65-140	≤ 70	≤ 170	24	$\geq 0,05$

Полученные результаты позволили разработать технологическую схему по производству пигментов-наполнителей (рис. 2).

Эколого-экономическая оценка показала, что при производстве красок можно получить экономическую (расширение производства, увеличение ассортимента продукции, количества рабочих мест), и экологическую выгоду – уменьшение площадей для организации полигонов и свалок, снижение вредного воздействия отходов ГШ на окружающую среду.

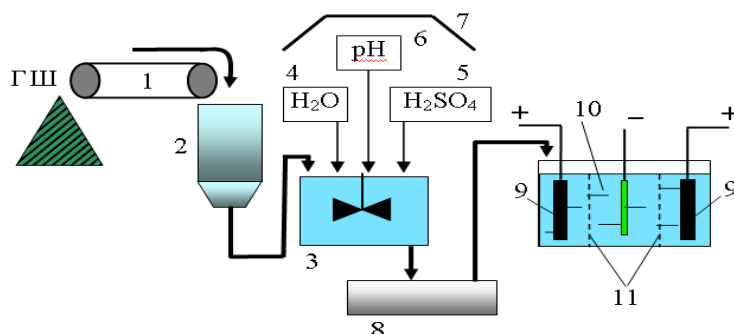
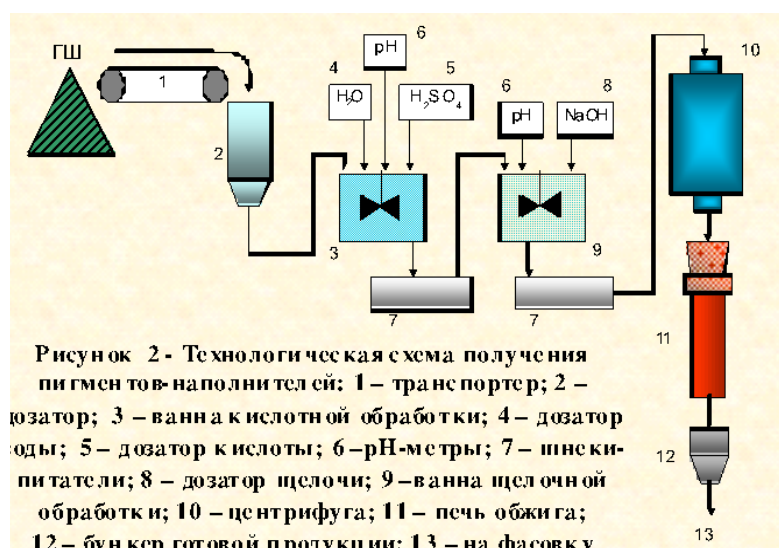


Рис. 2. Технологическая схема получения металлического никеля: 1 – транспортер; 2 – дозатор; 3 – смеситель с кислотой; 4 – дозатор воды; 5 – дозатор кислоты; 6 – контроль pH; 7 – вытяжной отсос; 8 – шнек-питатель; 9 – аноды; 10 – катод; 11 – диафрагмы

Получение металлического никеля. Учитывая, что на ОАО «Роберт-Бош-Саратов» за год образуется в среднем 60 тонн ГШ с содержанием ионов Ni^{2+} порядка 60 ± 10 %, нами предложено извлекать из него металлический никель электрохимическим методом в соответствии с технологической схемой (рис. 3). Основные стадии: растворение никельсодержащего гальваношлама в воде для отделения нерастворимой минеральной части (песок, глина, карбонаты кальция, магния и др.) отстаиванием или фильтрованием; добавление в водную суспензию гальваношлама серной кислоты (до $pH=2$) при тщательном перемешивании и охлаждении для получения сульфатов металлов; осаждение металлического никеля в гальванической ванне с нерастворимыми графитовыми анодами на стеклографитовом (стальном или медном) катоде в потенциостатическом режиме при $E_{\text{кат}} = -475 \pm 2$ мВ; обдир металла для вторичного применения. Подсчитанная ежегодная прибыль предприятия при извлечении и продаже металлического никеля составит более 1 миллиона рублей.

Получение гидроксида никеля для изготовления катода Ni-Cd, Ni-Fe аккумуляторов. Проводили растворение исходного ГШ ОАО «Роберт-Бош-Саратов» в концентрированной серной кислоте (до $pH=3$). После отделения растворимых в кислоте сульфатов металлов от нерастворимых веществ (глинистые минералы, песок и др.), полученный маточный раствор обрабатывали 40 % раствором щелочи NaOH. После удаления выпавших при $pH=3,0 - 5,5$ гидроксидов цинка, железа и меди (табл. 1) их отделяли от раствора фильтрованием, а при достижении $pH \sim 7,7$ происходило образование гидроксида никеля. После сушки при 155 °С. плотность выделенного вещества составила $3,96-4,12$ г/см³, что соответствует плотности товарного продукта ($4,09 - 4,10$ г/см³). Ситовой анализ показал, что 94,2 % частиц имеют размер менее 15 мкм, что позволяет рекомендовать его для изготовления электродов $Ni(OH)_2$ без предварительного измельчения. Макетные испытания Ni-Cd аккумуляторов (НКА) проводили на испытательных стендах завода «Автономные источники тока» г. Саратова. Электролитом служил раствор KOH+10 г/л LiOH (плотность $1,19-1,21$ г/см³). При формировке электродов фиксировали разрядную емкость (рис. 3 а) в течение 100 циклов производственным режимом: заряд 200 мА в течение 12 ч, разряд 140 мА – до напряжения 1,58 В. Коэффициенты использования никеля в положительной массе электродов типа КН, КЛ, изготовленных из гидроксида никеля, полученного из ГШ приведены на рис. 3 б.

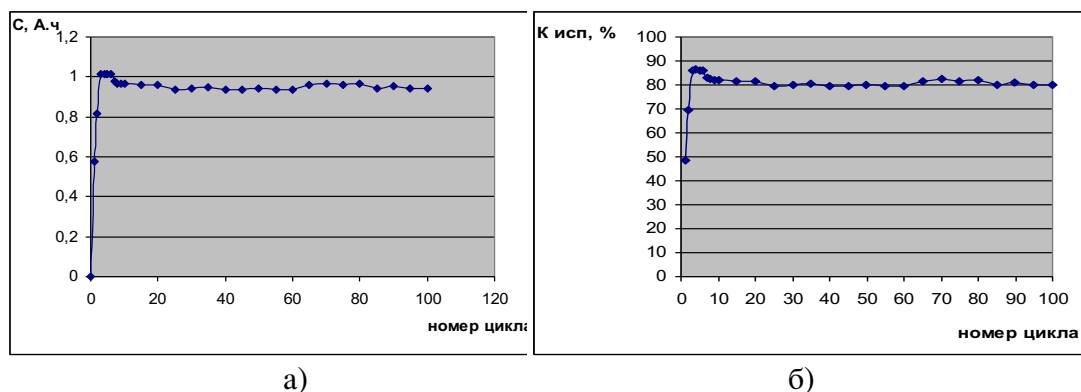


Рис. 3. Зависимость электрохимических характеристик: емкости (а) и коэффициента использования никеля (б) от длительности циклирования НКА

Результаты проведенных макетных испытаний при формировке электродов показали, что емкость катодов постепенно увеличивалась с циклированием и на 3-10 циклах эффективность циклирования (рис. 4 б) составила 82,0-86,3 %, что на ~ 3 % выше в сравнении с заводскими аккумуляторами.

Таким образом, проведенные нами исследования показали, что отходы гальванических производств могут после переработки успешно использоваться в качестве товаров народного потребления: в качестве пигментов-наполнителей и красок на их основе; для изготовления активной массы электродов щелочных аккумуляторов, с высокими эксплуатационными характеристиками и выделения металлов.

Литература

1. Когда Россия сможет перерабатывать мусор как в Европе? [Электронный ресурс] <https://www.factograph.info/a/29011375.html> (дата обращения ноябрь 2019 г.).
2. Ремнева Т.А. Утилизация гальваношламов / Т.А. Ремнева, М.И. Волков // Экология и промышленность России. 2003.-Август.-С. 16-17.
3. Технологические аспекты утилизации тяжелых металлов и их соединений из гальваношламов для вторичного применения: монография / Л.Н. Олышанская, Е.Н. Лазарева, В.В. Егоров, А.В. Яковлев, Е.В. Яковлева.- Саратов: СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2017.- 127 с. ISBN 978-5-9907991-5-8.
4. Свергузова С.В. Получение пигментов-наполнителей из хвостов обогащения железистых кварцитов / С.В. Свергузова, Г.И. Тарасова // Строительные материалы.- 2005.- №7.- С. 13-15.
5. Марьин В.К. Опыт утилизации промышленных отходов в Пензенской области / В.К. Марьин, Ю.С. Кузнецов, С.Ю. Новокрещенов // Экология и промышленность России.- 2005.- Май. - С 28-33.
6. Лурье, Ю.Ю. Справочник по аналитической химии / Ю.Ю. Лурье, - М.: Химия, 1971.- 454 с. (С. 248).

Л.Н. Ольшанская, М.А. Чернова, В.А. Волков, Ю.А. Вишнякова

Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А., Россия

РАЗРАБОТКА МАГНИТНОГО СОРБЕНТА ДЛЯ УДАЛЕНИЯ РАЗЛИВОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ С ПОВЕРХНОСТИ ВОД И ПОЧВ

В работе исследован состав композиционного магнитного сорбента на основе отходов агропромышленного комплекса для очистки нефтезагрязненных вод и почв. Определены физико – химические (гидрофобность, олеофильность) и сорбционные (нефтеемкость) свойства магнитосорбента.

Ключевые слова: сорбция, нефть, нефтепродукты, магнитосорбенты, отходы агропромышленного комплекса, очистка, почва, сточные и поверхностные воды.

По оценкам специалистов 1/3 часть поверхности мирового океана загрязнена нефти(Н) и нефтепродуктов (НП), масса которых ежегодно попадающая в мировой океан составляет примерно 10 млн. т. Велико количество отходов нефтепродуктов, скапливающихся на промышленных объектах, которые, соответственно, становятся постоянно действующими источниками вторичного загрязнения. В связи с этим важной проблемой является очистка водных, почвенных и других объектов от аварийных разливов нефти и нефтепродуктов. В целом следует отметить, что предотвращение загрязнения окружающей среды нефтью и продуктами ее переработки –это одна из сложных и многоплановых проблем охраны природной среды [1,2].

Цель настоящей работы заключалась в разработке нового магнитосорбента на основе отходов окалины стальной пыли для очистки загрязненных вод от нефти и нефтепродуктов и минимизации негативного воздействия предприятий нефтехимического профиля на гидросферу.

Был изготовлен и исследован следующий вид сорбционного материала СМ при соотношении компонентов: пыль газоочистки стальная незагрязненная (ПГСН) + шелуха подсолнечника + парафин(1:1:1).

На первом этапе проводили установление элементного состава стальной ПГСН с использованием рентгенофлуоресцентного спектрометра «Спектроскан Макс» фирмы СПЕКТРОН (Россия, Санкт-Петербург). Результаты исследования показали (табл. 1), что в наибольшем процентном соотношении в составе содержится железо $Fe \approx 67\%$, в незначительных количествах присутствуют: Si, Mn, Al, Na, и др. Это указывает на высокие магнитные свойства материала для изготовления композиционного магнитного сорбента.

Определение токсичности ПГСН проводили согласно методикам [3,4].

Таблица 1

Элементный состав пыли

Компонент	Массовая доля, %	Погрешность, %	Элемент	Массовая доля, %	Погрешность, %
Fe ₂ O ₃	95,38000	0,11000	Fe	66,71000	0,07000
SiO ₂	2,00000	0,07000	Si	0,93300	0,03300
MnO	1,09000	0,05000	Mn	0,84700	0,04000
Al ₂ O ₃	0,47800	0,02400	Al	0,25300	0,01300
Na ₂ O	0,29900	0,02200	Na	0,22200	0,01600

Биотестирование на двух тест объектах (рачки *Daphnia magna* и водоросли *Scenedesmus quadricauda*) позволило установить, что отходы стальной пыли не токсичны и могут быть использованы в качестве компонента магнитосорбента.

Для изготовления СМ отходы пыли направляли в экструдер, где смешивали с расплавленным парафином и предварительно измельченной шелухой подсолнечника. После смешения полученную смесь охлаждали до застывания, а затем измельчали до нужного размера частиц (рис. 1).



Рис. 1. Технологическая схема получения магнитосорбента

Для более удобной транспортировки и эксплуатации СМ может быть изготовлен в виде гранул (с размером частиц 0,5-5 мм), или порошка(< 0,1 мм). Для выбора рационального состава СМ исследовали их физико-химические и сорбционные свойства.

Смачиваемость. Исследуемый сорбент насыпали на фильтровальную бумагу, затем на поверхности сорбента наносили воду, фотографировали по профилю и определяли углы смачивания (рис. 3). [5]



Рис. 2. Определение угла смачивания СМ

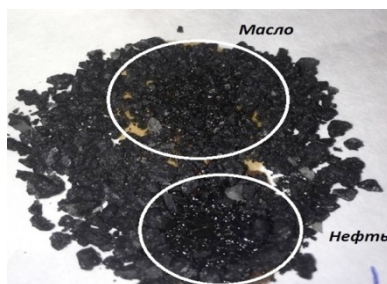


Рис.3. Определение леофильности сорбента СМ

В аналогичных экспериментах отработанное машинное масло и нефть практически сразу впитывались не образуя сидящей капли, что свидетельствует о его олеофильности (рис. 4) [4].

Нефтеемкость магнитного сорбента (СМ) определяли по разнице начальной массы сухого сорбента ($m_c=0,5$ г), помещенного в упаковку из капрона ($m_0=0,5$ г) до и после контакта с машинным маслом (интервал 5 мин.) и последующего полного стекания избыточного количества нефтепродуктов [4]:

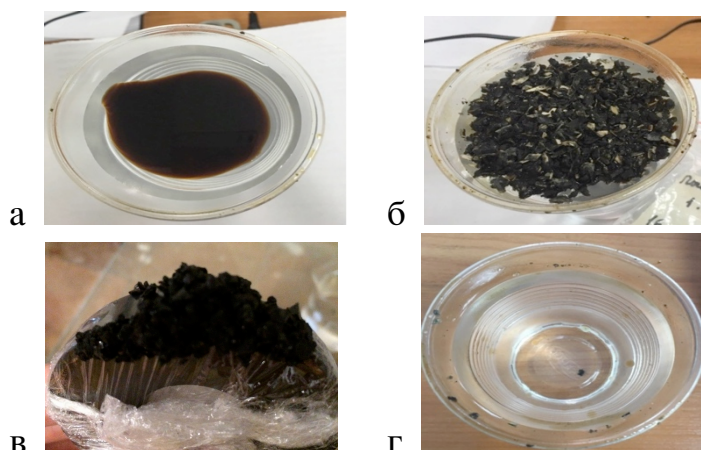


Рис.4. Очистка загрязненной воды от машинного масла: а - вода загрязненная НП; б – загрязненная вода с СМ; в – СМ, собранный магнитом; г - очищенная вода

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработан состав и способ получения СМ на основе отходов производства – ПГСН со связующим парафином и наполнителем – шелуха подсолнечника для очистки загрязненных вод от нефти и нефтепродуктов.

2. Биотестирование на двух тест объектах (рачки *Daphnia magna* и водоросли *Scenedesmus quadricauda*) позволило установить, что отходы стальной пыли не токсичны и могут быть использованы в качестве компонента магнитосорбента.

3. Исследованы физико-химические свойства полученного сорбента. Установлена их высокая гидрофобность - краевой угол смачивания - 130°; Нефтеёмкость сорбента составила 2,5 – 4,0г/г.

4. Сорбционное равновесие достигается за первые 5-10 мин. контакта материала с Н и НП, на сорбцию оказывает влияние природа и толщина слоя нефтепродуктов.

Литература

1. Демельханов, М.Д. Экологические последствия разливов нефти / М.Д. Демельханов, З.П. Оказова, И.М. Чупанова // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 12. – С. 91 - 94; 2. Давыдова, С.Л. Нефть и нефтепродукты в окружающей среде: учебное пособие / С.Л. Давыдова, В.И. Тагасов. – М.: Изд-во РУДН, 2004.- 163 с.

3. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности плоидности дафний [текст]: Федеральный реестр. –М.: Акварос. -2007. – 35 с.

4. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению уровня флуоресценции хлорофилла и численности клеток водорослей [текст]: Федеральный реестр. - М.: Акварос, 2007. -35с.

5. Бухарова, Е.А. Сорбционные материалы на основе отходов полиэтилентерефталата и соединений графита для очистки сточных вод: дис....канд. техн. наук: 05.17.06 / Бухарова Екатерина Александровна. – Саратов: СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2015. – 161 с.

Д.Г. Подрубный

Государственный университет по землеустройству, Москва

ИДЕЯ СОЗДАНИЯ ПАРКОВОЙ ЗОНЫ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАКРЫТОГО ПОЛИГОНА ТБО «КУЧИНО» МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Складирование твердых бытовых отходов – наиболее обсуждаемая экологическая проблема Московской области последних лет. На данный момент остается проблемным функционирование и процесс рекультивации ряда полигонов ТБО. В данной статье рассмотрен вариант использования полигона ТБО «Кучино» после завершения рекультивации, а именно – создание парковой зоны.

Ключевые слова: экологические проблемы, полигон ТБО, рекультивация, парковая зона.

Полигон ТБО «Кучино» располагается на водоразделе рек Пехорка и ее правого притока Чечеры, на территории городского округа Балашиха в непосредственной близости к микрорайонам Кучино и Павлино, деревне Фенино (200 метров от тела полигона). Полигон возвышается на 55 м над

поверхностью земли, на 58 м над урезом рек, площадь составляет около 0,5 км² [2].

Полигон начал деятельность в 1964 году на месте отработанного глиняного карьера Кучинского керамического комбината, складирование началось без подготовки ложа. Эксплуатация полигона прекращена в июле 2017 года. За краткие сроки был выполнен большой ряд работ по рекультивации полигона. Однако процесс утилизации отходов повлек за собой много негативных последствий: возникновение неприятного запаха сероводорода (как показали проверки, нормы ПДК при обработке биогаза действительно превышались), зараженные подземные воды пока не поддаются очистке [3, 4].

Парковая зона – в числе идей, касающихся дальнейшей жизни на полигоне. Территория с длиной 20 км и с площадью 950 га входит в состав концепции благоустройства парковых пространств по берегам реки Пехорка. Предполагается, что северные и южные периферии города свяжутся между собой пешеходными и велосипедными тропами, а на верхнем ярусе полигона будет функционировать зона отдыха, включая санные трассы. На полное завершение парка может потребоваться от 10 до 30 лет [4]. Решение по парку не окончательное, поскольку есть другие проекты – простое озеленение или оранжерея.

В ходе работ по возведению рекреационного объекта тело полигона претерпит изменения. В частности будут изменены склоны тела (склоны должны принять менее крутой вид). К октябрю 2017 г. полигон ТБО «Кучино» полностью засыпали почвогрунтом. Слой земли составил около метра. Всего было завезено 400 тысяч тонн грунта, который соответствует пятому классу опасности и считается полностью безопасным для растительности. Лесной массив парковой зоны должен превышать нелесную площадь (минимально в соотношении 60 на 40) [4].

Нами предложены три варианта создания и благоустройства ПКиО на территории закрытого ТБО «Кучино».

Характеристика варианта №1: объект плотно занят лесными насаждениями, но не полностью (соотношение 65 на 40); лесной массив смешанных видов; лесной массив разделяют просеки (всего 3) и тропы (всего не более 10); кустарниковая растительность на склонах; большая площадь отдыха, включая базу для санного спорта.

Характеристика варианта №2: объект занят лесными насаждениями по отдельным массивам (соотношение 60 на 40); в каждом массиве может быть конкретная лесная растительность; внутри лесных массивов только тропы (не более 4 на массив); кустарниковая растительность на склонах; небольшая зона отдыха, включая базу для санного спорта.

Характеристика варианта №3: объект максимально занят лесными насаждениями (соотношение 80 на 20); лесной массив смешанных видов;

через лесной массив проходят просеки (всего 6) и тропы (всего не более 12); зона отдыха минимальной площади (без базы для санного спорта).

Вариант №3 отличается большой площадью лесного массива, что может благотворно сказаться на состоянии атмосферного воздуха. Однако окружающая местность характеризуется лесным фондом и лесопарковыми зонами (Салтыковский, Павлинский, Ольгинский лесопарки). Также в юго-западной части г.о. Балашиха нет запланированных промышленных зон и других крупных объектов. Из того следует, что варианты №1 и №2, где лесная растительность представлена меньшей площадью, также могут отвечать геоэкологическим требованиям. Вариант №2 предоставляет больше возможностей для экологического воспитания, поскольку для разных лесных массивов могут быть созданы тематические подразделения парка (например, растительность, присущая долине реки Пехорка).

Создать парковую зону планируется на многих закрытых полигонах ТБО в России (например, «Саларьево» Новомосковского АО г. Москвы, «Левобережный» г. Химки Московской области). Есть неудачные примеры благоустройства. В том же г.о. Балашиха функционирует горнолыжный курорт «Лисья гора» – полигон ТБО, прекративший деятельность в советское время (80-е годы). В реке Пехорка выявлено превышение норматива по содержанию марганца, что объясняется наличием подземного четвертичного горизонта в техногенных отложениях в районе свалки, которая образована отходами различных производств, в том числе литейного [1].

Положительные примеры есть за границей. Фрешкиллс-парк на острове Статен-Айленд в Нью-Йорке (США) – после закрытия полигона в 2003 году здесь функционирует зона отдыха со спортивными площадками и уже восстанавливается фауна (среди диких животных: ондатры, зайцы, еноты-полоскуны и белохвостые олени). В Котко (Финляндия) лесную растительность совместили с санной горкой, на Канарских островах разбили ботанический сад, в Дублине (Ирландия) полигон стал частью водно-болотного комплекса.

В результате изучения рельефа, проекта рекультивации, окружающей местности и прочих картографических, статистических данных, можно сделать вывод, что план по созданию парковой зоны – наилучшая идея для «второй жизни» полигона ТБО «Кучино». На территории парка должна преобладать лесная растительность, однако зона отдыха, включая санные трассы, не должна повлиять на объект отрицательно с геоэкологической точки зрения.

Литература

1. Заикина И.В. Оценка загрязняющих веществ, поступающих в педосферу и гидросферу от горнолыжного курорта «Лисья гора» [текст] // И.В. Заикина, А.А.

Назаров, М.А. Антипов, С.В. Салменкова. Природообустройство: сб. науч. тр. – Москва: из-во МСХА им. Тимирязева, 2012 – Вып. 4. – С. 19-22.

2. Козлова М.Е. Эколого-геологические условия полигона твердых бытовых отходов «Кучино» Московской области [текст] // М.Е. Козлова, М.А. Харькина М.А. Геология, география и глобальная энергия: сб. науч. тр. – Астрахань: из-во Астраханского гос. ун-та, 2008. – Вып. 2. – С. 150-153.

3. Фисун Н.В. Экологический потенциал эколого-гидрологических систем в зоне влияния Кучинского полигона твердых бытовых отходов (Московская область) [текст] // Н.В. Фисун. Известия высших учебных заведений. Геология и разведка: сб. науч. тр. – Москва: из-во РГГУ им. С. Орджоникидзе, 2018 – Вып. 3. – С. 58-64.

4. Городской округ Балашиха. Официальный сайт органов местного самоуправления. Проект рекультивации полигона «Кучино». – 2019 – (<http://balashiha.ru/ecology/ecomonitoring>).

К.Г. Пугин, В.А. Чудинов, А.С. Харитонов

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ДОРОЖНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА

В связи с ростом автомобилизации повышаются требования к транспортно-эксплуатационным характеристикам дорог, что так же сказывается на экономической составляющей. В данной статье рассмотрено решение вышеуказанных проблем, посредством использования новых технологий с применением полимерных отходов в качестве модификаторов вяжущего. Произведено сравнение опыта применения полимеров в регионах со схожими Пермскому краю природно-климатическими условиями.

Ключевые слова: строительство, асфальтобетон, полимерные отходы, термопластичные полимеры, вяжущие вещества, асфальтобетонное покрытие.

На сегодняшний день существуют отечественные и зарубежные разработки в сфере строительства дорог с использованием полимерных отходов, которые не только решают некоторые проблемы экологии и удешевляют процесс производства, но и способны повысить качество асфальтобетонов, что увеличивает межремонтный период дорожной конструкции и позволяет более гибко изменять её параметры исходя из климатических условий и нагрузок, приходящихся на дорожное полотно.

Ряд доступных полимеров, получаемых из отходов:

- резина;
- каучуки,
- низкомолекулярные каучуки (олигомеры);
- термопластичные полимеры (в различных формах).

Данные материалы долговечны и устойчивы к воздействию внешних климатических факторов.

Дробленая резина и олигомеры повышают трещиностойкость и сцепные характеристики дорожного полотна. Что позволяет за счет данных материалов снизить потребление не возобновляемых природных ресурсов для производства смесей.

Помимо этого, порошковые не вулканизированные каучуки хорошо смешиваются с битумом, в связи с чем, повышается теплостойкость вяжущего, соответственно увеличиваются физико-механические свойства асфальтобетона при применении маловязких битумов, битумного сырья и тяжелой нефти.

Термопластичные полимеры (полипропилен атактический и полистирол) повышают сдвигустойчивость и коррозионную стойкость слоев дорожного полотна.

Средняя минимальная температура в зимнее время в нашей стране составляет -24°C , между тем, это та температура, при которой начинает разрушаться битум при нагрузке. В то время, как у полимеров, которые добавляют в битум для дорог, температура разрушения гораздо ниже – до -40°C . Применение полимерных материалов в дорожном строительстве становится популярным еще потому, что они имеют хорошую стойкость к деформации – какой бы не была нагрузка на них, они, как правило, восстанавливают свою изначальную форму.

Несмотря на достоинства применения данной технологии в России количество вяжущих полимерных составов в асфальтобетонной смеси составляет всего 2% от общей массы, в Канаде, которая очень близка к по климату, количество полимеров достигает 50%, в Германии – 23%, США – 15% [2].

На основании вышеуказанных данных можно сказать, что необходимо повышать уровень использования полимерных отходов в дорожном строительстве, ведь они позволяют не только удешевить, но и сделать конструкцию устойчивее и прочнее.

К примеру, в 2018 году в рамках технологии "Полимерно-битумные стыковочные ленты при ремонте слоев покрытия" активно начали строительство дорог с использованием полимеров и полимерных отходов регионы средней полосы России. При применении полимеров в данном случае имеет место так называемая регенерация трещин на швах покрытия в летний сезон, что положительно влияет на показатель ровности, с течением времени он ухудшается в меньшей степени по сравнению с дорогами при производстве которых не использовались полимеры.

Диагностика дорог, проведенная ПФ ФАУ РОСДОРНИИ показала, что дорожное покрытие с использованием полимерных материалов соответствует транспортно-эксплуатационным параметрам автомобильной дороги. Данное исследование рассчитано на 5 лет, по результатам которых

будет сделан вывод об эффективности использования полимерных материалов. Но положительный экономический эффект можно оценить уже сейчас за счет снижения стоимости материалов, увеличения эксплуатационных сроков и экологическая составляющая при использовании не только новых полимеров, но и переработанных отходов.

Основной проблемой в решении вопроса является отсутствие нормативных документов, позволяющих широко внедрять данные технологии на территории РФ. Нами рекомендуется, на базе Российского Дорожного Научно Исследовательского Института продолжить обследование дорожного покрытия, проводить лабораторные исследования, в производстве которых применялись полимерные материалы. По итогу исследования будут разработаны нормативные документы, рекомендации по внедрению использования полимерных отходов в производстве асфальтобетона.

Литература

1. Пугин К.Г., Юшков В.С. Разработка асфальтобетонной смеси с использованием отходов производства // Вестник МГСУ 2014. № 6. С. 99-104.2.
2. Пугин К.Г., Юшков В.С. Использование вторичных материалов для цементобетонных покрытий // Вестник ПНИПУ Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. 2013. № 1. С. 144-151.
3. Lee H., Kim Y. Laboratory Evaluation of Color Polymer Concrete Pavement with Synthetic Resin Binder for Exclusive Bus Lanes // Transportation Research Record. 2007. Vol. 1991. No. 1. Pp. 124-132.
4. Марьев В.А. Опыт применения резинобитумных вяжущих и мастик повышенного качества / В.А. Марьев, А.В. Руденский // ДОРОГИ И МОСТЫ. – 2005. – Вып. 13/1. – С. 128-133.
5. Распоряжение Правительства РФ от 25 января 2018 г. № 84-р Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года

И.И. Шепелев, А.М. Немеров, Е.Н. Еськова, Н.В. Орлегова

Красноярский государственный аграрный университет, Россия

РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ АНТРОПОГЕННО НАРУШЕННЫХ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ

Реализованы на практике инжиниринговые инновационные мероприятия экологической реабилитации, в результате которых снизилось воздействие шламохранилища и уменьшилось загрязнение прилегающей к нему территории. Ввод в

эксплуатацию новой шламовой карты с гидроизоляционным экраном обеспечил сокращение дренажей в подземный горизонт и загрязнение подземных и поверхностных источников. Разработана схема по восстановлению нарушенных земель с использованием нейтрализации сульфатом аммония и применением субстратов, приготовленных из нетоксичных техногенных материалов. Установлено, что применение нейтрализатора и ила с очистных сооружений в качестве основного компонента почвенного субстрата приводит к изменению значения pH с 9,8 до 7,5 единиц. Использование источников природного и техногенного происхождения для экологической реабилитации нарушенных земель обеспечит восстановление нарушенных земель и снизит антропогенное воздействия глиноземного производства на окружающую среду.

Ключевые слова: экологическая реабилитация, подшламовые воды, шламохранилище, нейтрализация, промышленные испытания, восстановление нарушенных земель.

В результате промышленной деятельности глиноземного производства в АО «РУСАЛ Ачинск» возникает техногенная миграция значительных объемов загрязняющих веществ в подземные воды и почвы прилегающих к шламохранилищу территорий. Такое антропогенное воздействие техногенеза отрицательно сказывается на состоянии почв, при этом может наблюдаться «омертвление» почв. В основном это обусловлено отсутствием защитной геомембраны на шламовой карте №1, которая была построена и принята в эксплуатацию в советское время и аварийными ситуациями, приводящими к разливам подшламовых вод (с pH до 12 ед.) ведущих к образованию стойкой «щелочной» корки на поверхности почв, прилегающих к шламохранилищу территорий [1]. В настоящее время шламовая карта №1 заполнена и выполняются работы по ее консервации. Для снижения воздействия объектов размещения отходов глиноземного производства были построены шламовые карты по современным инновационным технологиям с применением защитных гидроизоляционных полимерных мембран (рис.1).



Рис. 1. Укладка противодиффузионного экрана на дне шламовой карты №3

Противодиффузионный экран из полимерной мембраны на основе полиэтилена высокой плотности был уложен на днище шламовой карты и

на внутреннем откосе ограждающей дамбы. Внедрение данной шламовой карты обеспечило снижение дренажей щелочьсодержащих подшламовых вод в подземные горизонты. Вместе с тем, защелоченность почвы вокруг шламохранилища объясняется аварийными ситуациями, при которых происходили разливы подшламовых вод на прилегающие территории. Значение рН водной вытяжки почвы с различных участков в районе шламохранилища колебалось от 8,1 до 10,7 ед. Щелочная среда почвы препятствует усвоению микро- и макроэлементов для развития растений.

В числе комплекса инновационных инженеринговых мероприятий по восстановлению нарушенных земель возможными для реализации в краткосрочной перспективе остаются локализация земельных участков и их техническая и биологическая рекультивация с заменой загрязненных грунтов на нетоксичные материалы [2]. В летний период на загрязненной территории был выбран опытный участок, на который были завезены компоненты субстрата и выполнялись подготовительные работы по его приготовлению. Учитывая образование калий-натриевой щелочной «корки» на опытном участке предварительно в период опытно-полевых испытаний была проведена нейтрализация загрязненной щелочными водами почвы. Достаточно хорошие результаты по всхожести многолетней травы получила технология с предварительной нейтрализацией щелочной загрязненной поверхности сульфатом аммония с последующим внесением на нейтрализованный грунт вскрышной породы добычи песка слоем не менее 20 см. Мониторинговые исследования рН водной вытяжки из почвенных образцов показали, что после нейтрализации грунта сульфатом аммония показатель снизился с 9,82 (10.07.2017 г.) до 8,12 единиц (01.10.2018 г.). В дальнейших исследованиях была использована схема экологической реабилитации нарушенного земельного участка, которая приведена на рисунке 2.

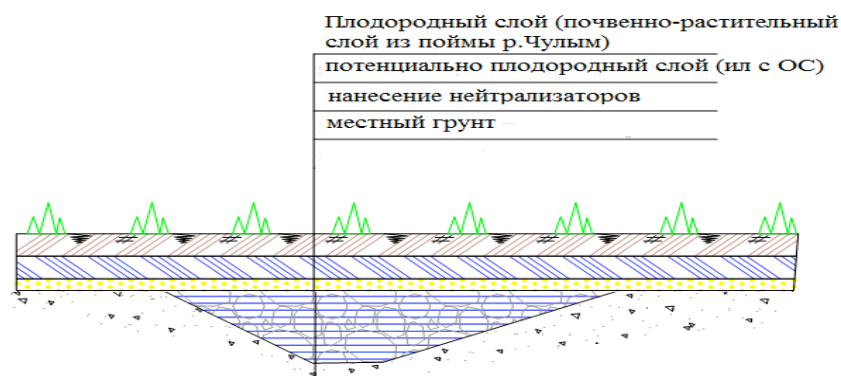


Рис. 2. Схема экологической реабилитации участка нарушенных земель

Из субстратов почвенных образцов, отобранных с различных делянок опытного участка, удовлетворительные результаты по нормируемому

значению pH почвы показали смеси субстратов из загрязненного грунта с илом с левобережных очистных сооружений г. Ачинска и почвенно-растительного грунта из карьера добычи песка.

Анализ ила с очистных сооружений г. Ачинска трех-, пятилетнего хранения на иловых площадках (табл. 1) указывает на его нейтральную реакцию среды, высокое содержание органического вещества и подвижных соединений фосфора, азота, марганца и обменного калия. Проведенный анализ вскрышной породы из карьера добычи песка позволяет рекомендовать его в качестве компонента субстрата при восстановлении загрязненных подшламовыми водами почв в районе шламохранилища.

Таблица 1

Результаты анализа применяемых техногенных компонентов субстрата

Компонент	pH водной вытяжки	Органич. вещество, %	Фосфор	Калий	Mn	N-NO ₃
			Подвижные формы, мг/кг			
Ил с левобережных очистных сооружений (3-летнего срока хранения)	6,9	50,1	1005,0	580,0	578,7	1175,0
Ил с левобережных очистных сооружений (5-летнего срока хранения)	6,3	50,2	1670	543	720,4	394
Почвенно-растительный грунт (вскрышная порода добычи песка в пойме р.Чулым)	7,8	9,52	48,0	354,0	449,9	30,9

Проведенные промышленные испытания по формированию субстратов на различных делянках опытного участка показали хорошую всхожесть и продуктивность травяного покрова (рис.3).

До проведения мероприятий экологической реабилитации (сентябрь 2016 г.)



После проведения экологической реабилитации (сентябрь 2018 г.)



Рис. 3. Территория опытного участка, прилегающего к шламохранилищу

По результатам агрохимического и химико-токсикологического анализа, проведенного в аккредитованной лаборатории ФГБУ «Красноярский референтный центр федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору», отмечено явное преимущество субстратов из почвенно-растительного слоя процесса добычи песка в пойме р. Чулым и ила с левобережных очистных сооружений г. Ачинска 5-ти летнего срока хранения по сравнению с техногенно-загрязненной почвой и при этом достигнуто снижение рН до 7,5 ед., уменьшение концентрации обменного калия и натрия и увеличение содержание органического вещества. Присутствие соединений тяжелых металлов в приготовленных субстратах не отмечено.

Выполненные технологические мероприятия экологического инжиниринга при строительстве новой шламовой карты с укладкой гидроизоляционного экрана и внедрение мероприятий по экологической реабилитации обеспечили снижение вредного антропогенного воздействия шламохранилища предприятия цветной металлургии на окружающую природную среду.

Литература

1. Шепелев, И.И. Разработка комплексных мероприятий по фитосанации для восстановления агроэкосистем в промышленном регионе / И.И. Шепелев, Е.Н. Еськова, А.М. Немеров [и др.] // Вестник КрасГАУ. – 2018. - №.5. С. 285-290.
2. Влияние антропогенного загрязнения на свойства почв // под ред. Л.А. Гришиной. – М.: Изд-во МГУ, 1990.– 205 с.

Авторский указатель

Абжалелов Б.Б.	16, 152, 156	Ганин А.И.	38	Нестеров И.Н.	3
Абросимова О.В.	3	Гахраманов С.Г.О.	88	Никитина Над.В.	195
Аверьянова Н.А.	188	Герасимов С.Н.	3	Никитина Нат. В.	195
Адушева Д.Ю.	177	Гильмаев Д.В.	167	Олискевич В.В.	195
Акосах Й.А.	192	Давыдова М.А.	160		164,
Александров Д.В.	127	Давыдова Н.Д.	44	Ольшанская Л.Н.	200,
Алексеева С.С.	131	Денисова Е.Р.	19		206
Ал-Фради Ф.Х.А.	96	Елеулова Р.А.	74	Орлегова Н.В.	214
Алябьева А.С.	7	Еськова Е.Н.	214		16,
Аминева Э.С.	106	Ефремова С.Ю.	160	Орынбеков Д.Д.	152,
Аничкина Н.В.	135	Иванов К.Н.	138,		156
Антонова О.М.	138, 144		144	Остроумов И.Г.	195
	11,	Иванова Е.Ю.	48,	Пахарькова Н.В.	7
Атаманова О.В.	148, 182		52	Плотникова О.А.	74
Ахмадиев Г.М.	122	Изюмов Ю.А.	170	Подоксенов А.А.	148
Бабынин Э.В.	192	Истрашкина М.В.	11	Подольский А.Л.	148
Бадеева Е.К.	192		173,	Подрубный Д.Г.	209
	16,	Казаринов И.А.	195		92,
Байдосова А.Б.	152, 156	Кареева Д.А.	77	Политаева Н.А.	96,
Байер М.А.	19	Касимов Н.С.	23		188
Банкин М.Д.	118	Князева Т.В.	54	Полосухина М.А.	7
Баскакова А.Г.	52	Коваль Ю.И.	58	Посненкова О.М.	3
Безбердая Л.А.	23	Комарова Н.А.	160		77,
Беликов А.С.	88	Косарев А.В.	177	Прожорина Т.И.	82
Бикбова И.И.	26	Костин А.С.	62	Пугин К.Г.	212
	58,	Котова В.Е.	54,	Рахматуллина Л.Р.	86
Бокова Т.И.	70		66	Рычева Л.А.	3
Борисков Д.Е.	160	Кошелев А.В.	182	Сидорчук А.В.	30
Буланов В.Е.	3	Кошелева Н.Е.	113	Соколова О.В.	127
Бускунова Г.Г.	26	Кречетов П.П.	62	Сорокина Г.А.	131
Валеев Т.К.	86		16,	Стружко В.В.	34
	30,	Кужамбердиева	152,	Сулейманов Р.А.	86
Василевская Н.В.	34	С.Ж.	156	Тамбиева Н.С.	54
Васильев А.В.	38	Кузьмин А.А.	160	Татаринцева Е.А.	200
Васильцова И.В.	58	Лазарева Е.Н.	200		138,
	164,	Лобкова Г.В.	185	Тихомирова Е.И.	144,
Вишнякова Ю.А.	206	Макуха В.В.	70		182
	23,	Мельников И.Н.	164	Торгашкова О.Н.	88
Власов Д.В.	40,	Милютин Н.О.	188	Туми А.	92
	113	Миндубаев А.З.	192	Фазуллина А.А.	110
Волков В.А.	164,	Минзанова С.Т.	192	Фридланд С.В.	110
	206	Моргунова Ю.П.	82	Харитонов А.С.	212
			106,	Хотько Н.И.	100,
		Насырова Э.С.	167		103
		Нафикова Э.В.	127	Хужина А.М.	106
		Немеров А.М.	214	Чаптарова Е.А.	110

Черненко Ю.В.	170	Шепелев И.И.	214
Чернова М.А.	206	Шопина О.В.	113
Чудинов В.А.	212		

Содержание

Современные методы выявления экотоксикантов в объектах окружающей среды и оценка их воздействия на экосистемы и здоровье человека.....	3
Абросимова О.В., Рычева Л.А., Герасимов С.Н., Нестеров И.Н., Буланов В.Е., Посненкова О.М. Оценка влияния производства нитрила акриловой кислоты на развитие профессиональных заболеваний, связанных с сердцем и сосудами.....	3
Алябьева А.С., Полосухина М.А., Пахарькова Н.В. Оценка состояния древесных и кустарниковых растений в парках и скверах города Красноярска.....	7
Атаманова О.В., Истрашкина М.В. Выявление экотоксикантов в сточных водах текстильного предприятия.....	11
Байдосова А.Б., Кужамбердиева С.Ж., Абжалелов Б.Б., Орынбеков Д.Д. Влияние колебания Малого Арала на экологическую обстановку в Приаралье.....	16
Байер М.А., Денисова Е.Р. Исследование потенциального токсического и генотоксического воздействия полигона ТКО Кучино на окружающую среду.....	19
Безбердая Л.А., Власов Д.В., Касимов Н.С. Загрязнение микрочастиц РМ ₁₀ почв промышленной зоны Севастополя тяжелыми металлами и металлоидами.....	23
Бускунова Г.Г., Бикбова И.И. Экологическая оценка техногенно загрязненных почв в условиях Башкирского Зауралья.....	26
Василевская Н.В., Сидорчук А.В. Воздействие полиметаллического загрязнения почв на рост и развитие <i>Sorbus gorodkovii</i> Rojark в окрестностях комбината «Печенганикель».....	30
Василевская Н.В., Стружко В.В. Промышленное загрязнение арктической урбанизированной территории и его влияние на структуру фотосинтетического аппарата растений.....	34
Васильев А.В., Ганин А.И. Разработка и апробация новой методики оценки воздействия отработанных смазочно-охлаждающих жидкостей на человека и окружающую среду.....	38
Власов Д.В. Металл(оид)ы в торакальной фракции дорожной пыли южной промышленной части Москвы.....	40
Давыдова Н.Д. Выявление элементов-загрязнителей, их нагрузки и распределение в объектах природной среды.....	44
Иванова Е.Ю. Биоиндикация состояния приземного слоя атмосферного воздуха г. Нововоронеж при помощи <i>Pinus Sylvestris</i> L.....	48
Иванова Е.Ю., Баскакова А.Г. Микробное загрязнение природных вод воронежской области.....	52
Князева Т.В., Тамбиева Н.С., Котова В.Е., Река Темерник: некоторые экотоксиканты и методы их количественной оценки.....	54
Коваль Ю.И., Васильцова И.В., Бокова Т.И. Сравнительный анализ антиоксидантной активности спиртовых экстрактов растительного сырья.....	58
Костин А.С., Кречетов П.П. Влияние добычи сернистых углей в Подмосковном буроугольном бассейне на морфологию и химические свойства серых почв.....	62
Котова В.Е. Определение ПАУ методом ВЭЖХ для идентификации источников их поступления в р. Северский Донец.....	66
Макуха В.В., Бокова Т.И. Определение флуктуирующей асимметрии листа <i>Betula pendula</i>	70
Плотникова О.А., Елеулова Р.А. Люминесцентные методы выявления экотоксикантов в объектах окружающей среды.....	74
Прожорина Т.И., Каребина Д.А. Усовершенствование очистки стоков от	77

автомоек г. Воронежа с целью повторного их применения.....	
Прожорина Т.И., Моргунова Ю.П. Результаты экспедиционных исследований влияния сбросов очистных сооружений г. Лиски на качество вод реки дон.....	82
Рахматуллина Л.Р., Валеев Т.К., Сулейманов Р.А. Гигиеническая оценка состояния питьевого водоснабжения южного региона Республики Башкортостан...	86
Торгашкова О.Н., Гахраманов С.Г.О, Беликов А.С. Роль высших водных растений в очищении водоемов от промышленных загрязнений.....	88
Туми А., Политаева Н.А. Извлечение тяжелых металлов с использованием микроводорослей хлорелла.....	92
Ал-Фради Ф.Х.А., Политаева Н.А. Доочистка питьевой воды бактерицидным фильтром на основе бетулина.....	96
Хотько Н.И. К теме выявления критериев медико-экологической ситуации.....	100
Хотько Н.И. Методологические подходы к количественной оценке природных опасностей в условиях загрязнения среды обитания на основе анализа факторов риска здоровью населения.....	103
Хужина А.М., Аминева Э.С., Насырова Э.С. Характеристика снежного покрова в 2018 г. на территории Республики Башкортостан.....	106
Чаптарова Е.А. Фазуллина А.А., Фридланд С.В. Удаление ионов никеля из модельных вод при использовании микроводоросли и биологически активного вещества.....	110
Шопина О.В., Кошелева Н.Е., Власов Д.В. Загрязнение дорожной пыли Москвы бенз(а)пиреном	113
Обоснование рациональной системы мониторинговых наблюдений за состоянием окружающей среды производственно-технических комплексов по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов I и II классов опасности...	118
Банкин М.Д. Применением резистивно-акустического метода в системах мониторинга обнаружения грунтового нефтешлама для повышения эффективности обнаружения.....	118
Математическое моделирование оценки токсичности ксенобиотиков, рисков здоровью населения и эффективности технологических систем на производственно-технических комплексах по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов I и II классов опасности.....	122
Ахмадиев Г.М. Технологические принципы получения углеродсодержащего твердого топлива.....	122
Разработка инновационных методов экологической реабилитации антропогенно нарушенных территорий.....	127
Александров Д.В., Нафикова Э.В., Соколова О.В. Разработка реабилитационных мероприятий для малых городских водотоков на примере реки Шугоровка.....	127
Алексеева С.С., Сорокина Г.А. О возможности использования роголистника погруженного для фиторемедиации водной среды от тяжелых металлов.....	131
Аничкина Н.В. Рекультивация водных объектов староосвоенных городских территорий и её отрицательные последствия.....	135
Антонова О.М., Тихомирова Е.И., Иванов К.Н. Анализ экологической эффективности современных методов термической переработки твердых бытовых отходов.....	138
Антонова О.М., Тихомирова Е.И., Иванов К.Н. Обоснование критериев по	144

выбору инновационных экотехнологий обеззараживания, уничтожения или утилизации полимерных отходов.....	
Атаманова О.В., Подоксенов А.А., Подольский А.Л. Регенерация отработанных сорбционных материалов на основе бентонита после водоочистки.....	148
Байдосова А.Б., Кужамбердиева С.Ж., Абжалелов Б.Б., Орынбеков Д.Д. Влияние колебания малого Арала на экологическую обстановку в Приаралье	152
Байдосова А.Б., Кужамбердиева С.Ж., Абжалелов Б.Б., Орынбеков Д.Д. Оценка качества питьевой воды из разных источников г.Кызылорда.....	156
Борисков Д.Е., Кузьмин А.А., Комарова Н.А., Давыдова М.А., Ефремова С.Ю. О возможности использования модифицированного диатомита для очистки высококонцентрированных сточных вод, содержащих тяжелые металлы.....	160
Вишнякова Ю.А., Волков В.А., Мельников И.Н., Ольшанская Л.Н. Универсальный ресурсосберегающий огнетушащий состав.....	164
Гильмаев Д.В., Насырова Э.С. Эрозионные процессы на территории Республики Башкортостан.....	167
Изюмов Ю.А., Черненко Ю.В. Применение биконических гидроциклонов для очистки стоков автомоек.....	170
Казаринов И.А. Биоконверсия органических веществ сточных вод в электричество с помощью микробных топливных элементов.....	173
Косарев А.В., Адушева Д.Ю. Усовершенствование системы хранения низко- и среднеактивных жидких РАО.....	177
Кошелев А.В., Тихомирова Е.И., Атаманова О.В. Экологичная технология рекультивации почв загрязненных техногенных территорий без транспортировки на полигон.....	182
Лобкова Г.В. Применение гистохимического метода для обнаружения никеля в тканях <i>Raphanus sativus</i>	185
Милютин Н.О., Аверьянова Н.А., Политаева Н.А. Изучение свойств литификата, полученного из фильтрата полигона ТКО.....	188
Миндубаев А.З. Бабынин Э.В., Бадеева Е.К., Минзанова С.Т., Акосах Й.А. Биологическое обезвреживание вещества первого класса опасности - белого фосфора.....	192
Никитина Над.В., Казаринов И.А., Никитина Нат. В., Олискевич В.В., Остроумов И.Г. Высокоэффективные сорбенты на основе природного бентонита для очистки водных объектов от кислородсодержащих анионов.....	195
Ольшанская Л. Н., Татаринцева Е.А., Лазарева Е.Н. Утилизация никеля, цинка, железа из отходов гальваношламов.....	200
Ольшанская Л.Н., Чернова М.А., Волков В.А., Вишнякова Ю.А. Разработка магнитного сорбента для удаления разливов нефти и нефтепродуктов с поверхности вод и почв.....	206
Подрубный Д.Г. Идея создания парковой зоны на территории закрытого полигона ТБО «Кучино» Московской области.....	209
Пугин К.Г., Чудинов В.А., Харитонов А.С. Использование ресурсного потенциала полимерных отходов при производстве дорожного асфальтобетона.....	212
Шепелев И.И., Немеров А.М., Еськова Е.Н., Орлегова Н.В. Разработка инновационных методов экологической реабилитации антропогенно нарушенных территорий в процессе производственной деятельности.....	214
Авторский указатель.....	219

Научное издание

Экологический мониторинг опасных промышленных объектов:
современные достижения, перспективы и обеспечение
экологической безопасности населения

Сборник научных трудов

Под редакцией д-ра биол. наук, профессора Е.И. Тихомировой

Ответственный за выпуск канд. биол. наук, доцент О.В. Абросимова

*За достоверность представленных в сборнике сведений и изложенной
научной терминологии несут ответственность авторы статей*

Подписано в печать 13.12.2019

Формат 60х84 1/16

Бум. офсет.

Усл. печ. л. 13,02.

Уч.-изд. л. 12,9.

Тираж 100 экз.

Заказ № 4043-19/13129.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.
410054 г. Саратов, ул. Политехническая, 77

Отпечатано в ООО «Амирит» 410004, г. Саратов, ул. Чернышевского., 88.
Тел. 8-800-700-86-33 | (8452)24-86-33,
e-mail: zakaz@amirit.ru
Сайт: amirit.ru