

Тульский государственный университет
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева
Российское химическое общество им. Д.И. Менделеева
Тульское отделение Российского химического общества им. Д.И. Менделеева
ТООО Научно-технический центр
ООО «ТУЛЬСКИЙ ДНТ»

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ

ДОКЛАДЫ
XXVIII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

Тула
«Инновационные технологии»
2022

УДК 504.75
ББК 91.9

Современные проблемы экологии: доклады XXVIII всерос. науч.-практич. конференции под общ. ред. В.М. Панарина. – Тула: Инновационные технологии, 2022. – 125 с.

Сборник содержит материалы по проблемам состояния и оценки экологической ситуации, рационального природопользования, экологически чистых химических технологий, очистке газовых выбросов в атмосферу, применению новых методов очистки, утилизации промышленных и бытовых отходов жизнедеятельности людей, вопросам радиологической безопасности, путям и методам решения других вопросов экологии.

Выделены приоритетные направления природопользования: экономика, право, образование, а также перспективы устойчивого развития: взаимодействие органов власти, общества и бизнеса в решении экологических проблем. Даны решения некоторых практических задач охраны окружающей среды.

Материалы предназначены для научных сотрудников, преподавателей высших учебных заведений, аспирантов, студентов и специалистов, занимающихся проблемами экологии и медицины.

Редакционная коллегия:

Академик РАН С.М. Алдошин, Академик РАН В.П. Мешалкин, д.т.н., проф. В.М. Панарин, д.т.н. А.А. Маслова, д.м.н. проф. М.Э. Соколов, к.т.н. Е.И. Вакунин, к.т.н. А.Е. Коряков, В.М. Михайловский, А.П. Метелкин.

Техническая редакция Жукова Н.Н., Путилина Л.П.

ISBN 978-5-6045071-9-3

© Авторы докладов, 2022

© Издательство «Инновационные технологии»,
2022

РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ УТИЛИЗАЦИИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РЕЗЕРВУАРОВ ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ ГРУНТА-РЕКУЛЬТИВАНТА

С.В. Остах¹, В.П. Мешалкин², А.В. Деньгаев¹, Е.В. Бутенко¹, В.М. Калпин³

¹ РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина,

² Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,

³ ООО «ЭКОР-НП»,

г. Москва

***Аннотация.** В статье представлена технология утилизации извлеченных донных отложений резервуаров хранения нефти и нефтепродуктов с получением товарных продуктов – грунта-рекультиванта и извлеченной нефти. Технология основана на применении композиции из гуминовых веществ и разработанного моющего биоразлагаемого средства из неионогенных поверхностно-активных веществ. За счет деэмульгирующих свойств моющего биоразлагаемого средства обеспечивается высокая степень извлечения нефти из отложений и ее возвращение в процесс подготовки. Применение средства совместно с биологическими препаратами и гуминовыми веществами возможно благодаря биоразлагаемости моющего средства.*

В статье отражены результаты лабораторных исследований и стендовых испытаний по применению композиции на основе биоразлагаемого моющего средства и гуминовых веществ.

***Ключевые слова:** утилизация, донные отложения резервуаров, ресурсосбережение, биоразлагаемость.*

Согласно основам государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года одно из актуальных и приоритетных направлений развития в нашей стране – это обеспечение благоприятной окружающей среды и экологической безопасности на территории Российской Федерации [1].

В то же время проблема накопления отходов становится все более актуальной, так как большая часть отходов не перерабатывается во вторичные материальные ресурсы, а направляется на временное складирование. Однако в некоторых случаях условия мест хранения и захоронения отходов не соответствуют требованиям экологической безопасности, и они переходят в разряд объектов негативного воздействия на окружающую среду.

Специфика российской экономики состоит в ее высокой ресурсоемкости, которая обуславливает наибольшую часть отходов деятельности добывающей промышленности. Внедрение комплекса технологий, направленных на повторное применение ценных фракций, их утилизацию во вторичные

материальные или энергетические ресурсы, позволит не только сократить количество захораниваемых отходов, но и оптимизировать энергетический баланс страны за счет роста производства вторичных энергоресурсов и снижения потребности в добыче природного сырья и топлива, и тем самым уменьшить наиболее многотоннажную группу нефтесодержащих отходов, грунтов, выбуренных пород [2] и мест их размещения.

При долговременном воздействии объектов хранения указанных отходов на окружающую среду неизбежно возникает многокомпонентное загрязнение, характеризующееся высокой миграционной способностью [3].

Помимо экологической составляющей важным фактором при выборе альтернатив является экономический фактор при выборе эффективного (рационального) решения при оптимизации химико-технологических систем [4]. Выбор той или иной методики должен опираться на комплексный эколого-экономический подход выбора энергоресурсоэффективных химических технологий [5,6].

Именно поэтому в настоящее время в приоритете стоит разработка технологий, предполагающих вторичное использование переработанных отходов.

В настоящее время одним из перспективных методов утилизации нефтесодержащих отходов, в том числе шламов очистки емкостей от нефти и нефтепродуктов (резервуарных донных отложений), является их реагентная обработка ПАВ с получением на выходе товарной продукции [7]. Важно отметить, что применяемые реагенты должны соответствовать принципам «зеленой» экологии и не быть причиной вторичного загрязнения окружающей среды. Как правило, биологически-мягкие ПАВы характеризуются более низкой деэмульгирующей эффективностью.

С целью решения данной проблемы было разработано моющее биоразлагаемое средство (далее – МБС) из неионогенных поверхностно-активных веществ [9], отвечающее принципам ресурсосбережения и энергоэффективности [4-8] с прогнозируемой результативностью применения (далее – НП АВ).

Деэмульгирующие свойства МБС позволяют достичь высокой степени извлечения углеводов из отходов (более 97 %). МБС является биоразлагаемым средством и не оказывает негативного влияния на окружающую среду. За счет антикоррозионных присадок средство не вызывает повреждения и износа оборудования.

Помимо углеводородного остатка другим продуктом утилизации донных отложений является грунт-рекультивант.

На сегодняшний день широко ведутся разработки различных технологий, совмещающих применение синтетических и органических веществ, с целью снижения токсичности отходов и возможности их дальнейшего применения для рекультивационных работ [6,10,11].

Для отходов с повышенным содержанием тяжелых металлов предлагается использовать композицию на основе МБС и гуминовых веществ (далее – ГВ).

ГВ – природные биоПАВ, являются регулятором важнейших физико-химических и биологических свойств почвы [12,13].

Существует ряд исследований по определению токсичности нефтесодержащих отходов, обработанных композициями на основе ПАВ и гуминовых веществ [14], методом биотестирования на двух тест-объектах.

По результатам анализов исследований были установлены оптимальные варианты соотношений различных концентраций ГВ и НПАВ, при которых снижалась токсичность проб. Кроме того, за счет способности к образованию гумино-металлических комплексов ГВ активизируют процессы солюбилизации неорганических соединений в природной среде, что позволяет использовать их для обработки отходов, содержащих тяжелые металлы.

Целью настоящей работы являлось создание ресурсосберегающей технологии утилизации извлеченных донных отложений на основе композиции МБС и гуминовых веществ.

В качестве гуминового препарата был использован гумино-минеральный комплекс «Био-ГМК» [14].

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Подбор оптимального соотношения МБС и гуминовых веществ для утилизации резервуарных нефтесодержащих донных отложений (далее – ДО).
2. Проведение экспериментальных исследований по оптимизации рецептуры композиции.
3. Проведение стендовых испытаний, необходимых для отработки технологических решений.

Экспериментальные исследования по подбору оптимального соотношения МБС и гуминовых веществ для утилизации резервуарных донных отложений были проведены согласно блок-схеме, представленной на рисунке 1.

Основными этапами являлись:

1. Разработка рецептуры композиции на основе МБС и гуминовых веществ с различным содержанием ГВ;
2. Изучение эффективности очистки донных отложений после применения композиции;
3. Изучение зависимости эффективности очистки от содержания гуминовых веществ в композиции и выявление оптимальной рецептуры композиции.

Подготовленные для экспериментальных исследований образцы представляли собой водный раствор 1%-ого моющего биоразлагаемого средства и гуминовых веществ. Соотношение компонентов композиций приведено в таблице 1.

Процесс отмыва модельного ДО проводился перемешиванием его навески с растворами композиции МБС и ГВ в лабораторных стаканах, помещенных в колбонагреватель с использованием механической мешалки.

Процесс отмыва проходил в соответствии с параметрами, данными в таблице 2.

Таблица 1

Соотношение компонентов в растворах композиций

№ композиции	МБС, масс. %	ГВ, масс. %
1	1	1
2	1	2
3	1	5
4	1	10
5	1	15
6	1	25



Рис. 1. Блок-схема проведения экспериментальных исследований по оптимизации рецептуры композиции

Таблица 2

Параметры отмыва ДО

Параметр	Значение параметра
Температура рабочего раствора композиции	60 °С
Соотношение ДО:раствор композиции	1:4
Скорость механической мешалки	120 об/мин
Время обработки	30 мин

После процесса отмыва суспензия отстаивалась на протяжении суток. Далее верхний углеводородный слой механически удалялся, а отработанный раствор композиции откачивался насосом. После промывки дистиллированной водой осадок переносится на бумажный фильтр «белая лента», расположенный на воронке Бюхнера, для проведения вакуумного фильтрования осадка.

Подготовка проб и определение остаточного нефтесодержания в образцах осадка осуществлялась согласно методике «Экстракция жидкости под давлением...» (англ. Pressurized Fluid Extraction) [15] с использованием экстрактора Thermo Scientific Dionex ASE 150. Процесс экстракции нефтепродуктов необходимо проводить в соответствии с параметрами, представленными в таблице 3.

Таблица 3
Параметры экстракции нефтепродуктов

Параметр	Значение параметра
Растворитель	н-гексан
Объем растворителя на промывку, %	60
Время цикла экстракции, мин	5
Количество циклов экстракции	1
Время продувки, с	100
Давление, МПа	10,3
Температура, °С	100
Объем экстракционной ячейки, мл	5
Масса навески пробы: масса диатомита	4:1

Анализ экстрактов проводился гравиметрическим методом. Для более точных результатов каждая проба была проанализирована в двух повторениях.

По результатам лабораторных исследований была разработана технологическая линия стендовых испытаний технологии.

Технологическая линия утилизации донных отложений включала в себя блоки гомогенизации, центробежного разделения, фильтрации и отстаивания с последующим разделением фаз (рис. 2).

Технологическая линия стендовых испытаний позволяет подключать известные технические решения по электрофлотационному извлечению нефтепродуктов, эмульсий ПАВ [16].

Отобранные в результате стендовых испытаний пробы были проанализированы на остаточное нефтесодержание методом гравиметрии с использованием экстрактора [15] и на токсичность методом биотестирования на двух тест-объектах [10].

Зависимость эффективности степени очистки ДО от углеводородного загрязнения после обработки композициями на основе МБС и ГВ представлена в виде гистограммы на рисунке 3. Наблюдается нелинейная зависимость эффективности композиции МБС и гуматов от концентрации последних.

В результате анализа композиций можно сделать следующие выводы о том, что высший показатель эффективности у композиции с концентрацией гуматов 1 и 15 %, однако, наиболее предпочтительным является использование композиции с 1 % концентрацией гуматов, т. к. высокое содержание гуматов в препаратах может негативно сказаться на состоянии очищаемых почв. Кроме того, согласно ГОСТ 23558-94 [17], п. 4.2.4 не допускается применять композитный почвообразующий грунт, содержащий гумусовые вещества в количестве более 2 %.

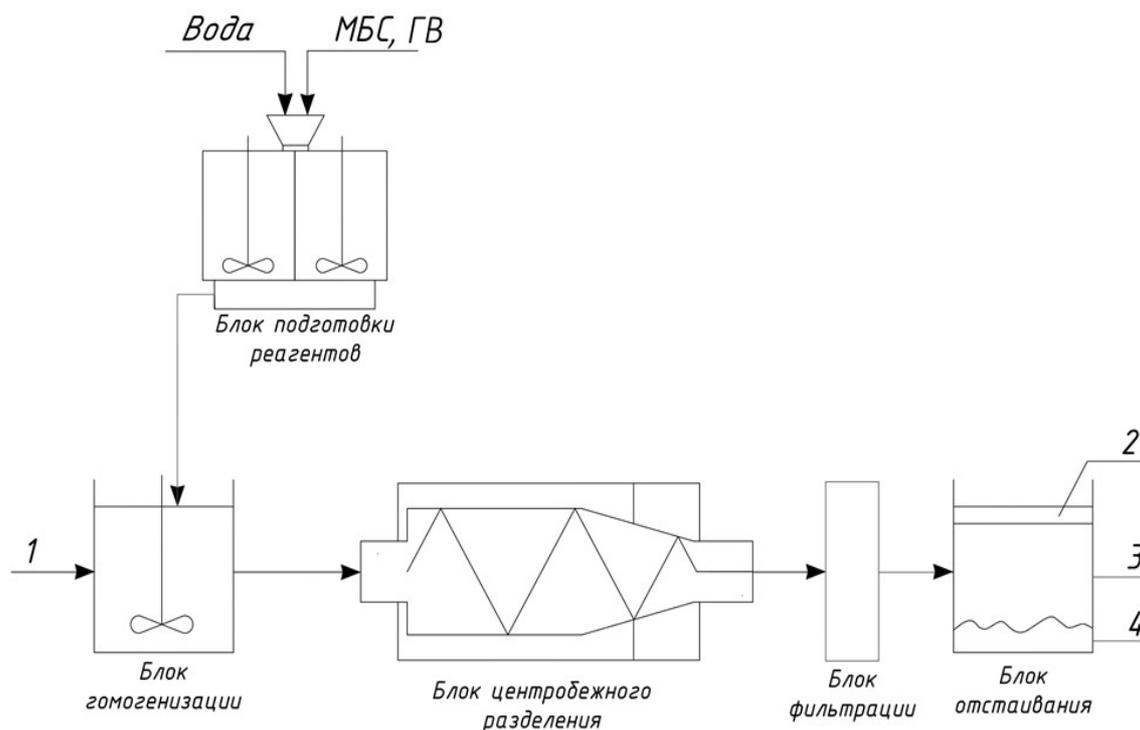


Рис. 2. Технологическая линия стендовых испытаний технологии утилизации донных отложений (1 – отходы донных отложений, 2 – углеводородная фаза, 3 – водная фаза, 4 – твердая фаза)



Рис. 3. Зависимость эффективности композиции от концентрации гуматов в 1 % растворе МБС

Блок-схема стендовых испытаний и данные о применимости композиции применимы при разработке технологических карт, содержащих в себе информацию о стадиях производственного процесса, кадровом составе

специалистов, детализированную характеристику технологических решений и контрольных показателей, требования к безопасности и т.д. [18].

Лабораторные исследования показали эффективность деэмульгирующей способности композиции, а анализ отобранных проб отработанного средства показал отсутствие риска вторичного загрязнения окружающей среды при его использовании.

На основе лабораторных исследований была разработана технологическая линия для проведения стендовых испытаний.

Результаты стендовых испытаний показали отсутствие токсичного эффекта от применения композиции, высокую степень извлечения углеводородов из отходов для последующей утилизации, а также получение твердого осадка, подходящего по составу для применения в качестве грунта-рекультиванта.

Данные, полученные при проведении лабораторных исследований и стендовых испытаний, позволили выявить зависимость эффективности композиции от содержания гуминовых веществ в растворе МБС и оптимизировать рецептуру для утилизации донных отложений резервуаров хранения нефти и нефтепродуктов. Наиболее эффективной оказалась композиция, состоящая из растворов моющего биоразлагаемого средства и гуминовых веществ в соотношении 1:1.

В связи с отсутствием токсичного эффекта отработанного раствора, возможно его использование для обработки территорий нарушенных земель, что позволяет отнести технологию к малоотходным и свести к минимуму ущерб окружающей среде.

Список литературы

1. *Основы государственной политики в области экологического развития России на период до 2030 года (утв. Президентом РФ от 30 апреля 2012 г.).*
2. *Узякова Е.С. Анализ и прогноз динамики и структуры отходов во взаимосвязи с экономическим развитием страны / Е.С. Узякова, О.С. Остах, С.В. Остах // Проблемы прогнозирования. – 2020. – № 1 (178). – С. 135-145.*
3. *Seyedpour, S.M., Kirmizakis, P., Brennan, P., Doherty, R., Ricken, T. Optimal remediation design and simulation of groundwater flow coupled to contaminant transport using genetic algorithm and radial point collocation method (RPCM). Sci. Total Environ. – 2019, 669, 389-399.*
4. *Богомолов Б.Б. Интеллектуальный логико-информационный алгоритм выбора энергоресурсоэффективной химической технологии / Б.Б. Богомолов, В.С. Болдырев, А.М. Зубарев, В.П. Мешалкин, В.В. Меньшиков // Теоретические основы химической технологии. – 2019. – Т. 53, № 5. – С. 483-492.*
5. *Остах С.В. Альтернативная методика подбора технологических решений по обращению с отходами для производственно-технических комплексов / С.В. Остах, Г.Г. Потапов, Н.Ю. Ольховникова // Экологический вестник России. – 2020. – № 2. – С. 48-55.*
6. *Николаева А.В. Идентификация и прогнозирование применения наилучших доступных технологий обезвреживания нефтесодержащих отходов*

/ А.В. Николаева [и др.] // Экологический вестник России. – 2017. – № 2. – С. 14-18.

7. Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 декабря 2021 года № 2964 «Об утверждении информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям «Утилизация и обезвреживание отходов (кроме термических способов)».

8. Остах С.В., Бутенко Е.В. Разработка технологии производства и применения моющего биоразлагаемого средства [Электронный ресурс] / Сборник тезисов 74-й Международной молодежной научной конференции «Нефть и газ – 2020». Том 2. – URL: https://neftegaz.gubkin.ru/site/assets/files/4214/74ng_sbornik_tezisov_tom2.pdf (дата обращения: 01.11.2020).

9. ТУ 20.41.32-002-41289053-2020 Моющее биоразлагаемое средство.

10. ГОСТ Р ИСО 22030-2009. Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений.

11. Бархатова О.А. Гуматы, как антидоты при интоксикации нефтепродуктами [Электронный ресурс] / Российский фонд фундаментальных исследований [Официальный сайт] – URL: https://www.rfbr.ru/rffi/portal/project_search/o_256989 (дата обращения: 13.12.2020).

12. Попов А.И. Гуминовые вещества: свойства, строение, образование / Под ред. Е.И. Ермакова. – СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2004. – 248 с.

13. Дергачева М.И. Экологические функции гумуса / Гуминовые вещества в биосфере / Сборник тезисов 2-й Международной конференции СПб., 2003.

14. ТУ 20.59.59.900-001-42977967-2020 Препарат «Гумино-минеральный комплекс Био-ГМК».

15. EPA method 3545 Pressurized Fluid Extraction (PFE) [Электронный ресурс] // United States Environmental Protection Agency [Официальный сайт]. – URL: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/epa-3545a.pdf> (дата обращения: 10.11.2020).

16. Колесников В.А. Ил-электрофлотация в очистке сточных вод от нефтепродуктов, красителей, ПАВ, лигандов и биологических загрязнений / В.А. Колесников, В.И. Ильин, А.В. Колесников // Теоретические основы химической технологии, 2019. – Т. 53, № 2. – С. 205-228.

17. ГОСТ 23558-94. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия.

18. Павлов С.Ю. Совершенствование химико-технологических процессов на основе системного анализа / С.Ю. Павлов, Н.Н. Кулов, Р.М. Керимов // Теор. осн. хим. технол., 2014. – Т. 48, № 2. – С. 131.

УГЛЕРОДНЫЙ ВОЛОКНИСТЫЙ СОРБЕНТ В ПРОЦЕССАХ ОЧИСТКИ ВОДОРАСТВОРИМЫХ СТОКОВ

И.И. Меньшова, Е. Заболотная

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
г. Москва

Аннотация. Проведен анализ эффективности очистки углеродным волокнистым сорбентом сточных вод, содержащих органические соединения. Исследовано влияние молярной массы и размера молекулы органического вещества на процесс адсорбции. Показано, что активация острым паром углеродного волокна приводит к изменению структуры углеродного волокна. Рассчитана эффективность сорбции органических соединений активированным и не активированным углеродным волокном.

Сорбция представляет собой один из наиболее эффективных методов глубокой очистки от растворенных органических веществ сточных вод разных отраслей промышленности. Эффективность сорбции обусловлена прежде всего тем, что сорбенты способны извлекать из воды многие органические вещества, в том числе и биологически не удаляемые из нее другими методами. При использовании высокоактивных сорбентов воду можно очистить от загрязняющих веществ (сорбатов) до практически нулевых остаточных концентраций. Адсорбционные свойства сорбентов определяются природой поверхности, ее химическим состоянием и структурой пор. Исследования свойств поверхности позволяют количественно охарактеризовать происходящие при адсорбции межмолекулярные взаимодействия адсорбат – адсорбент, что необходимо для понимания ряда факторов, управляющих адсорбционными процессами и обеспечивающих возможность выбора и разработки эффективных адсорбентов с необходимыми свойствами для решения конкретных задач.

Активированные углеродные сорбенты - эластичные материалы, являются наиболее перспективным современным материалом технического назначения. Углеродные волокна (УВ) относятся к материалам третьего поколения. Обладая комплексом ценных свойств, таких как высокие механические показатели, низкая плотность, высокие термо- и теплостойкость, эти материалы позволяют решать ряд сложных задач в различных областях техники, авиа- и ракетостроении, машиностроении, медицине, а также используются в качестве эффективных сорбентов органических соединений [1-3]. Углеродные волокна получают карбонизацией и активацией полимерных волокон.

В результате получают активный углеродный материал, состоящий из нитей толщиной 6-10 микрон, благодаря чему обеспечивается чрезвычайно развитая поверхность контакта сорбента с водой, а, следовательно – высокая скорость удаления примесей. Волокнистая структура слоев материала обеспечивает невысокое гидравлическое сопротивление слоя сорбента.

На рисунке 1 представлен процесс получения углеродного волокна из ПАН волокон, который включает в себя 3 стадии:

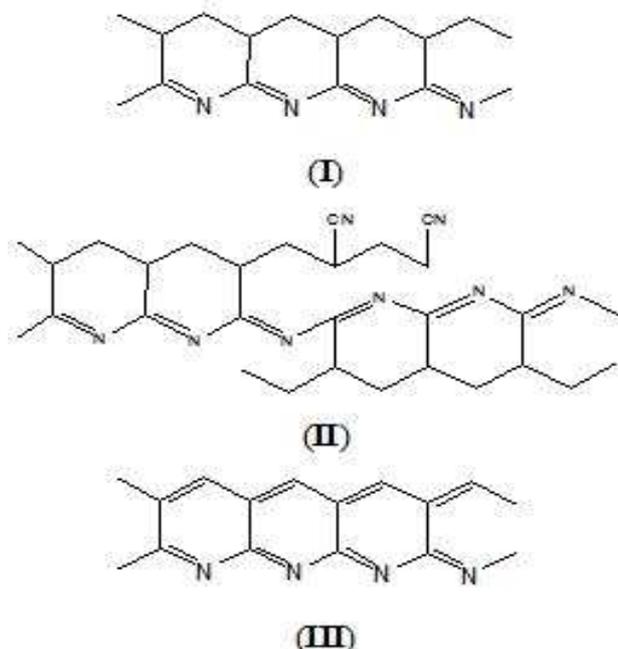


Рис. 1. Получение углеродного волокна из ПАН волокон: I – продукт первой ступени термической обработки имеющий лестничную структуру; II – продукт второй стадии, полимер графитоподобной структуры; III – продукт третьей обработки, имеющий указанную химическую структуру.

Процесс активации начинается с карбонизации (при температуре 650-950°C), далее следует процесс активации карбонизованного полимера и получают активный сорбент. Волокнистая структура позволяет создавать адсорбенты в виде лент, тканей, нитей, волокон, нетканых материалов, что открывает неограниченные возможности аппаратного оформления процессов.

Широкий диапазон использования эластичных адсорбентов обусловлен высокими кинетическими характеристиками и максимальной степенью использования статической активности адсорбента в динамических условиях. При этом высота слоя адсорбента в несколько раз меньше слоя зернистого сорбента, обеспечивающего аналогичный эффект адсорбционной очистки.

В таблице 1 представлены свойства углеродных волокон в сравнении с активированными углями.

Активированные углеродные волокна отличаются высокой кинетикой извлечения органических веществ из водных растворов.

Исследования пористой структуры углеродного активированного и не активированного волокна марки А - М проводились на объемной высоковакуумной установке ASAP-2020 MP Micromeritics USA в интервале относительных давлений 10^{-6} - 0,99 мм. рт. ст. при температуре -195,89 °С. Установка оснащена программным обеспечением, позволяющим провести расчет пористой структуры исследуемого волокна. Расчет проводится с использованием уравнений Ленгмюра, БЭТ, Дубинина – Стекли, Дубинина –

Астахова. [4]. Параметры пористой структуры активированного и не активированного образцов представлены в таблице 2.

Таблица 1
Свойства углеродных волокон (УВ) и активных углей

Характеристики	Тип углеродного сорбента				
	УВ А	УВ В	УВ С	УВ Д	Активные угли
Диаметр, мкм	6-11	7-18	11-17	9-10	1000-3000
Удельная поверхность, м ² /г	700-1200	700-1550	700-2200	700-2500	500-950
Внешняя удельная поверхность, м ² /г	1,0-1,5	1,0-2,0	0,5-1,0	0,2-0,7	0,01
Диаметр пор, нм	2-3	1-3	1-3	1-3	4-6
Адсорбция бензола, г/г	0,20-0,40	0,20-0,55	0,20-0,60	0,20-0,75	0,20-0,35
Содержание углерода, %	88-91	92-95	92-95	92-95	80-90

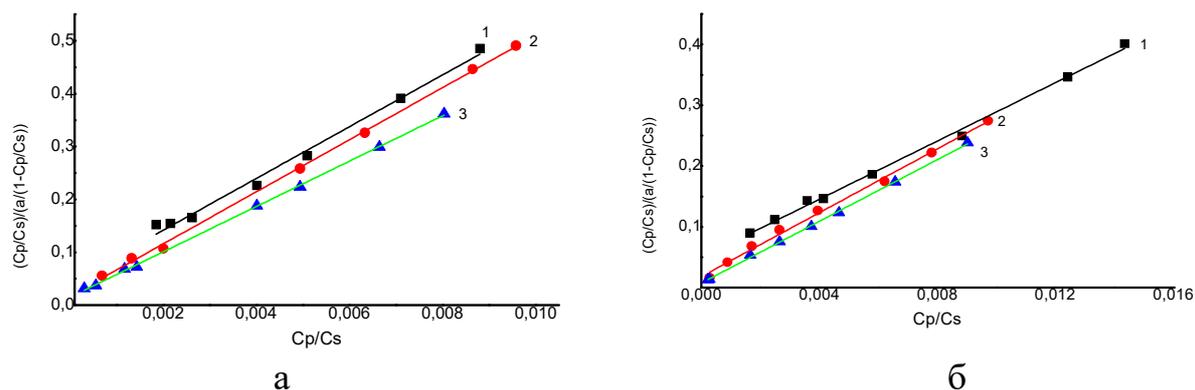
Таблица 2
Параметры пористой структуры углеродного волокнистого сорбента марки А-М

Волокно	S общ. удел. пов-ти, м ² /г		S мезопор, м ² /г	S микропор, м ² /г	W ₀ микропор, см ³ /г / X ₀ микропор, нм	
	БЭТ	Ленгмюр	Ленгмюр	Дубинин-Стекли	Дубинин-Астахов	
неактивированное	892,9	1103,3	111,1	1346,3	0,41	0,65
активированное	1135,1	1404,6	185,8	1585,7	0,53	0,79

Методика определения объема микропор W_0 и характеристической энергии адсорбции E_0 по теории объемного заполнения микропор (ТОЗМ), расчета полуширины микропор X_0 по обобщенному уравнению Стекли [4,5]

Для определения количества поглощенного 1-амино-9,10-диоксо-4-метиламиноантрацен-2-карбоксамид волокнистым сорбентом использованы изотермы в координатах БЭТ. На рисунке 2 представлены изотермы 1-амино-9,10-диоксо-4-метиламиноантрацен-2-карбоксамид в координатах БЭТ

Исследование сорбционной емкости и эффективности использования углеродного волокнистого сорбента марки А-М. представлено в таблице 3. Рассчитана эффективность сорбции ароматическими соединениями активированным и не активированным углеродным волокном марки АУТ – М, показано, что активация острым паром положительно влияет на сорбцию ароматических соединений.



1 – 20 °С, 2 – 40 °С, 3 – 70 °С

Рис. 2. Изотермы адсорбции растворов 1-амино-9,10-диоксо-4-метиламиноантрацен-2-карбоксамид на а) сорбент А-М, б) активированном А – М в координатах уравнения БЭТ

Таблица 3

Значение сорбционной емкости и эффективности использования неактивированного углеродного волокнистого сорбента марки А-М

Название органического вещества	Молярная масса	Значения концентрации, сорбционной емкости, эффективности	Масса навески адсорбента (Mс)=50мг; Объем исследуемого раствора (V)=1000 мл, C _i =2,4,6,8,10 мг/л				
			4	5	6	7	8
неактивированного углеродного волокнистого сорбента марки А-М.							
p - нитроанилин	138,12	Г _i *10 ⁻⁴ , мг/мг	75,6	88,6	103,2	109,2	123,4
		Э _i , %	94,5	92,3	92,2	85,3	77,3
1-амино-9,10-диоксо-4-метиламиноантрацен-2-карбоксамид	639,419	Г _i *10 ⁻⁴ , мг/мг	98,4	117,6	137,2	156,6	174,8
		Э _i , %	97,4	97	97	97,9	97,1
активированного углеродного волокнистого сорбента марки А-М.							
p - нитроанилин	138,12	Г _i *10 ⁻⁴ , мг/мг	79	93	107,5	114,9	137,8
		Э _i , %	98,8	97,5	96,1	89,8	73,6
1-амино-9,10-диоксо-4-метиламиноантрацен-2-карбоксамид	639,419	Г _i *10 ⁻⁴ , мг/мг	98,8	118,2	137,4	157	175,8
		Э _i , %	98,8	98,5	98,1	98,1	97,7

Наилучшая сорбируемость из водных растворов наблюдается у гидрофобных веществ. Этим можно обосновать что сорбируемость органических соединений возрастает с увеличением углеродной цепи и молекулярной массы. [6].

Список литературы

1. Варшавский В.Я. Углеродные волокна / В.Я. Варшавский. – М.: Варшавский, 2007. – 500 с.

2. Беляева О.А. Исследование процесса окисления полиакрилонитрильных волокон / О.А. Беляева, Д.И. Кривцов [и др.] // Хим. Волокна, 2012. – №5. – С. 7-12.

3. Лысенко В.А. Углеродные волокнистые пористые токопроводящие подложки для водородной энергетики / В.А. Лысенко // Хим. Волокна, 2009. – №2. – С. 48-52.

4. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники / Н.В. Кельцев. – М.: Химия, 1984. – 592с.

5. Chien-To Hsieh, Hsisheng Teng. Influence of mesopore volume and adsorbate size on adsorption capacities of activated carbons in aqueous solutions // Carbon, 2000. – № 38. – P.863-869.

6. Когановский А.М. Адсорбция органических веществ из воды / А.М. Когановский, Н.А. Клименко [и др.]. – Л.: Химия, 1990.

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОРБЕНТ В ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД, СОДЕРЖАЩИХ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

И.И. Меньшова, Е. Заболотная

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
г. Москва

***Аннотация.** Изучено влияние массы сорбента, температуры и рН среды на процесс сорбции, определена сорбционная емкость и эффективность очистки для гидроантрацитов-А различных фракций, изучены различные методы активации гидроантрацита и их влияние на сорбционную емкость и эффективность очистки. Произведен анализ эффективности очистки гидроантрацитами растворов остаточных красильных ванн и промывных вод после крашения прямыми красителями. Исследованы различные фракции гидроантрацитов-А фракции в качестве сорбентов в адсорбционной очистке сточных вод, содержащих органические соединения. Исследовано влияние массы сорбента на процесс сорбции в статистических условиях. Показано, что с увеличением массы сорбента процесс адсорбции проходит более эффективно. Показано, что повышение сорбционной активности увеличивается при комбинированном активировании сорбента.*

Создание высокоэффективных технологий очистки сточных вод необходимо в целях обеспечения эффективного водопользования и охраны водных объектов от загрязнения [1]. Интенсивное развитие сорбционных технологий предъявляет все более жесткие требования к таким свойствам адсорбентов, как высокая сорбционная способность, определяемая пористой структурой, наличие поверхностных функциональных групп и эксплуатационные характеристики, обусловленные степенью частоты, устойчивостью к истиранию, стоимостью.

В связи с этим в промышленной практике в качестве сорбентов наибольшее применение получили пористые углеродные материалы – активные угли. Их получают из различных видов органического сырья: торфа, древесного материала, бурого и каменного угля, антрацита, отходов кожевенной промышленности, веществ животного происхождения (костей), скорлупы кокосовых орехов, косточек плодов.

Среди множества прекурсоров для получения активных углей антрацит является одним из наиболее подходящих сырьевых источников.

Важной предпосылкой для получения адсорбентов из антрацита является то, что мелкая фракция, высвобождаемая в процессе угледобычи, является практически отходом. Кроме того, такой зернистый исходный материал не нуждается в дополнительном размельчении, а лишь в отборе нужной фракции. Все это делает антрацитовую мелочь дешевым, доступным, имеющимся в изобилии сырьевым источником.

Физико-механические и структурные показатели качества дробленых и гранулированных сорбентов из антрацита представлены в таблице 1 [1,2,3].

Таблица 1

Сравнительная оценка качества дробленых и гранулированных сорбентов

Сорбент	$\chi_{\text{нас}}$, г/см ³	П, %	$S_{\text{уд}}$, м ² /г	Объемы пор, см ³ /г			
				V_{Σ}	$V_{\text{ми}}$	$V_{\text{ме}}$	$V_{\text{ма}}$
Дробленый антрацит АУ марки АР-В	0,49	72,0	660	0,390	0,254	0,042	0,094
	0,60	75,0	-	0,520	0,240	0,040	0,0240
Гранулированный антрацит	0,40	73,2	745	0,690	0,268	0,101	0,321
	-	73,0	-	0,600	0,280	0,040	0,280
	0,55	70	-	0,640	0,260	0,090	0,290

Примечание к таблице 3: $\chi_{\text{нас}}$ – насыпная плотность; П – прочность; $S_{\text{уд}}$ – удельная поверхность; V_{Σ} – суммарный объем пор; $V_{\text{ми}}$ – объем микропор; $V_{\text{ме}}$ – объем мезопор; $V_{\text{ма}}$ – объем макропор; АУ – активированный уголь.

Особая роль принадлежит углеродным сорбентам – активным углям. Данные адсорбенты удовлетворяют ряду таких требований, как доступность, низкая стоимость, хорошие фильтрующие свойства, высокая сорбционная емкость, способность к регенерации, соблюдение которых является обязательным при очистке сточных вод. Были исследованы следующие углеродные сорбенты – Активированный уголь марки БАУ-А и Гидроантрацит-А различных фракций.

Таблица 2
Характеристика исследуемых адсорбентов

№	Вид исследуемого адсорбента	Размер фракции мм
1	Активированный уголь БАУ-А	1,0-3,6
2	Гидроантрацит А	0,8-2,0
3	Гидроантрацит А	2,0-4,0
4	Гидроантрацит А	3,0-6,0

Представленные сорбенты были использованы в процессах адсорбции, осуществляемых на модельных растворах, содержащих 5-сульфонатонафталиндиазоний, тринатриевую соль 4-(2-(4-нитро-2сульфофенил) винил)-3 сулфо-4¹ (4- сулфофинилазо,N,O,N-азоксибензол).

Наибольшей сорбционной способностью среди гидроантрацитов обладает адсорбент фракции 0,8-2,0 мм.

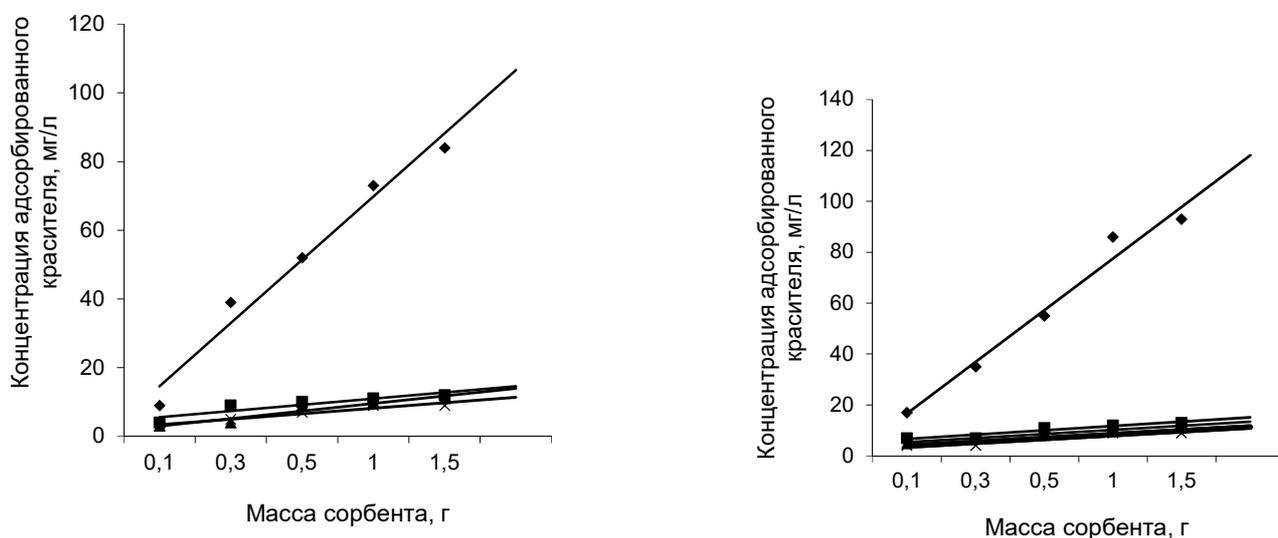


Рис. 1. Графики зависимости количества адсорбированного 5-сульфонатонафталиндиазоний, от массы навески исследуемых сорбентов, взятой для процесса адсорбции
1 – Активированный уголь БАУ-А; 2 – Гидроантрацит-А фракция 0,8-2,0 мм;
3 – Гидроантрацит-А фракция 2,0-4,0 мм; 4 – Гидроантрацит-А фракция 3,0-6,0 мм;
а – время сорбции 30 мин.; б – время сорбции 60 мин.

Наибольшей сорбционной способностью среди гидроантрацитов обладает адсорбент фракции 0,8-2,0 мм.

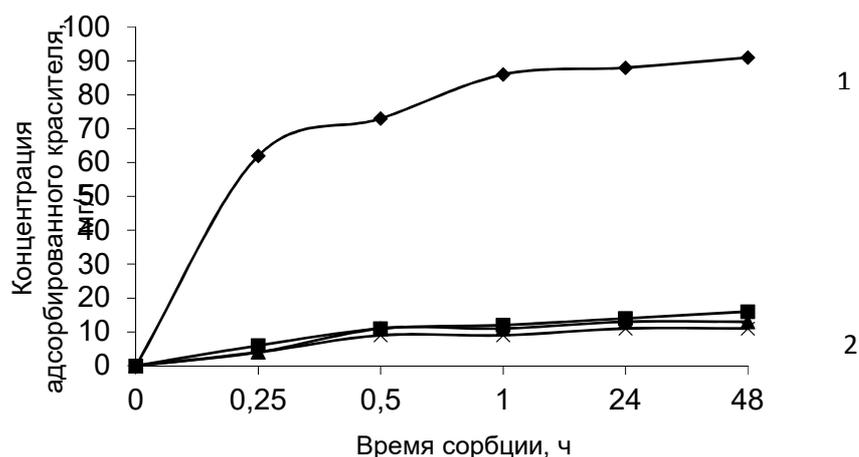


Рис. 2. Кинетические кривые сорбции адсорбированного 5-сульфонатонафталиндиазоний
 1 – Активированный уголь БАУ-А; 2 – Гидроантрацит-А фракция 0,8-2,0 мм;
 3 – Гидроантрацит-А фракция 2,0-4,0 мм; 4 – Гидроантрацит-А фракция 3,0-6,0 мм

Из приведенной кинетической кривой сорбции адсорбированного 5-сульфонатонафталиндиазоний, изучаемыми сорбентами следует, что равновесие в системе адсорбат – адсорбент наступает при времени сорбции 0,5 ч. Максимальная адсорбция 5-сульфонатонафталиндиазоний, тринатриевую соль 4-(2-(4-нитро-2сульфофенил)винил)-3 сульфо-41 (4-сульфофинилазо, N,O,N-азоксибензол сорбентом Гидроантрацитом-А всех фракций наблюдается в интервале температур от -2°C до 20°C и остается постоянной в указанных пределах. Значение рН оказывает достаточно сильное влияние на адсорбцию органических веществ из водных растворов на пористых неполярных сорбентах.

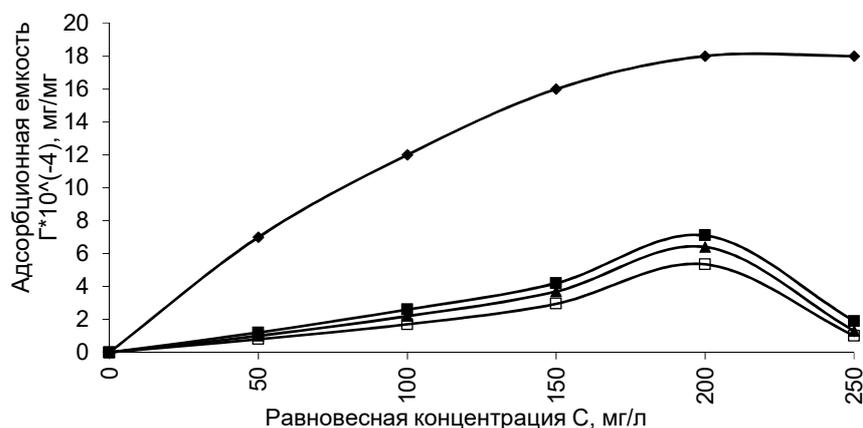


Рис. 3. Изотерма адсорбции 5-сульфонатонафталиндиазония
 1 – Активированный уголь БАУ-А; 2 – Гидроантрацит-А фракция 0,8-2,0 мм;
 3 – Гидроантрацит-А фракция 2,0-4,0 мм; 4 – Гидроантрацит-А фракция 3,0-6,0 мм.

Очевидно преимущество сорбции более мелкими фракциями гидроантрацита по сравнению с крупными фракциями. Сорбционная активность гидроантрацита А всех фракций уступает активированному углю марки БАУ-А. Поэтому необходимо повысить сорбционную способность гидроантрацита.

Активацию проводили путем термообработки, химической модификации и совместной термообработки с последующей химической модификацией. [4,5]. Активация способом термообработки при 300°C в течение 360 мин. незначительно повышает адсорбционные свойства антрацита. Термообработка в среде водяного пара повышает адсорбционную способность с увеличением времени и температуры обработки, но заметно не влияет на адсорбцию по сравнению с антрацитами, активированными в среде кислорода воздуха.

Было установлено, что наибольшей адсорбционной способностью обладает сорбент фракции 0,8-2,0 мм, прошедший активацию комбинированным методом термообработки в среде водяного пара (900°C; 240 мин.).

Список литературы

1. Когановский А.М. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении / А.М. Когановский, Н.А. Клименко, Т.М. Левченко, Р.М. Марутовский, И.Г. Рода. – М.: Химия, 1983. – 288 с.: ил.

2. Кинле Х. Активные угли и их промышленное применение/ Пер. с нем / Х. Кинле, Э. Бадер. – Л.: Химия, 1984. – 216 с.: ил. – Штутгарт, 1980.

3. Айвазов Б.В. Практикум по химии поверхностных явлений и адсорбции / Б.В. Айвазов. – М.: Высшая школа, 1973. – 208 с.: ил.

4. Кузнецов Б.Н. Получение пористых углеродных материалов высокоскоростным нагревом и предварительной химической модификацией антрацитов / Б.Н. Кузнецов, М.Л. Щипко, Н.В. Чесноков, Т.П. Милошенко, Л.В. Сафонова, Е.В. Веприкова, А.М. Жижжаев, Н.И. Павленко // Химия в интересах устойчивого развития. – 2005. – №13. – С. 521-529.

5. Коссинский В.А. Получение фильтрующих материалов, адсорбентов и пигментов из высокозольных антрацитов и отходов их обогащения / В.А. Коссинский, А.А. Гонцов // Разведка и охрана недр. – 2006. – №13. – С. 46-49.

ВЛИЯНИЕ МОРФОЛОГИИ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ

А.А. Мирошкина^{1,2}

¹ Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН,

² Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет),
г. Санкт-Петербург

Аннотация. В работе рассматривается возможность модификации эпоксидных смол галлуазитами природного и искусственного происхождения для достижения улучшенных эксплуатационных свойств полимерного материала и его дальнейшего использования, в том числе – для решения задач экологии.

Полимерные материалы уже долгое время являются неотъемлемой частью жизни благодаря своим свойствам и практичности при использовании. По сей день ведутся исследования по созданию материалов с улучшенными характеристиками. Для достижения повышенных эксплуатационных свойств композитов предполагается введение различных наполнителей, применение которых позволяет решить некоторые проблемы, связанные с эксплуатацией и долговечностью. Эпоксидные смолы являются ярким представителем класса полимеров и имеют широкий спектр использования, поэтому варьирование их свойств за счёт модификаций наполнителями на данный момент является актуальной темой для исследований [1].

Модификация эпоксидных смол галлуазитами рассматривалась ранее как один из вариантов повышения их физико-механических свойств. Способ подтвердил свою эффективность, однако в качестве наполнителей обычно рассматривались исключительно нанотрубки. В данном исследовании в качестве наполнителя для эпоксидных смол были использованы два образца галлуазитов – природный нанотрубчатый и синтетический со сферической формой. Были получены образцы с содержанием галлуазитов в количестве 1, 2, 3, 4 и 5 мас. %. В дальнейшем образцы проверялись на твёрдость и на предел прочности при сжатии.

Результаты исследований на твёрдость представлены на рисунке 1.

Как видно из представленных данных показатели твёрдости отверждённой эпоксидной смолы кардинально отличаются друг от друга и в данном случае лучше всего себя показывает синтетический галлуазит, равномерно повышающий твёрдость образцов, когда как природный резко её снижает. Твёрдость является важным показателем полимерного материала, так как является критерием для выбора направления его дальнейшего использования.

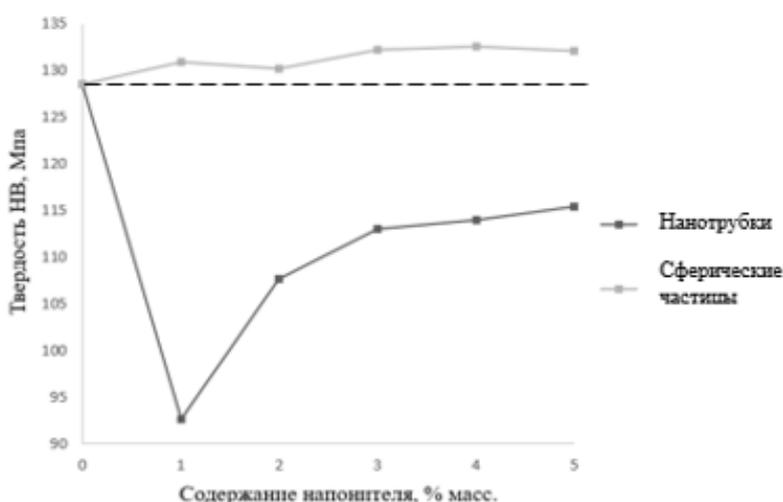


Рис. 1. Зависимость твердости отвержденной эпоксидной смолы от типа и количества наполнителя

Результаты испытаний на предел прочности при сжатии не показывают наличия какой-либо зависимости, что говорит о необходимости выборки среди соотношений компонентов для достижения лучших показателей. Учитывая

показатели твёрдости синтетический галлуазит со сферической морфологией показывает себя лучше, чем природный нанотрубчатый.

Данные материалы можно использовать для изготовления мембран для очистки сточных вод. Природная стойкость эпоксидных смол к агрессивным средам и дополнительные свойства, придаваемые ей наполнителем, могут быть выгодными для использования в этом направлении.

Результаты проверки на предел прочности при сжатии представлены на рисунке 2:

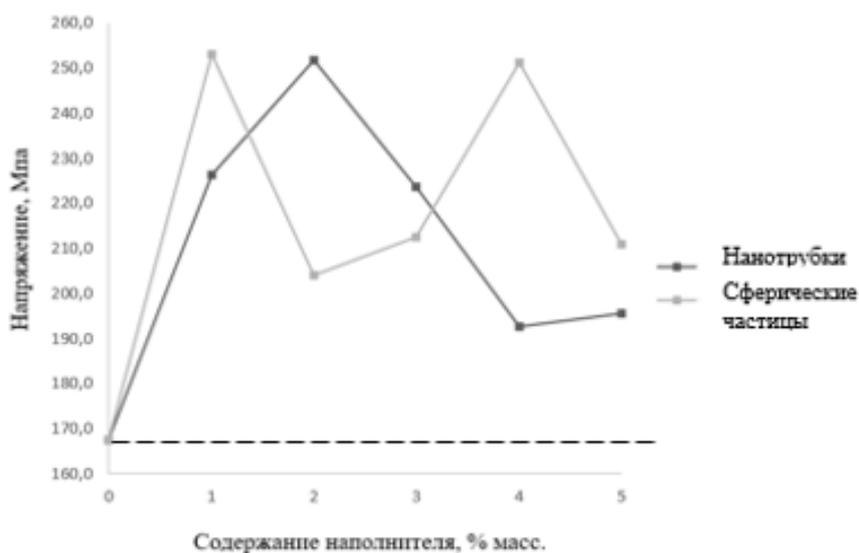


Рис. 2. Влияние типа и количества наполнителя на предел прочности при сжатии

Список литературы

1. Ткач Е.В. Влияние галлуазитовых нанотрубок на физико-механические свойства эпоксидных композитов / Е.В. Ткач, М.И. Бичаев // *Строительство и реконструкция*. – 2020. – № 3. – С. 120 – 130.

СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КРОЛИКОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ МОДУЛЕ

А.С. Былеев
Псковский государственный университет,
г. Псков

Аннотация. Представлен обзор и анализ способов снижения газовых выбросов при выращивании кроликов в технологическом модуле, приведены положительные и отрицательные стороны различных способов.

Ключевые слова: кролиководство, технологический модуль, микроклимат, технология содержания и выращивание кроликов, снижения газовых выбросов.

Технологический модуль (мини-ферма) для выращивания кроликов (разработан в ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии) представляет из себя клетки, разбитые на секции, в которых живут кролики. Использование нескольких ярусов клеток повышает выход продукции с 1 м² площади. Модуль прост в обслуживании, позволяют осуществить замкнутый цикл производства. Главным минус технологического модуля является сложность конструкции и необходимость удаления газов внутри модуля.

Пороговые значения параметров внутреннего воздуха согласно НТП-АПК 1.10.06.001-00: скорость движения воздуха не должна превышать 0,3 м/с; содержание аммиака NH₃ не более 0,01 мг/л; содержание сероводорода H₂S не более 0,01 мг/л; содержание углекислого газа не более 0,25 %

Микроклимат в модуле создается за счет воздухообмена. Воздух в технологическом модуле для выращивания кроликов по газовому составу в значительной степени отличается от атмосферного. Образование газов возникает в результате реакции окисления, брожения отходов (навоза, подстилки), пропитанных мочой. В выбросах содержится аммиак, сероводород, аллергены, летучие органические соединения. Можно отметить, что «загазованность» технологического модуля отражается не только на здоровье кроликов, но и на здоровье людей, обслуживающих модуль. Снижение вредных газовых выбросов, это насущное требование и забота о здоровье как людей, работающих в модуле, так и кроликов, находящихся внутри модуля.

Попадая через лёгкие в кровь, аммиак преобразует гемоглобин в щелочной гематин, то есть связывает железо гемоглобина, благодаря которому переносятся молекулы кислорода. Вследствие этого снижается содержание гемоглобина и эритроцитов, развивается анемия и блокируется дыхательная функция крови. Попадая с кровью в печень, аммиак при помощи ферментов преобразуется в намного менее токсичное соединение — мочевины, которая, однако, не вся выводится из организма, через капилляры поставляется в ткани. Таким образом, загазованность аммиаком приводит к ухудшению вкусовых качеств мяса.

При сверхнормативном содержании углекислого газа у кроликов нарушается интенсивность дыхания, учащается пульс, развивается ацидотическое состояние (сдвиг кислотно-щелочного равновесия в кислую сторону), нарушается обмен веществ, создаются условия, благоприятствующие активизации условно патогенной микрофлоры и возникновению различных заболеваний.

Концентрация аммиака в 680 мг/м³ вызывает у кроликов кровоизлияние в трахеи и бронхи, фибринозное воспаление плевры, появление экссудата в плевральной полости и сердечной сорочке, перерождение паренхимы печени и почек. Концентрация аммиака в 350-500 мг/м³ опасны для жизни, а в 700 мг/м³ после 3,5 часового воздействия вызывают быструю смерть (по исследованиям Зооинженерного факультета МСХА им. К.А. Тимирязева).

Для повышения эффективности кролиководства, улучшения экологической безопасности важно уделять внимание микроклимату в помещении технологического модуля и снижению газовых выбросов.

Обеспечение санитарно-гигиенических условий содержания - один из надежных методов поддержания здоровья, и повышения продуктивности кроликов при снижении расходов кормов, роста технико-экономических показателей работы предприятия.

Правильно подобранный воздухообмен с подогревом в холодный период времени позволяет частично осуществить снижение выбросов газов, но этого недостаточно. Поэтому другим способом, кроме воздухообмена, является применение разных способов аэрации навозной жижи или биопрепараты, которые снижают запах навоза до 80 %.

Снижение выбросов может достигаться: а) регулярной уборкой отходов; б) установками, не позволяющие перемешиваться калу и мочи, при которых выделяется аммиак и другие газы; в) специальными установками, смывающими отходы; г) установками, позволяющими очищать воздушную среду внутри модуля; д) установками, отводящими отходы и другими способами. Наиболее эффективное снижение уровня газов достигается комбинированными способами.

Важный критерий снижение выбросов газов, не только удалить из клетки жидкую фракцию и твердые шарики, но и удалить их из модуля. При любом способе удаления будет частичное перемешивание и образование выделения газов, нужно стремиться минимизировать эти выделения.

Вывод. Снижение газовых выбросов при производстве крольчатины в технологическом модуле позволит снизить нагрузку на экологию, повысить качество микроклимата и производительность модуля, улучшить качество продукции, улучшить условия труда людей, снизить расхода воды, потребление корма, затраты труда и падеж животных.

Список литературы

1. Белов А.А. Влияние микроклимата на процесс выращивания кроликов / А.А. Белов, А.В. Трифанов // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2016. – № 90. – С. 144-151. – EDN XELLRD.

2. <https://pokcer.ru/ventilation/>

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПОЛУЧЕНИЮ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ БИОПРЕПАРАТОВ-НЕФТЕДЕСТРУКТОРОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ И НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

А.В. Нечаева, С.В. Остах

Российский государственный университет нефти и газа
(национальный исследовательский университет) им. И.М. Губкина,
г. Москва

Аннотация. В настоящее время развитие биотехнологии в области обезвреживания загрязненных нефтяными углеводородами почв, а также в области утилизации нефтеотходов является одним из самых значимых направлений современной науки. Преимущество использования нефтеокисляющих микроорганизмов заключается в том, что они могут разрушить нефть до углекислого газа и воды, поэтому поиск таких бактерий является ключевой задачей при производстве биопрепарата, разлагающего нефть и нефтепродукты в загрязненной среде. Однако в настоящее время такие биопрепараты значительно отличаются друг от друга способами формирования консорциума, форме производства и др. В связи с этим целью данной работы было проанализировать различные подходы к получению отечественных биопрепаратов-нефтедеструкторов, предназначенных для обезвреживания загрязненных почв и нефтесодержащих отходов. Одна из главных задач в биоремедиации – это изучение путей разложения загрязнителей микроорганизмами и на основании этого поиск способа ускорения процесса деструкции нефти, что позволит в свою очередь разработать лучшие технологии биоремедиации, поэтому в статье особое внимание уделено факторам, влияющим на этот процесс. Данные факторы могут служить основой классификации биопрепаратов. Было проведено сравнение некоторых биопрепаратов по температурному диапазону их работы, по составу их консорциумов, спектру действия, нефтеокисляющей способности и др.

Зависимость человечества от нефти и нефтепродуктов как от источников энергии привела к ухудшению экологической обстановки, связанному с увеличением доли этих загрязнителей в окружающей среде [1]. В последнее время был достигнут значительный прогресс в методе биоремедиации, которая обеспечивает эффективное обезвреживание нефтешламов, а также очищение и восстановление загрязненной нефтью почвы благодаря экологически чистым технологиям и при достаточно низких затратах [2]. На данный момент развитие биотехнологии в области рекультивации нарушенных и деградированных земель, а также в области утилизации нефтеотходов является одним из самых значимых направлений современной науки [3]. Это актуальное и сложное направление, в котором проводится множество исследований, т.к. процесс восстановления окружающей среды с помощью микроорганизмов является перспективным решением экологических проблем [3; 4]. Преимущество

нефтеокисляющих микроорганизмов заключается в том, что они могут разрушить нефть до углекислого газа и воды, поэтому поиск таких бактерий является ключевой задачей при разработке биопрепарата, разлагающего нефть и нефтепродукты в загрязненной среде [5; 6], однако формирование консорциумов биопрепаратов, форма выпуска и другие особенности получения значительно отличаются у разных биопрепаратов. В связи с этим целью данной работы было проанализировать различные подходы к получению отечественных биопрепаратов-нефтедеструкторов, предназначенных для обезвреживания загрязненных почв и нефтесодержащих отходов.

Биоремедиация – метод, который обеспечивает разложение органических загрязнителей до безвредных веществ или до безопасного уровня ниже предельных концентраций с помощью живых организмов, в частности бактерий [7; 8]. Технологии биоремедиации можно разделить на две большие группы: те, которые происходят непосредственно на месте загрязнения (*in situ*) и те, при которых загрязненный грунт или отход отвозится для очищения в другое место (*ex situ*) [9]. На выбор способа влияют многие факторы, среди них можно отметить природу загрязнителя, глубину, степень загрязнения, окружающую среду и другие [10]. Однако в любом случае целью биоремедиации является создание оптимальных условий для микроорганизмов (температура, pH, наличие питательных веществ, влажность и т. п.) для максимальной деструкции и детоксикации опасного загрязнителя [11]. Микробное сообщество способно разлагать нефть и нефтепродукты благодаря наличию специфических ферментов, участвующих в разложении углеводов на более простые части перед основным метаболизмом [12]. Были выявлены многочисленные пути деградации различных органических веществ микроорганизмами [13].

Как и любой метод очистки окружающей среды, биоремедиация имеет свои преимущества и недостатки.

Из преимуществ можно выделить:

- естественный, экологически чистый процесс разложения токсичного загрязнителя до безопасных веществ, основанный на жизнедеятельности нефтеокисляющих микроорганизмов, которые после разложения загрязнителя вымрут [14];

- чаще всего не требует дополнительных затрат на перевозку грунта или отхода, может быть выполнена прямо на месте [15];

- по сравнению с традиционными технологиями является экономически эффективной [16];

- при данном методе не используются опасные токсичные вещества [17];

- простой и дешевый метод благодаря лежащим в основе технологии природным процессам [9].

Из недостатков можно выделить:

- метод предназначен для деструкции соединений, которые подвергаются биологическому разложению [4];

- по сравнению с традиционными методами длительный процесс [18];

- для достижения необходимого результата важны оптимальные условия для развития и роста нефтеокисляющих бактерий, а также наличие метаболически активных консорциумов [19];

- для обезвреживания почв, загрязненных сложной смесью веществ, необходимы дополнительные изучение и разработка технологии [4].

Как следует из всего вышесказанного, технология биоремедиации эффективна только при определенных условиях окружающей среды, которые благоприятны для микроорганизмов, поэтому для ускорения процесса деструкции нефти условия среды могут оптимизироваться разными способами [15].

Одна из главных задач в биоремедиации – это изучение путей деградации загрязнителей микроорганизмами и на основании этого поиск способа ускорения процесса деструкции нефти, что позволит в свою очередь разработать лучшие технологии биоремедиации [20].

Микроорганизмы повсеместно распространены в окружающей среде: они приспособлены к различным условиям и обладают разными метаболическими особенностями, что выделяет их как один из самых перспективных нефтедеструкторов [21]. Именно на способности бактерий разрушать цепочки углеводов и использовать их как источник энергии основано биологическое восстановление почв [22]. На этот процесс влияют многие факторы, одни из которых биологические. Воздействие биологических факторов заключается в конкурентном взаимодействии между микроорганизмами за ограниченное количество углеводов как источника питания [23]. Также скорость деградации нефти и нефтепродуктов зависит от концентрации загрязнителя и наличия специфичного для него фермента в нужном количестве. Под количеством здесь стоит понимать количество бактерий с данным ферментом, которые с помощью него могли бы разрушить и переработать загрязняющее вещество [24]. Отсюда следует, что биodeградация напрямую зависит от экспрессии подходящих ферментов, а значит, чем больше видов бактерий участвует, тем больше вероятность успешного протекания биоремедиации, т.к. совместное разложение сложных молекул позволяет нескольким штаммам завершить метаболические реакции, в результате которых ни один из видов не получил бы энергию без сотрудничества с другим [25]. Таким образом, при проектировании биопрепарата важно обращать внимание на загрязняющее вещество, которое необходимо разрушить, на состав консорциума и на нефтеокисляющую способность каждого штамма в консорциуме.

Абиотические факторы также необходимо учитывать, и температура среди них является главным ограничивающим фактором, который влияет не только на эффективность биодеструкции, но и прежде всего на выживаемость микробиома [26].

Разложение нефтяного загрязнения микроорганизмами при низких температурах, например, в условиях Арктики, значительно замедляется, т.к. бактерии находятся в неблагоприятных условиях, угнетающих их жизнедеятельность. Минусовые же температуры могут привести даже к

замерзанию цитоплазмы микроорганизма, что соответственно сделает его не способным к деградации нефти [27]. Ферменты клеток, используемые в подготовительном метаболизме, также имеют температурный оптимум, при котором может быть достигнут высокий процент разложения углеводов [28]. В связи с этим, активность нефтеокисляющих микроорганизмов напрямую зависит от температуры, следовательно, температура – фактор, значительно влияющий на биоремедиацию, а значит ее также необходимо учитывать при создании консорциума биопрепарата.

Еще одним немаловажным фактором, влияющим на эффективность очистки почвы или отхода от нефти, являются характеристики начального загрязнения. В первую очередь процент загрязнения: при высоком проценте начального загрязнения (свыше 15 %), нефтепродукты будут оказывать токсическое действие на микроорганизмы и вызывать их гибель, поэтому биологическому этапу очистки, как правило, должен предшествовать технический этап обезвреживания [29; 30]. Во-вторых, на эффективность биоремедиации также оказывает влияние качественный состав загрязняющих веществ. Так, например, легкие фракции нефтепродуктов оказывают значительное ингибирующее действие на микроорганизмы, а значит их присутствие снижает эффективность процесса [31]. Кроме того, вещества различного строения в составе нефти отличаются по степени сложности окисления микроорганизмами: неразветвленные алканы проще всего разлагаются бактериями, в то время как ароматические углеводороды без боковых цепей сложнее остальных подвергаются биодеструкции [32]. С качественным составом тесно связан временной фактор: к примеру, легкие фракции быстро испаряются, и их воздействие является кратковременным. С другой стороны, с течением времени тяжелые фракции нефти цементируют почву, делая процесс биологического восстановления почвы невозможным или практически ограниченным [33].

На данный момент биопрепараты различаются по получению и применению. Общей чертой многих биопрепаратов является наличие штаммов с высокой нефтеокисляющей способностью, характеризующихся высокой технологичностью – ключевых штаммов, входящих в состав многих нефтедеструкторов, например, бактерии рода *Pseudomonas* [34]. Нефтеокисляющую активность биопрепарата также повышают с помощью аборигенной микрофлоры. Так, например, аборигенные микроорганизмы, изъятые непосредственно из загрязненных мест, могут ускорить процесс восстановления почв [35]. Однако в проектировании не всех биопрепаратов это учитывается, что является недостатком. Внесение чужеродных бактерий в загрязненную среду может вызвать конкуренцию с аборигенной микрофлорой, провоцируя тем самым выделение клетками токсичных веществ, что может вызвать вторичное загрязнение.

Следующим различием является изготовление нефтедеструктора либо на основе монокультуры, либо на основе культур нескольких штаммов. Монобактериальные препараты являются более узко приспособленными к

температурным условиям, рН, засоленности и другим физическим факторам по сравнению с полибактериальными препаратами, кроме того они могут разлагать только один определенный загрязнитель [36]. Для эффективной биоремедиации лучше использовать комплексные биопрепараты, что обусловлено, как уже было отмечено ранее, специфичностью ферментов, вырабатываемых клетками, и, соответственно, совместным метаболизмом, при котором несколько штаммов могут завершить метаболические реакции разложения сложного вещества только при участии друг друга.

Немаловажной характеристикой препаратов-нефтедеструкторов является их форма выпуска. Биопрепараты могут выпускать в виде жидкостей, гелей, эмульсий, суспензий, порошков и пастообразной массы. Самыми распространенными являются жидкая и сухая формы. При изготовлении сухой формы биопрепарата сначала подготавливается сырье, органический субстрат, необходимые минеральные соли в качестве питательных элементов. Ферментер, в котором будет происходить процесс наращивания биомассы, должен аэрироваться, сохранять постоянную оптимальную температуру, обеспечиваться водой, пеногасителями. После всех подготовительных стадий, в том числе выращивания посевного материала, происходит собственно накопление биомассы в ферментере. По завершению этой стадии суспензию микроорганизмов концентрируют и проводят сушку. При необходимости препарат гранулируют, добавляют различные наполнители и добавки для лучшего развития бактерий при процессе биоремедиации. Изготовление завершается расфасовкой, упаковкой, складированием и отправкой готового биопрепарата. Приготовление жидкой формы происходит по аналогичной схеме, но с отсутствием стадии сушки и гранулирования, что является преимуществом, т. к. не требует предварительной активации перед применением в отличие от сухой формы, для которой этот этап является обязательным и длится в течение нескольких суток [37]. Итак, довольно часто используется сухая форма, однако ее приготовление является достаточно затратным, и кроме этого, для работы такой формы биопрепарата необходимо восстановить активности и жизнеспособность «высушенных» бактерий. Но стоит заметить, что в отличие от других форм, порошок имеет преимущество в виде значительного срока хранения и простых условий транспортирования и хранения. Для хранения жидкой формы биопрепарата требуются особые условия, но ее использование более предпочтительно прежде всего из-за отсутствия стадии предварительной активации и лучшей доступности загрязнителя [34].

Говоря о форме выпуска, нельзя не отметить биосорбенты, которые получают путем простого механического смешивания биопрепарата и сорбента-носителя, в качестве которого могут быть использованы опилки, лузга подсолнечника и другие недорогие носители. Недостатками таких биосорбентов является то, что при контакте с водой или почвой микроорганизмы просто смываются с поверхности носителя, который в этом случае служит лишь переносчиком бактерий-деструкторов к месту загрязнения и который впоследствии необходимо утилизировать. Биогеосорбенты решают эти

проблемы за счет использования в качестве носителя минерального сырья, которое способствует лучшему закреплению микроорганизмов и, таким образом, повышает жизнеспособность клеток и их ферментов, в том числе благодаря замены фазы сушки на иммобилизацию бактерий на сорбент, который в дальнейшем не требует дополнительной утилизации. Примерами таких носителей могут служить цеолит и глинистое сырье, которые хорошо удерживают воду, что и обеспечивает эффективную иммобилизацию. В загрязненной среде микроорганизмы выбирают носитель, как среду своего обитания, нефтяные углеводороды связываются с сорбентом, снижая таким образом токсичность среды для клеток и в то же время фиксируя его в непосредственной близости от бактерий-деструкторов. Все эти факторы несомненно повышают эффективность биоремедиации [38].

В зависимости от формы выпуска отличается и способ внесения биопрепарата. Рабочие растворы на небольшие площади могут вноситься вручную, при значительном загрязнении используют дождевальные, поливочные и пожарные машины. Для подачи раствора на поверхность используют насос (брандспойт). В случае внесения сорбентов так же возможны ручной и механический способы [39]. Ручной способ связан с применением шанцевого инструмента, которым разбрасывается сорбент, однако недостатком этого способа является неравномерность нанесения на нефтезагрязненную почву. Механический способ связан с применением различных агрегатов, например, автономного распылителя. Такой метод позволяет равномерно распределить сорбент по поверхности и значительно ускорить процесс [40].

Таким образом, биопрепараты могут быть классифицированы по обозначенным нами ранее факторам, влияющим на процесс биоремедиации, а именно:

- по разлагаемым загрязняющим веществам (спектр действия);
- по составу консорциума (монокультура / поликультура);
- по нефтеокисляющей способности;
- по температурному диапазону;
- по получению (наличие / отсутствие аборигенных культур, изъятых из загрязненной среды);
- по форме выпуска (жидкость, гель, эмульсия, суспензия, порошок или пастообразная масса);
- по необходимости предварительной активации;
- по иммобилизации клеток на сорбент (иммобилизованы / нет);
- по сорбенту, на который иммобилизованы клетки (вид сорбента, требует утилизации или нет)
- по способу внесения.

В таблице представлено сравнение различных применяемых биопрепаратов по нескольким значимым факторам.

Сравнительные характеристики отечественных биопрепарат-нефтедеструкторов

№	Название биопрепарата	Состав консорциума / Входящие штаммы	Спектр действия	Не-фетокси-люющая способность	Температурный диапазон	Форма выпуска / иммобилизация клеток / сорбент при иммобил.	Технологические направления	Ограничения
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Гуминовый препарат и его применение для восстановления загрязненных нефтью, нарушенных и деградированных земель [41]	Гуминовый препарат + консорциум из нескольких культур + биоактиватор Штаммы: <i>Bacillus vallismortis</i> ELA-4 ВКПМ В-11017, <i>Exiguobacterium mexicanum</i> ELA-5 ВКПМ В-11011, <i>Serratia plymuthica</i> ELA-9 VKM В-2819D, <i>Rhodococcus sp.</i> LER-12 VKM Ас-2626D	Связывание тяжелых металлов, сорбция и разложение органических загрязнителей, детоксикация шламов, буровых растворов	Нет данных	при температуре выше +5°C	Паста черного или темного бурого цвета разводится до рабочего раствора Клетки не иммобилизованы	Рекультивация нефтезагрязненных, нарушенных и деградированных земель	Гуминовый препарат имеет рН=4.5-9.5, что может снизить активность добавляемого микробиологического консорциума, требующего нейтральную кислотность; также для приготовления биопрепарата необходимо дополнительное оборудование и биоактиватор, что говорит о дополнительных затратах
2	Биопрепарат, предназначенный для биоремедиации нефтезагрязненных почв на Крайнем Севере [42]	Несколько культур: <i>Bacillus vallismortis</i> ВКПМ В-11017, <i>Exiguobacterium mexicanum</i> ВКПМ В-11011, <i>Serratia plymuthica</i> VKM В-2819D, <i>Rhodococcus sp.</i> VKM Ас-2626D	Нефть и нефтепродукты	До 88%	при температуре от +5°C	Мелкозернистая крошка, клетки иммобилизованы, в качестве твердого субстрата -носителя содержит измельченный мелкозернистый минерал клиноптилолит-гейландитового ряда (цеолитизированный туф) фракцией 1-3 мм с	Очистка мерзлотных почв от нефтяных загрязнений	Деструктор предназначен для работы в одних определенных климатических условиях, а также он выпускается только в виде мелкозернистой крошки, что может ухудшить биодоступность загрязнения для иммобилизованного консорциума

		<i>Bacillus megaterium</i> ВКМ В-3138Д					естественного биоценоза почв и акваторий	
6	Биопрепарат «Ленойл-НОРД» [46]	Монокультура: <i>Pseudomonas sp.</i> ИБ 1.1	нефть, дизельное топливо, парафиновые, алкилированные ароматические УВ	70-85%	+4 °С – +20 °С	Выпускается в форме порошка, клетки не иммобилизованы	Биологическая обработка нефтезагрязненных почв, грунтов, водных поверхностей с целью ускорения биоразложения нефти, восстановления продуктивности и рекультивируемых почв и очистки водных объектов в условиях низких положительных температур Крайнего Севера и Западной Сибири	В состав входит только один штамм, что может снижать эффективность нефтеструктора; приспособленность к работе в основном в холодных климатических условиях
7	Биопрепарат «Полихлорокс» [47]	Несколько культур: штаммы <i>Rhodococcus wratislaviensis</i> Ch625 и <i>Rhodococcus wratislaviensis</i> КТ112-7	Хлорорганические соединения: полихлорированные бифенилы, гексахлорбензол, γ -гексахлорциклогексан, дихлордифенилтрихлорэтан и тп.	В лабораторных условиях составляет 50-80%, в промышленных условиях – всего 25-35%	+4 °С – +40 °С	Выпускается в виде суспензии, клетки не иммобилизованы	Ликвидация загрязненных хлорорганическими соединениями твердых отходов, находящихся в местах складирования (шламонакопителей, отработанных карьерах, промышленных площадках предприятий), ремедиация загрязненных почв, ремедиация загрязненных грунтов, глубокое обезвреживание загрязненных почв и твердых отходов, подвергшихся очистке механическими, физическими и физико-химическими способами	Деструктор предназначен только для разложения хлорорганических соединений; наличие в составе только двух штаммов, что может обеспечить неполное окисление загрязняющих веществ; низкая нефтеокисляющая способность в полевых условиях

8	Биопрепарат «Эконефто сил» [48]	Несколько культур: <i>Bacillus subtilis</i> В-81, <i>Pseudomonas sp.</i> В-892, <i>Pseudomonas putida</i> В-1301, <i>Rhodococcus sp.</i> Ас-950, <i>Mycobacterium flavescens</i> Ас-1415, <i>Agrobacterium radiobacter</i> В-1219	нефть, бензин, дизельное топливо, мазут, керосин, в том числе ароматические, полиароматические, циклические, непредельные, изопреновые углеводороды	85-98%	-5 до +45 °С	Сухой порошок, клетки не иммобилизованы	Микробиологическая утилизация нефтяных загрязнений воды и почвы, дорожных и железнодорожных покрытий, обочин дорог, мостовых конструкций.	Отсутствие данных по применению его при пониженных температурах, а также производство этого деструктора только в форме сухого порошка
9	Биопрепарат «Бионер» [49]	Несколько культур: <i>Rhodococcus erythropolis</i> 46, <i>Pseudomonas balearica</i> 2-1 ВКПМ В-12844, <i>Pseudomonas balearica</i> 1-2 ВКПМ В-12843, <i>Bacillus subtilis</i> 1-1 ВКПМ В-12845, <i>Acinetobacter calcoaceticus</i> ВКПМ В-3780, <i>Acinetobacter calcoaceticus</i> АСКС-1 ВКПМ В-2838, <i>Micrococcus spp.</i>	нефть и нефтепродукты, в том числе ароматические углеводороды, тяжелые смолы, асфальтены, алканы	80-85%	+5 °С до +35 °С	Жидкая суспензия, клетки не иммобилизованы	Проведение мероприятий по очистке объектов окружающей среды от нефтезагрязнений и нефтепродуктов: почв, естественных водоемов, акваторий, сточных вод предприятий, внутренних поверхностей нефтеналивных резервуаров и насосно-компрессорных труб нефтяных скважин методом поглощения и удержания нефти и нефтепродуктов с последующей их биодеградацией, обеспечивающим снижение степени опасности нефтезагрязненных отходов	Недостатком данного биопрепарата являются высокие оптимальные температуры развития штаммов (около 28 °С), что ограничивает применение биопрепарата при низких положительных температурах из-за снижения его эффективности
10	Биопрепарат «Нефтедеструктор» [50]	Возможно в составе гуминовым препаратом. Несколько культур: <i>Pseudomonas sp.</i> В-892, <i>Pseudomonas putida</i> В-	нефть, бензин, дизельное топливо, мазут, керосин, в том числе ароматические, полиаромат	85-98%	Марка «Арктика» – в районах с предельно коротким тепловым периодом; марка	Выпуск в нескольких их формах: жидкой, сублимированной, в форме сорбенте,	Обезвреживание нефтезагрязненных почв, нефтесодержащих отходов, прошедших этап очистки механическим, физическим	Недостатком может являться потеря нефтеокисляющей способности при длительном хранении

	1301, <i>Arthrobacter</i> <i>sp.</i> Ac-950, <i>Microbacteriu</i> <i>m flavescens</i> Ac-1415, <i>Bacillus</i> <i>atrophaeus</i> B- 81, <i>Agrobacteriu</i> <i>m radiobacter</i> B-1219, <i>Bacillus</i> <i>megaterium</i> B-112, <i>Pseudomonas</i> <i>turukhanskens</i> <i>is</i> B-2935	ические, циклически е, непредельн ые, изопреновы е углеводоро ды, а также фенолсодер жащие соединения		«Север» – в условиях пониженн ых положите льных температ ур и сохраняет деструкти вную активност ь после воздейств ия; марка «Центр» – при температ урах от +5 °С до +30 °С; марка «Юг» – при температ урах от +5 °С до +45 °С; марка «Оазис» – при температ урах от +5 °С до +55 °С; марка «Волна» –при температ урах от +5 °С до +30 °С	в качестве сорбента использу ют цеолиты, или глаукони ты, или измельче нные остатки древесин ы или торфа. В случае сорбента клетки иммобил изованы.	или физико- химическим способами, ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродукто в, а также ремедиация нефтезагрязнен ныхземель и очистки водных объектов от нефтяной плетки	
--	---	--	--	---	--	---	--

Анализируя приведенные данные, можно сделать вывод о том, что большинство биопрепаратов-нефтедеструкторов созданы под определенные условия и не способны работать в широком диапазоне условий. Часть из них основана на монокультуре или же имеет в своем составе только два штамма, направленных на утилизацию узкого спектра вещества (например, биопрепараты «Полихлорокс» и «Ленойл-НОРД»), часть имеет низкую нефтеокисляющую способность (биопрепараты «Полихрокс», Препарат для очистки нефтезагрязненных почв [44]), почти все разрабатывались под определенные климатические условия, некоторые предназначены для работы только при низких температурах (Биопрепарат, предназначенный для биоремедиации нефтезагрязненных почв на Крайнем Севере [42], каждый имеет свою форму производства, удобную для одних условий и непригодную в других.

Ввиду нестабильности многих биологических препаратов к работе в широком диапазоне температур и наличию повышенной концентрации солей возникает потребность в разработке биопрепарата, адаптированного под

различные климатические условия и агрегатные состояния сред, подвергшихся антропогенному воздействию.

В каждом отдельном случае состав биопрепарата-нефтедеструктора должен быть адаптирован под практические условия конкретного региона и к физико-химическому составу загрязняющего вещества.

Из всех приведенных в таблице лишь биопрепарат «Нефтедеструктор» оказался близок к универсальному. Он имеет в своем составе несколько культур штаммов (ключевые и аборигенные), за счет чего способен разлагать многие углеводороды с высокой нефтеокисляющей активностью. Также «Нефтедеструктор» имеет несколько марок, каждая из которых предназначена для конкретных условий, и несколько форм производства, среди которых в том числе есть возможность использовать его в составе с гуминовым препаратом, что делает технологические направления использования еще шире.

Таким образом, нами были проанализированы различные подходы к получению отечественных биопрепаратов-нефтедеструкторов, предназначенных для обезвреживания загрязненных почв и нефтесодержащих отходов. При получении биопрепаратов стоит учитывать биотические факторы, такие как конкуренция между бактериями, наличие специфичных ферментов в нужном количестве и, соответственно, наличие в необходимом количестве микроорганизмов, продуцирующих эти ферменты, а также абиотические факторы, главными из которых являются температура и характеристики начального загрязнения. Кроме того, необходимо учесть форму производства биопрепарата, т. к. она тоже оказывает влияние на эффективность процесса биоремедиации, состав консорциума биопрепарата, который может состоять из одной или нескольких культур микроорганизмов, а также включать или не включать в состав аборигенные штаммы и др. Однако, учитывая тот факт, что каждый регион обладает своими климатическими условиями, своими особенностями, можно сделать вывод, что не может быть получен универсальный биопрепарат, т. к. каждый консорциум должен проектироваться под определенные условия биоремедиации, поэтому нужны дополнительные методические основы, определяющие проектирование консорциумов биопрепарата.

Список литературы

1. Gomez F. *Field scale ex-situ bioremediation of petroleum contaminated soil under cold climate conditions. International Biodeterioration & Biodegradation / F. Gomez, M. Sartaj. – 2013. – vol. 85. – P. 375-382. [https://www.sciencedirect.com/Journals & Books / International Biodeterioration & Biodegradation / 10.1016/j.ibiod.2013.08.003](https://www.sciencedirect.com/Journals%20%26%20Books/International%20Biodeterioration%20%26%20Biodegradation/10.1016/j.ibiod.2013.08.003)*
2. Azubuikе C.C. *Bioremediation techniques—classification based on site of application: principles, advantages, limitations and prospects. World Journal of Microbiology and Biotechnology / C.C. Azubuikе, C.B. Chikere, G.C. Okpokwasili. – 2016. – Vol. 32, No. 11. – P. 1-18. <https://www.researchgate.net/publication/10.1007/s11274-016-2137-x>*

3. Ayupova A.Z. Screening of oil oxidizing microorganisms for bioremediation of contaminated ecosystems. *Journal of Biotechnology* / A.Z. Ayupova, A.S. Sarsenova, R.S. Sharipov, A.Ya. Yagofarova, G.Zn. Sharipova, N.B. Moldagulova, A.A. Kurmanbayev. – 2015. – No. 208. – P. 61. [https://www.sciencedirect.com/Journals & Books/Journal of Biotechnology/10.1016/j.jbiotec.2015.06.18](https://www.sciencedirect.com/Journals&Books/JournalofBiotechnology/10.1016/j.jbiotec.2015.06.18)
4. Abatenh E. The role of microorganisms in bioremediation-A review. *Open Journal of Environmental Biology* / E. Abatenh, B. Gizaw, Z. Tsegaye, M. Wassie. – 2017. – Vol. 2, No. 1. – P. 38-46. <https://www.researchgate.net/publication/10.17352/ojeb.000007>
5. Поварова Л.В. Анализ применения биотехнологий для очистки различных загрязнений окружающей среды / Л.В. Поварова // *Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник)*. – 2019. – №. 1. – С. 190.
6. Фунтикова Т.В. Разработка новых биопрепаратов, обладающих нефтеокисляющей и микотоксической активностями / Т.В. Фунтикова // *Перспективные направления физико-химической биологии и биотехнологии: материалы XXIX Зимней молодежной научной школы «Перспективные направления физико-химической биологии и биотехнологии» (Москва, 7-10 февраля 2017 г.)*. – М.: Изд-во Института биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова Российской академии наук, 2017. – С. 155.
7. Данилова С.А. Биологические методы ремедиации почвы, загрязненной нефтью и нефтепродуктами / С.А. Данилова, Е.Н. Волкова // *XXV Международный БИОС-форум и молодежная БИОС-олимпиада 2020: материалы XXV Международного БИОС-форума и молодежной БИОС-олимпиады 2020 Книга 2 (Санкт-Петербург, 30 сентября – 6 октября 2020 г.)*. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский научный центр РАН, Издательство «Любавич», 2020. – С. 291.
8. Кирий О.А. Использование углеводородокисляющих бактерий при биоремедиации нефтезагрязненных почв и вод / О.А. Кирий, С.И. Колесников, А.Н. Зинчук, К.Ш. Казеев. – М.: Южный федеральный университет, 2019. – 140 с.
9. Kumar V. Bioremediation: an eco-sustainable approach for restoration of contaminated sites. *Microbial bioprospecting for sustainable development*. Springer, Singapore / V. Kumar, S.K. Shahi, S. Singh. – 2018. – P. 115-136. https://www.researchgate.net/publication/10.1007/978-981-13-0053-0_6
10. Smith E. Remediation trials for hydrocarbon-contaminated soils in arid environments: evaluation of bioslurry and biopiling techniques. *International Biodeterioration & Biodegradation* / E. Smith, P. Thavamani, K. Ramadass, R. Naidu, P. Srivastava, M. Megharaj. – 2015. – Vol. 101. – P. 56-65. <https://www.semanticscholar.org/paper/Remediation-trials-for-hydrocarbon-contaminated-in-Smith-Thavamani/10.1016/J.IBIOD.2015.03.029>
11. Canak S. Bioremediation and “green chemistry”. *Fresenius Environmental Bulletin* / S. Canak, L. Berezljjev, K. Borojevic, J. Asotic, S. Ketin. –

2019. – Vol. 28. – P. 3056-3064. https://www.researchgate.net/publication/332318816_BIOREMEDIATION_AND_GREEN_CHEMISTRY

12. Ahmad I. *Microalgae–Bacteria Consortia: A Review on the Degradation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)*. *Arabian Journal for Science and Engineering* / I. Ahmad. – 2022. – No 1. – P. 1-25. <https://www.semanticscholar.org/paper/Microalgae-Bacteria-Consortia%3A-A-Review-on-the-of-Ahmad/10.1007/s13369-021-06236-9>

13. Рысбаева Г.А. Влияние углеводородокисляющих микроорганизмов на биodeградацию углеводородов нефти и нефтепродуктов / Г.А. Рысбаева, С.С. Мехитбаева, Р.А. Абилдаева // *Российская наука в современном мире: материалы XIX международной научно-практической конференции (Москва, 30 декабря 2018 г.)*. – М.: Из-во Общество с ограниченной ответственностью «Актуальность.РФ», 2018. – С. 36-37.

14. Заболотских В.В. Технологические подходы к детоксикации и биовосстановлению нефтезагрязнённых земель / В.В. Заболотских, С.Н. Танких, А.В. Васильев // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. – 2018. – Т. 20, №. 5-3. – С. 341-351.

15. Kumar A. *Review on bioremediation of polluted environment: a management tool*. *International journal of environmental sciences* / A. Kumar, B.S. Bisht, V.D. Joshi, T. Dhewa. – 2011. – Vol. 1, No. 6. – P. 1079-1093. https://www.researchgate.net/publication/284061537_Review_on_bioremediation_of_polluted_environment_A_management_tool

16. Montagnolli R.N. *Assessing Bacillus subtilis biosurfactant effects on the biodegradation of petroleum products*. *Environmental monitoring and assessment* / R.N. Montagnolli, P.R. M. Lopes, E.D. Bidoia. – 2015. – Vol. 187, No. 1. – P. 1-17. <https://www.researchgate.net/publication/10.1007/s10661-014-4116-8>

17. Sharma S. *Bioremediation: features, strategies and applications*. *Asian Journal of Pharmacy and Life Science ISSN* / S. Sharma. – 2012. – Vol. 2231. – P. 4423. https://www.researchgate.net/publication/264889107_Bioremediation_Features_Strategies_and_Applications

18. Вахитова Д.Р. Метод биоремедиации при очистке грунтов, загрязненных тяжелой нефтью / Д.Р. Вахитова, Г.Г. Ягафарова // *Актуальные проблемы науки и техники – 2016: материалы IX Международной научно-практической конференции молодых ученых Том 1 (Уфа, 16-18 ноября 2016 г.)*. – Уфа: Издательство «Нефтегазовое дело», 2016. – С. 247-249.

19. Чугайнова А.А. Оценка негативного воздействия технологии биоремедиации на окружающую среду / А.А. Чугайнова // *Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: материалы II Международной научно-технической конференции (Белгород, 6-8 декабря 2016 г.)*. – Белгород: Издательство Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2016. – С. 244-249.

20. Barbato R.A. *Bioremediation of contaminated soils. Principles and Applications of Soil Microbiology*. Elsevier / R.A. Barbato, C.M. Reynolds. – 2021. –

P. 607-631. [https://www.sciencedirect.com/Journals & Books/Principles and Applications of Soil Microbiology \(Third Edition\)/10.1016/B978-0-12-820202-9.00022-8](https://www.sciencedirect.com/Journals%20&%20Books/Principles%20and%20Applications%20of%20Soil%20Microbiology%20(Third%20Edition)/10.1016/B978-0-12-820202-9.00022-8)

21. Долматова Е.С. Микроорганизмы в почвенной нефтепереработке // Студенческий научный форум – 2015: материалы VII Международной студенческой электронной научной конференции (Саратов, 15 февраля – 31 марта 2015 г.) / Е.С. Долматова. – Саратов: Из-во ООО «Научно-издательский центр «Академия Естествознания», 2015. – С. 1-24.

22. Брянская А.В. Теоретические и практические аспекты проблемы биологического окисления углеводов микроорганизмами / А.В. Брянская, Ю.Е. Уварова, Н.М. Слынько, Е.А. Демидов, А.С. Розанов, С.Е. Пельтек // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2015. – Т. 18, №. 4/2. – С. 999-1002.

23. Некрасова А.И. Сокультивирование микроорганизмов-нефтедеструкторов для получения биопрепаратов / А.И. Некрасова, Д.В. Тарабукин, Т.Н. Щемелинина // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: материалы XIV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Вятка, 5-8 декабря 2016 г.). – Вятка: Издательство Общество с ограниченной ответственностью «Радуга-ПРЕСС», 2016. – С. 327-329.

24. Шамраев А.В. Влияние нефти и нефтепродуктов на различные компоненты окружающей среды / А.В. Шамраев, Т.С. Шорина // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2009. – №. 6. – С. 642-645.

25. Brune K.D. Engineering microbial consortia to enhance biomining and bioremediation. *Frontiers in microbiology* / K.D. Brune, T. Bayer. – 2012. – Vol. 3. – P. 203. [https://www.frontiersin.org/articles/Science/Frontiers in Microbiology/Evolutionary and Genomic Microbiology/10.3389/fmicb.2012.00203](https://www.frontiersin.org/articles/Science/Frontiers%20in%20Microbiology/Evolutionary%20and%20Genomic%20Microbiology/10.3389/fmicb.2012.00203)

26. Das N. Microbial degradation of petroleum hydrocarbon contaminants: an overview. *Biotechnology research international* / N. Das, P. Chandran. – 2011. – Vol. 2011. – P. 1-13. [https://www.hindawi.com/Biotechnology Research International/2011/Article/10.4061/2011/941810](https://www.hindawi.com/Biotechnology%20Research%20International/2011/Article/10.4061/2011/941810)

27. Macaulay B.M. Understanding the behaviour of oil-degrading microorganisms to enhance the microbial remediation of spilled petroleum. *Applied Ecology and Environmental Research* / B.M. Macaulay. – 2015. – Vol. 13, No. 1. – P. 247-262. https://www.researchgate.net/publication/10.15666/aer/1301_247262

28. Казеев К.Ш. Оценка влияния разных факторов пирогенного воздействия на биологические свойства чернозема / К.Ш. Казеев, М.Ю. Одабашян, А.В. Трушков, С.И. Колесников // Почвоведение. – 2020. – №. 11. – С. 1372-1382.

29. Кириенко О.А. Влияние углеводов на состав микробного сообщества в луговой глеевой почве / О.А. Кириенко, Е.Л. Имранова // Вестник дальневосточного отделения российской академии наук. – 2015. – №. 5 (183). – С. 29-34.

30. Рязанова Т.В. Влияние биосорбента "УНИСОРБ-БИО", модифицированного макулатурой, на посевные качества клевера розового в

условиях нефтяного загрязнения / Т.В. Рязанова, О.С. Федорова // *Химия растительного сырья*. – 2020. – №. 4. – С. 443-450.

31. Шкидченко А.Н. О причине ингибирующего влияния лёгких фракций углеводов нефти на биоту почвы / А.Н. Шкидченко // *Биохимия, физиология и биосферная роль микроорганизмов: сборник тезисов III Пуцинской школы-конференции* (Пуцино, 5-9 декабря 2016 г.). – Пуцино: Издательство Издательский дом "Вода: химия и экология", 2016. – С. 123-125.

32. Смирнова Т.С. Основы биоремедиации нефтезагрязненных почв. Часть 1: учебное пособие / Т.С. Смирнова, О.С. Остах. – М.: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2022. – 92 с.

33. Миндолина З.В. Влияние нефти и нефтепродуктов на почву // *Вестник научных конференций* / З.В. Миндолина. – 2020. – №. 11-1. – С. 84-85.

34. Рогозина Е.А. Сравнительная характеристика отечественных биопрепаратов, предлагаемых для очистки почв и грунтов от загрязнения нефтью и нефтепродуктами / Е.А. Рогозина, О.А. Андреева, С.И. Жаркова, Д.А. Мартынова, Н.А. Орлова // *Нефтегазовая геология. Теория и практика*. – 2010. – Т. 5, №. 3. – С. 10.

35. Patowary K. Development of an efficient bacterial consortium for the potential remediation of hydrocarbons from contaminated sites. *Frontiers in microbiology* / K. Patowary, R. Patowary, M.C. Kalita, S. Deka. – 2016. – Vol. 7. – P. 1092. [https://www.frontiersin.org/articles/Science/Frontiers in Microbiology / 10.3389/fmicb.2016.01092](https://www.frontiersin.org/articles/Science/Frontiers%20in%20Microbiology/10.3389/fmicb.2016.01092)

36. Артюх Е.А. Перспективы применения биосорбентов для очистки водоемов при ликвидации аварийных разливов нефти / Е.А. Артюх, А.С. Мазур, Т.В. Украинцева, Л.В. Костюк // *Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета)*. – 2014. – №. 26. – С. 58-66.

37. Луканин А.В. Инженерная биотехнология. Основы технологии микробиологических производств / А.В. Луканин. – М.: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2016. – 297 с.

38. Щемелина Т.Н. Цеолитовое и глинистое сырье: экспериментальное моделирование биогеосорбентов / Т.Н. Щемелина, О.Б. Котова, Е.М. Анчугова, Д.А. Шушков, Г.В. Игнатъев // *Вестник института геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН*. – 2018. – №. 9 (285). – С. 50-57.

39. Туркин К.А. Оценка влияния сорбентов серии «Унисорб» на микробиологическую активность нефтезагрязнённой почвы: ВКР / К.А. Туркин. Красноярск, 2020. – 35 с.

40. Чухарева Н.В. Технологическое оборудование при ликвидации аварийных разливов нефти сорбентами / Н.В. Чухарева, О.Л. Булгакова, Д.С. Рожкова, И.А. Хадкевич // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. – 2013. – №. 4 (1). – С. 298-303.

41. Редькин В.В. Способ получения гуминового препарата и его применение для рекультивации нефтезагрязненных, нарушенных и

деградированных земель // Патент РФ № RU2757503C1. Патентообладатель Редькин В.В. 2021. Бюл. №29.

42. Ерофеевская Л.А., Глянцева Ю.С. Биопрепарат для биоремедиации нефтезагрязненных почв для климатических условий Крайнего Севера // Патент РФ № RU2565549C2. Патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Транснефть-Восток" (ООО "Транснефть-Восток"), Открытое акционерное общество "Акционерная компания по транспорту нефти "Транснефть" (ОАО "АК "Транснефть"), Общество с ограниченной ответственностью "Научно-исследовательский институт транспорта нефти и нефтепродуктов Транснефть" (ООО "НИИ Транснефть"). 2015. Бюл. №29.

43. Волков М.Ю. Препарат для биодеградациии нефтепродуктов «Биоионит» и способ его получения // Патент РФ № RU2571219C2. Патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "ТЕХНОПАРК". 2015. Бюл. №35.

44. Ерофеевская Л.А. Препарат для очистки почв от нефтезагрязнений // Патент РФ № RU2600868C2. Патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук. 2016. Бюл. №30.

45. Ильин А.А., Эркенова М.И., Кочкаров А. Х.-М. Биопрепарат-нефтедеструктор и способ его получения // Патент РФ № RU2668789C1. Патентообладатель Общество С Ограниченной Ответственностью «Институт Прикладных Технологий». 2018. Бюл. №28.

46. ТУ 9291-007-33822935-2014. Биопрепарат «Ленойл-НОРД». Технические условия. 2014 г.

47. ТУ 9291-001-13787869-2013. Полихлорокс. Технические условия. 2013 г.

48. Батарагин В.М. Препарат для очистки воды и почвы и способ его получения // Патент РФ № RU2516412C2. Патентообладатель Закрытое акционерное общество "ЭКАМ". 2014. Бюл. №14.

49. ТУ 9291-001-72043015-2012. Препарат бактериальный "Бионер" (водная суспензия). Технические условия. 2012 г.

50. Саргин Б.В., Остах С.В., Батарагин В.М., Шурыгина Е.Г., Деньгаев А.В. Препарат для биодеградациии нефти и нефтепродуктов (Нефтедеструктор) // Патент РФ № RU2763428C1. Патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственное объединение «Волга-Экология». 2021. Бюл. № 1.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БИОАКТИВАЦИИ МИКРООРГАНИЗМОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОГО ГРУНТА

М.А. Варданян
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина,
г. Москва

***Аннотация.** Рекультивация почв и грунтов, загрязненных нефтепродуктами до предельно допустимых концентраций, происходит за счет использования биопрепаратов, содержащих ассоциацию специфических бактериальных культур и своевременной интенсификации их жизнедеятельности.*

Ключевым моментом в управлении процессом активации биопрепаратов является обеспечение оптимальных режимов в зависимости от состава среды и условий обитания микроорганизмов.

Целью настоящей работы является создание технологии активации биопрепаратов для внесения в загрязненный грунт с целью восстановления его плодородия, ускорения процессов разложения углеводородсодержащих отходов.

В последние годы проблема нефтяных загрязнений становится все более актуальной. Развитие промышленности и транспорта требует увеличения добычи нефти как энергоносителя и сырья для химической промышленности. А вместе с тем это одна из самых опасных для природы индустрий [1-4].

Большинство земель в той или иной мере загрязнены нефтепродуктами. Особенно сильно это выражено в регионах, через которые проходят нефтепроводы, а также богатых предприятиями химической промышленности, использующими в качестве сырья нефть или природный газ. Ежегодно десятки тонн нефти загрязняют полезные земли, снижая ее плодородие.

Основные загрязнения нефтью происходят в районах нефтепромыслов, нефтепроводов, а также при перевозке нефти по сухопутным и морским магистралям.

Рекультивация – это комплекс работ, направленный на восстановление продуктивности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды.

Работы по рекультивации обычно имеют два основных этапа – технический и биологический. На техническом этапе производится корректировка ландшафтов (засыпка рвов, траншей, ям, впадин, провалов грунта, разравнивание и террасирование промышленных терриконов), создаются гидротехнические и мелиоративные сооружения, осуществляется захоронение токсичных отходов, производится нанесение плодородного слоя почвы. В результате осуществляется образование территории.

К основным биологическим методам очистки почвы от нефти и нефтепродуктов относят применение гуминовых кислот, микроорганизмов и

биотехнологии. Применение этих методов способствует росту численности и активности микроорганизмов, участвующих в разложении углеводов нефти, которые после нанесения их на очищаемую поверхность прикрепляются к пленке нефти на разделе фаз нефть-вода и включаются в процесс биodeградации углеводов нефти. Поэтому обработка нефтезагрязненных почв активными штаммами нефтеокисляющих микроорганизмов считается наиболее перспективным методом борьбы с нефтяными загрязнениями. Применение гуминовых кислот также дает хороший экологический эффект, который заключается в быстром восстановлении естественных геобиохимических процессов [1,2].

Биоремедиация – использование живых организмов: бактерий, дрожжей, грибов, водорослей и растений для детоксикации загрязняющих веществ или снижения их концентрации в окружающей среде. Биоремедиация нормализует природные процессы, приближая экологические показатели к состоянию, которое было до техногенного воздействия. Она используется для детоксикации как природных (нефтяных), так и синтетических соединений (пестицидов, отравляющих веществ, ПАВ).

Одним из видов конструктивного оформления технологий, применяемых при биоремедиации, является использование биоактиваторов. Для каждого конкретного процесса микробного синтеза требуется специальная аппаратура, регулируемые параметры которой различаются в зависимости от типа процесса.

Биопрепарат – смесь бактериальных культур, специально разработанная для разложения легких фракций перегонки нефти, а также более тяжелых фракций углеводов, неочищенной нефтью и каменноугольной смолой. Специализированные биопрепараты для ликвидации аварийных загрязнений, очистки загрязненных территорий, оборудования, переработки отходов, использования в быту и других целей находят в настоящее время все более широкое применение. В ряде случаев они позволяют существенно снизить затраты, повысить скорость и эффективность биологических методов очистки загрязненных почв, стоков и водоемов, стабилизировать работу очистных сооружений, решить задачу нейтрализации вредных токсикантов, переработки нетоксичных отходов сельского хозяйства и пищевой промышленности с получением кормовых продуктов и биологически активных добавок.

Задачей разработки технологии применения биопрепаратов является обеспечение необходимых условий для активного развития микроорганизмов биопрепарата в загрязненной среде, использования их биоокислительного потенциала.

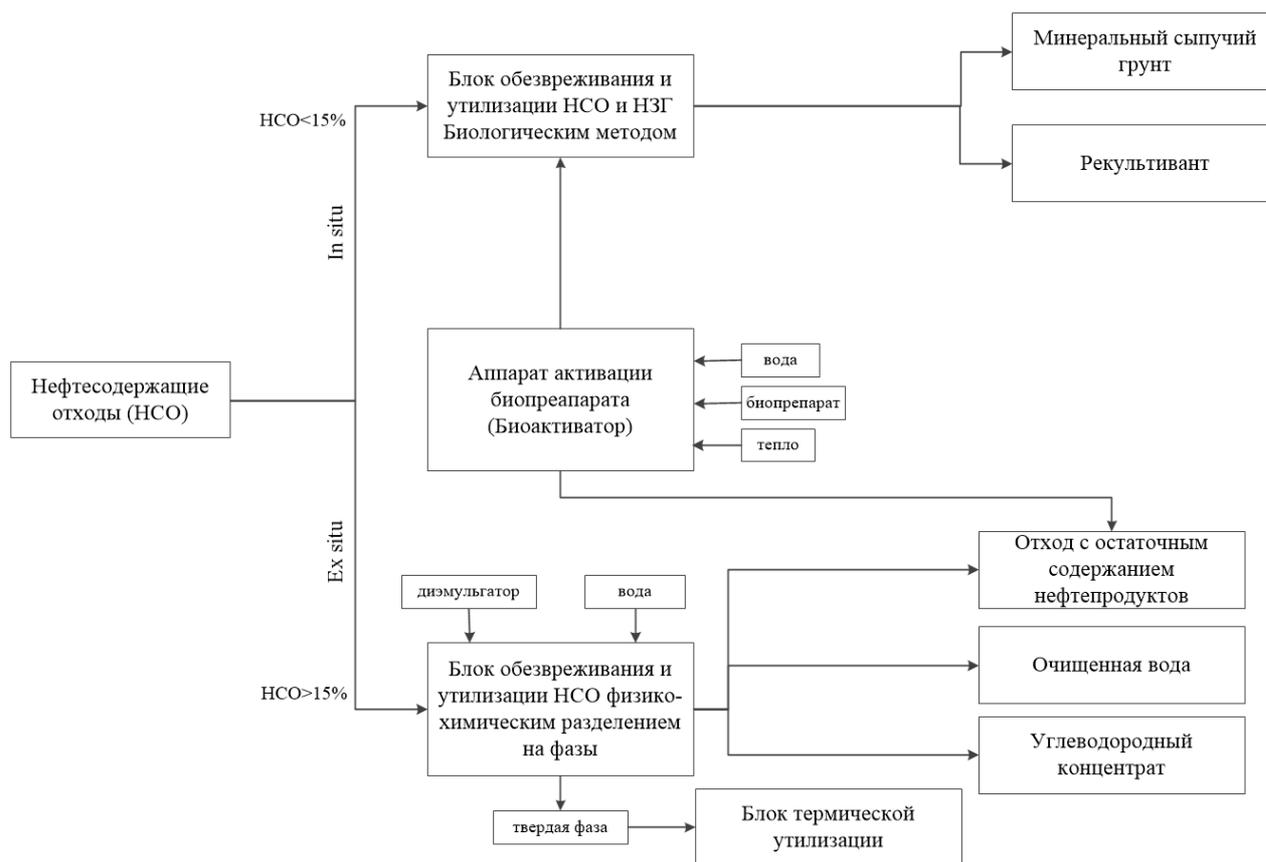
Биоактиватор представляет собой аппарат в виде реактора, который оснащен всеми средствами для возможного создания благоприятных условий, при которых происходит активации биопрепарата.

Устройство относится к охране окружающей среды и используется для создания условий активации микроорганизмов, применяемых при ликвидации нефтяных загрязнений воды и почвы, а также дальнейшего полного восстановления грунта и почвы непосредственно вблизи загрязненного участка.

Биоактиватор предназначен для восстановления антропогенно-нарушенных, нефтезагрязненных и засоленных территорий, обезвреживания отходов ферм и птицефабрик, и применяемый на заключительном этапе рекультивационных работ перед проведением стадии фиторемедиации.

Биологические методы утилизации и обезвреживания нефтесодержащих отходов являются одними из наиболее экологически чистых, но область их применения ограничивается конкретными условиями: диапазоном активности биопрепаратов, температурой окружающей среды, кислотностью, аэробными условиями [1-11].

Аппарат для активации и наращивания биопрепарата включает вертикальный корпус, инокулятор, аэрирующее устройство и перемешивающее устройство, оно дополнительно снабжено терморегулятором, биофильтрами для воды и воздуха, а также емкостью для питательной среды и емкостью для биогенных компонентов. Активация проводится в биологическом реакторе (биоактиватор), обеспечивающем контроль и регулирование параметров процесса (температура, степень аэрации, давление, pH) либо с использованием технологических и вспомогательных емкостей, компрессоров, насосов, системы нагрева и поддержания температуры воды.



Метод активации биопрепаратов очистки почвы в зависимости от концентрации нефтепродуктов в ней

Порядок выполнения этапа активации биопрепарата:

1) Заполнение емкости объемом 2 м³ местной болотной водой, содержащей аборигенные микроорганизмы;

2) Подключение системы подогрева и поддержания температуры воды и непрерывной аэрации;

3) Внесение элементов минерального питания (ЭМП), содержащих азот, фосфор и калий, и полное растворение в воде. В качестве ЭМП были использованы аммиачная селитра (3 кг), монокалийфосфат (2 кг) и «Азофоска» (3 кг). В качестве источника углерода был внесен сахар в количестве 10 кг;

4) По достижению оптимальной температуры (22-27 °С) производится внос Биопрепарата в объеме 150 л. В течение 48 часов выполняются условия поддержания температуры, рН (6,5-7,0) и аэрации. Регулирование значения рН производится с использованием гашеной извести или соды.

В зависимости от концентраций нефтепродуктов в почве, метод активации биопрепарата очистки в соответствии с работами можно представить в виде укрупненной блок-схемы с основными материальными потоками (рисунок).

Методы очистки от нефтяных загрязнений с помощью биопрепаратов весьма перспективны, так как эти методы просты в осуществлении, экологически безопасны и позволяют в дальнейшем легко утилизировать собранные нефтепродукты.

Список литературы

1. Андресон Р.К. Экологические последствия загрязнения нефтью / Р.К. Андресон, А.Х. Мукатанов, Т.Ф. Бойко // Экология. – 1980. – № 6. – С. 21-25.

2. Мецерьяков С.В. Инжиниринговая интерактивная система по обезвреживанию нефтесодержащих отходов, загрязненных природными радионуклидами / С.В. Мецерьяков, С.В. Остах, О.С. Остах, Д.И. Рогожин // Безопасность труда в промышленности. – 2017. – № 9. – С.46–51.

3. Алиев С.А. Влияние загрязнения нефтяным органическим веществом на активность биологических процессов почв / С.А. Алиев, Д.А. Гаджиев // Известия АН Азерб. ССР. Сер. биол. наук. – 1977. – № 2. – С. 46-49.

4. Артемьева Т.И. Экологические последствия загрязнения почв нефтью: Тез. докл. Бактериальный фильтр Земли. Пермь / Т.И. Артемьева. – М.: 1985. – Т.1. – С.28-29.

5. Баздырев Г.И. Воспроизводство фитосанитарного состояния почвы. В кн.: Воспроизводство плодородия почв в Нечерноземной зоне / Г.И. Баздырев. – М.: 1982. – С. 115-125.

6. Белонин М. Способ очистки почвы от нефти и нефтепродуктов / М.Д. Белонин, Е.А. Рогозина, Р.М. Свечина // Патент РФ № 2041172.-08.10.1995.

7. Берадзе С.А. Плодородие почв / С.А. Берадзе, Т.К. Думбадзе // сб. ст. Тбилиси, 1983. – С. 53-85.

8. Беспамятное Г.П. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде / Г.П. Беспамятное, Ю.А. Кротов. – М., 1985. – 528 с.

9. Кураков А.В. Биоиндикация и реабилитация экосистем при нефтяных загрязнениях / А.В. Кураков [и др.]. – М.: Графикон, 2006. – 336с.

10. *Логинев О.Н. Биорекультивация: микробиологические технологии очистки нефтезагрязненных почв и техногенных отходов / О.Н. Логинев [и др.]. – М.: Наука, 2009. – 112с.*

11. *Патент 2225383 РФ. Многофункциональный биоактиватор плодообразования / Егоров И.В., Чекакина Е.В.. Оpubл. 10.03.2004.*

12. *Патент 105662 РФ. Устройство для активации и наращивания биопрепаратов / Соромотин Андрей Владимирович (RU), Огурцова Любовь Владимировна (RU), Жданова Екатерина Борисовна (RU), Морозова Татьяна Николаевна (RU). Оpubл. 20.06.2011.*

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ПОДЗЕМНЫХ СКОПЛЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

Т.Е. Тусупов

Российский государственный университет нефти и газа
имени И. М. Губкина,
г. Москва

***Аннотация.** В статье рассматривается проблема образования, исследования техногенных линз, предлагаются методы оценки состояния и подходы к инженерной защите и восстановлению загрязненной геологической среды. Приведена информационно-аналитическая модель динамики подземных скоплений углеводородов, указаны основные зависимости и методы интерпретации получаемых данных.*

В настоящее время нефтепродукты являются одними из наиболее распространенных и токсичных веществ, на территориях, нарушенных в результате антропогенной деятельности. Это приводит к их фильтрации в водоносные горизонты, в результате чего значительное количество нефтепродуктов скапливается в зоне аэрации, образуя на поверхности грунтовых вод плавающие линзы, частично растворяющиеся в подземных водах.

Подвижность подземных вод приводит к тому, что они становятся объектом переноса загрязнений от очага его формирования на большие расстояния с частичным выклиниванием скопившихся под землей нефтепродуктов в поверхностные водотоки и водоемы.

Углеводородные линзы путем трансформации и миграции наносят экологический вред на геологическую среду, а также на подземные воды с формированием мигрирующего многокомпонентного загрязнения нефтехимическими отходами, поэтому ликвидация загрязнения подземных вод является важной задачей для экологии [1].

Экогеофизическая информация должна быть применима для организации геосистемного мониторинга окружающей среды [2].

Всесторонний анализ загрязнения геологической среды предусматривает возможности уточнения его месторасположение, размеры, диапазон

концентраций загрязняющих веществ, скорость и основные пути их возможной миграции для прогнозирования соответствующей пространственно-временной динамики [3-4].

Несмотря на актуальность изучения многочисленных фактов техногенного загрязнения до настоящего времени еще не накоплено достаточно полной и обобщенной информации о влиянии данного процесса на окружающую среду. Также остается технологически нерешенным вопрос дальнейших работ по извлечению и обезвреживанию техногенных залежей и потоков. Для эффективного решения этой проблемы необходимы технологические решения, которые реализуются в комплексном подходе для идентификации и ликвидации ущерба от глубинных загрязнений.

Наиболее эффективным методом обезвреживания попавших в грунтовую воду, грунт и почву нефтепродуктов являются биотехнологии, которые основаны на окислении нефтепродуктов микроорганизмами, способными использовать нефтепродукты как источник энергии.

В системах аэробной биологической очистки и биоремедиации вследствие низкой растворимости в воде именно свободный кислород часто является лимитирующим фактором. Поэтому для обеспечения кислородом аэробных процессов биодеструкции в зоны загрязнения подается воздух.

Для поддержания аэробных условий при ремедиации загрязненных на глубине более 2,0 м грунтов используют технологию биовентинга [5].

Данная альтернативная технология была успешно применена для ремедиации грунтов, загрязненных не содержащими хлор растворителями, нефтепродуктами и другими органическими соединениями.

Для успешного процесса должны быть соблюдены два основных критерия. Во-первых, воздух должен проходить через почву в достаточных количествах для поддержания аэробных условий. Во-вторых, микроорганизмы, разлагающие природные углеводороды, должны присутствовать в концентрациях, достаточно больших для достижения разумных скоростей биоразложения. На проницаемость почвенного газа существенное влияние оказывает размер зерна и влажность почвы.

Расчёт аэробного влияния биовентинговой скважины при осуществлении прогнозных показателей результативности применения технологии является одними из важных направлений деятельности по локализации и ликвидации подземных загрязнений УВ [6,7].

Для реализации технологии биовентинга на загрязненном участке оборудуют сеть нагнетательных (инжекционных) скважин (рис.1). Использование нагнетательных скважин также позволяет минимизировать объем земляных работ и облегчить последующее проведения технического этапа рекультивации поверхностного слоя.

Согласно логико-аналитическому подходу для прогнозирования радиуса аэробного влияния биовентинговой скважины необходимо руководствоваться расходом создаваемого воздушного потока, коэффициентом использования кислорода, пористостью, слагающих загрязненный участок, грунтов и глубиной

загрязненного грунта. Это позволит определить необходимое количество скважин для поддержания аэробных условий при биоремедиации загрязненных участков.

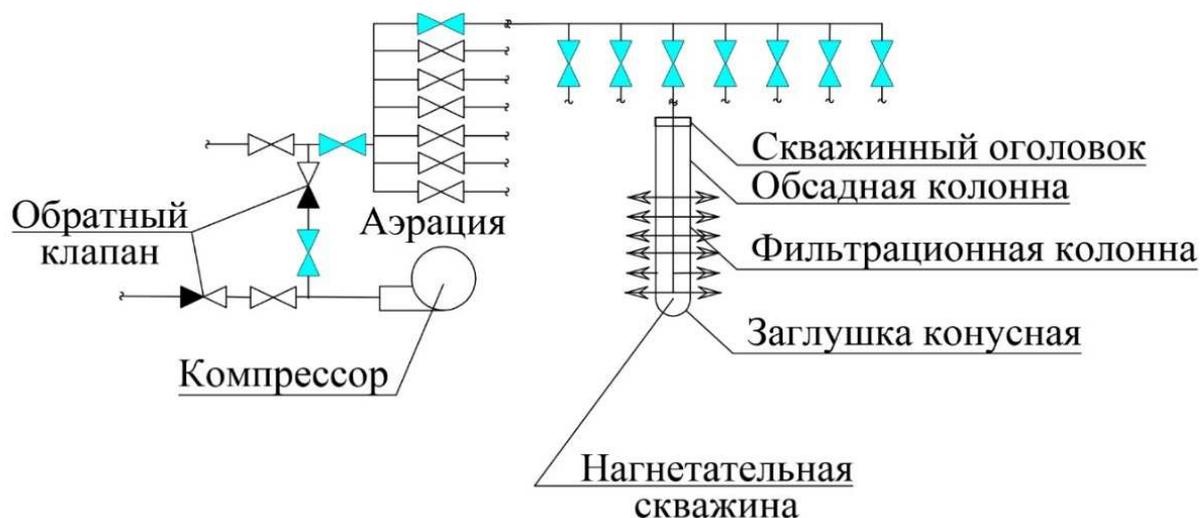


Рис.1. Технологическая схема аэрации нагнетательных скважин

Настоящий анализ базируется на модели реактора идеального вытеснения с нулевым порядком в основе которой следующее уравнение [6]:

$$R_i = \sqrt{\frac{Q \cdot (C_{in} - C_{min})}{\pi \cdot b \cdot k_0 \cdot \theta_a}} \quad (1)$$

где: R_i – радиус аэробного влияния скважины, м;

Q – объемный расход воздуха на одну скважину, м³/сут;

C_{in} – концентрация кислорода в воздухе, подаваемом в загрязненный участок (21 % O₂),

C_{min} – минимальная концентрация кислорода для аэробных условий, % (должна составлять не менее 5,0 %)

b – толщина аэрируемой (загрязненной) зоны;

θ_a – пористость, заполненная воздухом, объем воздуха / объем почвы;

k_0 – коэффициент использования кислорода, %;

Определение объемного расхода воздуха на одну скважину произведем с учетом конкретизации компрессора, подающего воздух в загрязненную зону. Примем компрессор производительностью которого составляет 440 л/мин, тогда количество воздуха, подаваемого в течение 12 ч в сутки, составит:

$$12 \text{ ч/сут} \cdot 60 \text{ мин/ч} \cdot 0,44 \text{ м}^3/\text{мин} = 316 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Примем возможность обеспечения одним компрессором около 10 биоэвентинговых скважин, тогда объемный расход воздуха на одну скважину (Q) составит 31,68 м³/сут.

Тогда прогнозируемый радиус аэробного влияния биоэвентинговой скважины составит:

$$R_i = \sqrt{\frac{31,68 \cdot (21 - 5)}{3,14 \cdot 10 \cdot 1 \cdot 0,412}} = 6,26 \text{ м}$$

Для различной толщины аэрируемой (загрязненной) зоны (b) и пористости (θ_a), рассчитаем прогнозируемый радиус аэробного влияния биоэвентинговой скважины (R_i) по уравнению (1). Данные проводимых расчётов представлено в табличной форме (таблица) а также в виде полученных зависимостей относительно установленных исходных данных (рис.2).

Результаты прогнозирования аэробного радиуса влияния нагнетательных скважин

Объемный расход воздуха на одну скважину, м ³ /сут	Концентрация кислорода в воздухе, подаваемом в загрязненный участок	Минимальная концентрация кислорода для аэробных условий, %	Толщина аэрируемой (загрязненной) зоны	Пористость, заполненная воздухом, объем воздуха / объем почвы	Коэффициент использования кислорода, %	Радиус аэробного влияния биоэвентинговой скважины, м
31,68	21	5	0,5	35,7	1	30,07
31,68	21	5	1	38,2	1	20,56
31,68	21	5	2	38,2	1	14,54
31,68	21	5	4	41	1	9,92
31,68	21	5	6	41	1	8,10
31,68	21	5	8	41	1	7,02
31,68	21	5	10	41	1	6,27
31,68	21	5	12	41,2	1	5,71
31,68	21	5	14	41,2	1	5,29
31,68	21	5	16	41,2	1	4,95
31,68	21	5	18	41,2	1	4,67
31,68	21	5	20	41,2	1	4,43
31,68	21	5	22	41,6	1	4,20
31,68	21	5	24	41,6	1	4,02
31,68	21	5	26	41,6	1	3,86
31,68	21	5	28	41,6	1	3,72
31,68	21	5	30	41,6	1	3,60

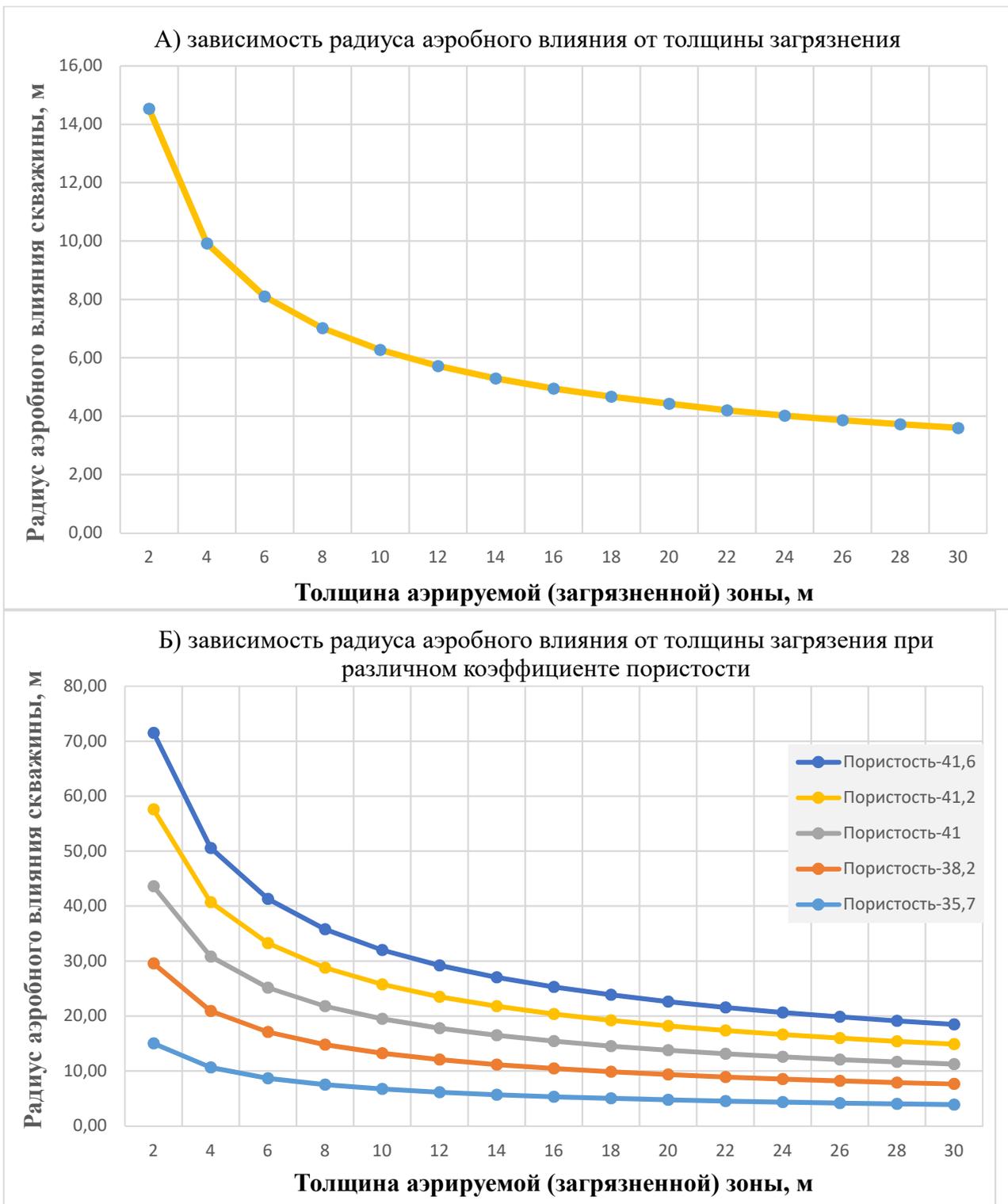


Рис. 2. Результаты экспертно-оценочного прогнозирования аэробного радиуса влияния нагнетательных скважин

Таким образом, результаты исследования механизмов формирования и миграции техногенных потоков, позволяют выявить закономерности старения загрязнения геологической среды и использовать наиболее рациональные природоохранные меры для предотвращения формирования и распространения основных поражающих факторов.

Загрязнение нефтепродуктами различных масштабов обеспечивает появление экологических опасностей для объекта-загрязнителя, жизни и здоровья человека, различных компонентов окружающей природной среды.

Приведенная информационно-аналитическая модель может быть использована для оценки применимости отдельных методов прогнозирования, их комплексирования, а также методики проведения мониторинга и выбора поисковых критериев выделения и зонирования экономалий с пространственной или временной изменчивостью источников загрязнения геологической среды.

Вне зависимости от выбора технологии очистки геологической среды важно обеспечить соответствующее качество поверхностного слоя почв для последующего их целевого использования.

Список литературы

1. Бабенко В.Д. Опыт создания и эксплуатации систем инженерной защиты подземных вод от загрязнения жидкими нефтепродуктами на промплощадках действующих предприятий нефтехимического комплекса. Сб. «Захист довкілля від антропогенного навантаження» / В.Д. Бабенко, Ю.С. Солодников, Г.В. Карагодин [и др.]. – Харьков - Кременчур, 1999. – Вып. 1(3). – С. 95-100.

2. Остах С.В. Комплексирование методов геофизического и экологического прогнозирования последствий глубинного загрязнения окружающей среды при эксплуатации объектов нефтехимической отрасли промышленности / С.В. Остах, М.П. Папини, П. Чиаппи, Н.Ю. Ольховикова // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2019. – № 2. – С. 5-11.

3. Остах С.В. Комплексирование методов гидрогеологического и гидроэкологического прогнозирования последствий воздействий на литосферу несанкционированно размещенных отходов / С.В. Остах, М.П. Папини, П. Чиаппи, Н.Ю. Ольховикова // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2020. – № 5 (296). – С. 12 – 20.

4. Геофизические методы исследования / Под ред. В.К. Хмелевского. – М.: Недра, 1988.

5. Экологические последствия миграции и трансформации нефти в геологической среде. Результаты натурных исследований / Н.Г. Максимович, С.В. Казакевич, В.В. Никифоров // УрО РАН. – Пермь, Екатеринбург, 2006. – С.249-251.

6. *Process dynamics in environmental systems* Walter J. Weber, Jr., and Francis A DiGiano, John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, (1996), 943 Pages [ISBN No.: 0-471-01711-6]

7. Мецьяков С.В. Инжиниринговая интерактивная система по обезвреживанию нефтесодержащих отходов, загрязненных природными радионуклидами / С.В. Мецьяков, С.В. Остах, О.С. Остах, Д.И. Рогожин // Безопасность труда в промышленности. – 2017. – № 9. – С.46–51.

ПЕРСПЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УТИЛИЗАЦИИ БУРОВЫХ ШЛАМОВ В ГЕОКОМПОЗИТНЫЙ МАТЕРИАЛ

М.Е. Педяш

Российский государственный университет НИУ
нефти и газа имени И.М. Губкина,
г. Москва

Аннотация. Сегодня на первый план выходят методы безамбарного бурения, технологии, применение которых позволяет не только не накапливать новые отходы бурения, но и утилизировать старые шламовые амбары. Одним из перспективных направлений утилизации буровых шламов и других нефтесодержащих отходов является получения строительного инертного материала, используемого для технической рекультивации нарушенных земель всех категорий и видов хозяйственного использования, кроме земель водного фонда, особо охраняемых природных территорий, селитебных зон населенных пунктов, водоохраных зон поверхностных водных объектов и зон санитарной охраны водозаборов. Цель настоящей работы – предложить новый метод утилизации буровых шламов в Геокомпозитный материал (ГМК), компонент строительных смесей для выполнения земляных строительных работ, а также компонент рекультивационных смесей при рекультивации мест временного накопления отходов, временных накопителей, временных производственных, вспомогательных площадок и дорог.

Обеспечение экологически безопасного обращения с отходами является одной из наиболее важных задач современности. Сложившаяся за десятилетия система обращения с отходами на территории нашей страны требует коренной перестройки от повсеместного захоронения в пользу эффективно применяемых в мировой экономике технологий ресурсосбережения, обработки, утилизации и обезвреживания таких отходов.

Нефтегазовая промышленность является одной из ведущих отраслей РФ. Рост добычи углеводородного сырья обеспечивается интенсивным развитием и увеличением объемов бурения. В результате этого образуется значительное количество отходов бурения [1]. Технологические особенности бурения и состав геологических пород определяют состав отходов, образующихся при углублении скважин. Токсичные, большей частью малоопасные, свойства компонентов бурового раствора и пластовых обуславливают потенциальное загрязняющее действие бурового шлама на окружающую среду. Основная масса буровых шламов представлена выбуренной породой, которая как правило, не имеет токсических свойств. При соблюдении всех норм технологического режима и современном уровне технологий бурения буровые шламы по результатам биотестирования относятся к IV-V классам опасности для окружающей среды [2].

Основу отходов бурения составляют бентонитовые глины [3], в минеральном составе которых преобладает монтмориллонит, имеющий очень

большие емкости поглощения и обмена. Обменные катионы в основном представлены кальцием (30-59 %), магнием (11-35 %), натрием (2,5-11 %) и калием (1,2-7,2 %). Исходя из состава обменных катионов в бентонитовых глинах, можно сделать вывод о способности бентонита к обогащению песчаных почв элементами питания, особенно в гумидной зоне, в связи с острым дефицитом в них перечисленных обменных катионов, необходимых для нормального роста и развития растений.

Другой составляющей отходов бурения является нерастворимый остаток и взвешенные частицы бентонитовых глин и соединений бария (в основном, сульфата и карбоната). При глубоком бурении сульфат бария (барит) применяется как утяжелитель. Это соединение не ядовито, но в присутствии карбонат- и хлорид-ионов в отходах бурения образуются карбонаты и хлориды бария – соединения, являющиеся очень ядовитыми веществами. Их токсическое действие на живые организмы начинается с концентраций 5 и 4 мг/л соответственно. Также в барите (в качестве примесей) и в бентонитовых глинах (в поглощенном обменном состоянии) могут содержаться тяжелые металлы, которые также являются серьезными загрязнителями окружающей среды.

Третьим компонентом отходов бурения, обуславливающим токсическое действие на экосистемы, являются концентрированные рассолы легкорастворимых солей, представленных в основном хлоридом натрия. Концентрация его в буровых сточных водах достигает огромных величин – 300 г/л.

В случае нарушения технологических режимов в отходах бурения могут содержаться токсичные концентрации растворимых солей и тяжелых металлов, а также часто встречается нефть в количествах, опасных для здоровья человека и нормального функционирования экосистем [4].

Из-за высоких темпов бурения, несмотря на положительную динамику утилизации, объем буровых шламов ежегодно увеличивается. По официальным данным, в Российской Федерации образуется около 100 млн тонн буровых шламов, по неофициальным – не менее 300 млн тонн. Основными организационными проблемами переработки буровых отходов можно назвать отсутствие нормативной базы, стимулирующей использование отходов, и единой государственной программы сбора, переработки и утилизации отходов бурения, которая экономически стимулировала бы обращение с ними. Действующее законодательство пока не позволяет до конца решить вопрос с утилизацией отходов бурения, в то же время участники рынка в перспективе отмечают ужесточение природоохранного законодательства. В настоящее время контролирующие органы периодически штрафуют нефтегазовые компании, что стимулирует последних к выделению средств на утилизацию буровых шламов.

Утилизация буровых отходов позволяет получать вторичную продукцию, а именно грунты, которые могут использоваться для строительного-монтажных работ строительства, а также для рекультивации загрязненных земель.

Новая технология утилизации отходов позволяет получать геокомпозитный материал (ГКМ) в процессе утилизации и обезвреживания

отходов для получения вторичного ресурса. Материал обладает свойством инертности, что позволяет использовать его как компонент строительных смесей для выполнения земляных строительных работ, например, при заполнении мест временного накопления отходов, а также как компонент рекультивационных смесей при рекультивации мест временного накопления отходов, временных накопителей, временных производственных, вспомогательных площадок и дорог.

ГМК представляет собой дисперсный несвязанный техногенно перемещенный и измененный изначально природный минеральный грунт, по физическим и технологическим свойствам подобный обыкновенным песчаным грунтам, повсеместно добываемым или образующимся при разработке карьеров гидронамывным или сухоройным способами в соответствии с общей классификацией грунтов по ГОСТ 25100.

Одно из важнейших отличий плодородной почвы от безжизненной глинистой или другой коллоидной среды – наличие структуры, т.е. агрегатов грунта и пор между ними, что обеспечивает движение влаги и воздуха. Буровой шлам содержит значительное количество глинисто-коллоидной фазы (порядка 50%) и не имеют структуры. При высыхании шлам превращается в крупные каменистые комки, а при увлажнении переходит в пластичное состояние [5].

Введение в состав бурового шлама фосфогипса в качестве основной мелиорирующей добавки обеспечивает насыщение ионообменного комплекса глинисто-коллоидных частиц кальцием, высвобождение и вымывание избыточных солей калия и натрия, необратимое коагулирование глинистой фазы бурового шлама, структурирование и улучшение почвенных плодородных свойств материала [6].

Бентонит – глина, содержащая не менее 70 % монтмориллонита, то есть высокодисперсного слоистого вещества. Способность к адсорбции – важное свойство бентонитовых глин. Монтмориллонит как основной порообразующий минерал бентонитов относится к слоистым силикатам с расширяющейся ячейкой. В процессе адсорбции полярных веществ в межпакетное пространство монтмориллонита внедряется несколько молекулярных слоев адсорбируемого вещества. При этом изучаемый сорбент имеет переходные поры, образованные зазорами между контактирующими частицами [7].

Благодаря своим свойствам, бентонит нашел применение в различных отраслях промышленности. Как вязко-гелеобразователь и ограничитель фильтрации его используют для приготовления буровых растворов, как сорбент – в очистке воды и почв от токсикантов, в сельском хозяйстве – как мелиорант или подкормка для животных [8].

Бентонит для бурения может стать решением проблемы утилизации бурового шлама без использования дополнительных установок, так как используется в буровых растворах и обладает высокой сорбционной емкостью.

В результате внесения бентонитового сорбента оставшиеся в шламе токсичные вещества связываются сорбентом и становятся нерастворимыми при

любых воздействиях окружающей среды.

В качестве сырья для производства ГМК используются отходы бурения, нефтезагрязненные грунты, несгораемые остатки, отходы очистки сточных вод (осадки и илы), строительная пыль.

Способом получения ГМК является использование отходов в качестве сырья, а также песка, модификаторов и бентонита в качестве алюмосиликатного сорбента, обладающего фитостимулирующим действием. В качестве модификаторов используется модифицированный гуминовыми кислотами фосфогипс.

Производство ГМК происходит в процессе следующих этапов:

- механическое преобразование отходов путём смешения, связывания и придания изначально аморфной композиции сырья дисперсной структуры со снижением числа пластичности;
- разрушение изначально устойчивой водоудерживающей системы сырья и насыщения всего грунтового массива воздухом с обеспечением нормального воздушно-водного обменного режима, характерного для минеральных грунтов соответствующего вида;
- разбавление исходного сырья для улучшения структурных свойств.

В результате получается материал, показатели качества которого представлены в таблице [9].

Показатели качества геокомпозитного материала

№ п/п	Показатель	Норма
1	Гранулометрический состав соответствует песку Возможны включения частиц размером	0,1-2 мм >2 мм – до 25 % <0,1 мм – до 15 %
2	Коэффициент фильтрации, см/с	<10
3	Относительное содержание органического вещества, соответствует минеральным грунтам, Ir, д.е.	≤0,03
4	Число пластичности Ir, в %	< 12
5	Влажность на границе текучести ωтек, в %	< 55
6	Однородность ГМК по влажности, в %	30-40 (до постоянного значения)
7	Однородность ГМК по плотности, г/см ³	1,3-1,8 (до постоянного значения)
8	Насыпная плотность (при хранении на открытой площадке), г/см ³	1,0-1,8 (при хранении на открытой площадке)
9	Удельная эффективная активность природных радионуклидов Аэфф, Бк/кг I класс II класс	≤370 370-740
10	Класс опасности методом биотестирования	IV-V

Основными преимуществами ГКМ являются инертность и адаптируемость материала к климатическим условиям региона, потенциалу ландшафта и состоянию экосистем, а также их устойчивость к различным видам воздействий.

Таким образом, была рассмотрена перспективная технология утилизация буровых шламов, техническим результатом которой является получение однородного и экологически безопасного технического грунта для рекультивации нарушенных земель, а также строительной инертной смеси для выполнения земляных строительных работ, путем эффективного использования и утилизации отходов IV-V классов опасности.

Список литературы

1. Перевалов С.Н. Актуальные технологии и способы обезвреживания отходов бурения / С.Н. Перевалов, А.А. Ивлева // *Международный научно-исследовательский журнал*. – 2013. – № 11 (18). – С. 63-66.

2. Мецерьяков С.В. Алгоритмический подход к процессам обращения с отходами бурения / С.В. Мецерьяков, С.В. Остах, А.В. Сушкова, О.С. Остах // *Экология и промышленность России*. – 2017. – Т. 21. – № 10. – С. 9-13. – DOI 10.18412/1816-0395-2017-10-9-13.

3. Петров В.П. Глина как полезное ископаемое / В.П. Петров // *Глины, их минералогия, свойства и практическое значение*. – М.: Наука, 1970. – С. 207-213.

4. Бакишева Ч.Т. Степень загрязнения, токсичность нефтезагрязненных земель Апшеронского полуострова и прогноз возможности их рекультивации., Автореферат на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Ч.Т. Бакишева. – Баку, 1991, – 22 с.

5. Барабаничиков Д.А. Экологические проблемы нефтяной промышленности России / Д.А. Барабаничиков, А.Ф. Сердюкова // *Молодой ученый*. – 2016. – № 26 (130). – С. 727-731.

6. Ягафарова Г.Г. Утилизация углеводородсодержащих буровых отходов / Г.Г. Ягафарова, А.Х. Сафаров, А.И. Мустаева, В.Р. Рахматуллин, Е.В. Бембак // *Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов*. – 2021. – №2. – С. 105-112.

7. Пат. 2 491 135 С1 РФ, МПК В 09 В 1/00. Смесь почвенная шлаго-грунтовая (варианты) для рекультивации нарушенных земель и способов рекультивации карьеров и нарушенных земель / Кольцов И.Н., Митрофанов Н.Г., Петухова В.С., Скипин Л.Н. – № 2011152564/13; заявл. 23.12.2011; опубл.: 27.08.2013. Бюл. № 24. – 11 с.

8. Пянзин А.А. Бентонит как сорбент для высокотехнологичной очистки воды / А.А. Пянзин, А.С. Ковалева // «Студенческий научный форум»: Тез. науч.конф., 2016. – С. 25-30.

9. <https://bentonit.ru/products/bentonit/>.

10. Технические условия ООО «Бентонит Кургана» ТУ 23.99.19-027-41219638-2022. Геокомпозитный материал. – М., 2022. – 20 с.

ПОЛУЧЕНИЕ ФОРМОВАННЫХ БЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ПЫЛИ АКТИВНОГО УГЛЯ АГ-3 И ПОЛИМЕРНЫХ СВЯЗУЮЩИХ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ СВОЙСТВ

Д.П. Гульчук, В.Н. Соловей

Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет), кафедра химической технологии материалов
и изделий сорбционной техники,
г. Санкт-Петербург

Аннотация. В работе представлена технология изготовления формованных блочных изделий на основе пыли активного угля (АУ) марки АГ-3 с использованием в качестве связующего – водных растворов поливинилового спирта (ПВС). Получены образцы с различным соотношением компонентов. Исследована пористая структура изготовленных композитов.

Для современных технологий, например, очистки газовых выбросов в таких отраслях промышленности, как черная и цветная металлургия, тепловая энергетика, необходимо создание композиционных пористых углеродных материалов с новым сочетанием свойств, которые не могут быть получены в рамках использования традиционных видов сырья и технологических подходов [1]. Так, выбор ПВС в качестве связующей матрицы для получения композиционных пористых углеродных материалов может быть обусловлен рядом причин: безопасностью – абсолютно нетоксичен на всех стадиях производства; экологичностью – полностью биоразлагается при естественных [2]. Эти качества достигаются за счет высокой растворимости полимера в воде, что делает его безвредным связующим. Также он отличается доступностью и отсутствием дефицита за счет синтетической природы его производства.

В работе получены композиционные изделия в виде таблеток на базе наполнителя – пыли промышленного активного угля марки АГ-3, являющейся отходом производства, и матрицы – водных растворов ПВС марок 16/1 и 17-99. Поливиниловый спирт использовали в виде 1, 3, 5 % масс. водных растворов. Преобладающая фракция активированный мелочи угля АГ-3 составляла менее 0,5 мм. Смешение угольной пыли и связующего проводилось с предварительным консервированием пористой структуры угольной пыли дистиллированной водой. Для получения образцов со связующим – 5 % масс. раствором ПВС было взято соотношение угольная пыль : консервант : связующее в количестве 2:1,5:1 по массе. Для получения образцов со связующим – 3 % масс. раствором ПВС – 2:1,5:0,8 по массе. Для получения образцов со связующим – 1 % масс. раствором ПВС – 2:1,5:0,6 по массе. Подготовленные пасты таблетировали в пресс-форме на гидравлическом прессе типа «П-10» при различных значениях давления 20, 40, 70 МПа. После этого образцы сушились при температуре 180 °С в течение 2 ч.

Влияние концентрации ПВС и давления прессования на пористую структуру активного угля оценивали путем определения основной характеристики АУ – эффективного объема микропор. Результаты представлены в таблице.

Эффективный объем микропор таблетированных образцов с ПВС марок 16/1 и 17-99 при различных давлениях прессования

Концентрация водного раствора ПВС	Эффективный объем микропор, $V_{ми}$, см ³ /г		
	20 МПа	40 МПа	70 МПа
1 % (масс.) ПВС 17-99	0,20	0,20	0,19
1 % (масс.) ПВС 16/1	0,22	0,22	0,21
3 % (масс.) ПВС 17-99	0,19	0,18	0,17
3 % (масс.) ПВС 16/1	0,18	0,17	0,16
5 % (масс.) ПВС 17-99	0,19	0,18	0,18
5 % (масс.) ПВС 16/1	0,19	0,18	0,18

По экспериментальным данным можно сделать вывод, что с повышением концентрации водного раствора ПВС в образцах снижается эффективный объем микропор. С увеличением давления прессования адсорбционные свойства, как и прочность образцов, практически не изменяются. У образцов со связующим с концентрацией ПВС 5 % масс. наблюдается высокая прочность, а у образцов с концентрацией ПВС 3 % масс. этот параметр несколько хуже. Наиболее высокие значения эффективного объема микропор прослеживаются у образцов таблетированных углей при использовании связующего ПВС с концентрацией 1 % масс., однако прочность таких таблеток очень низкая, следовательно, они не пригодны для дальнейшей эксплуатации. Очевидно, что ПВС марки 17-99 лучше подходит в качестве связующего, чем ПВС марки 16/1. Таким образом, оптимальное сочетание свойств имеет таблетированный образец со связующим – водным раствором ПВС марки 17-99 с концентрацией 5 % масс., сформированный при давлении прессования 20 МПа.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №21-79-30029).

Список литературы

1. Самонин В.В. Сорбирующие материалы, изделий, устройства и процессы управляемой адсорбции / В.В. Самонин, М.Л. Подвязников, В.Ю. Никонова [и др.]. – СПб.: Наука, 2009. – 271 с.

2. Лямина Л.В. Технология древесных композиционных плит на основе поливинилового спирта: дис. канд. техн. наук: 05.21.05 / Л.В. Лямина; КНИТУ. – Казань, 2021. – 137 с.

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПЫЛИ

Д.А. Логунов
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** Данная статья посвящена методам измерения пыли. В статье рассмотрен ряд методов, сформулированы преимущества и недостатки этих методов и приведены примеры устройств, осуществляющих измерения в соответствии с настоящими методами.*

Введение. Пылемер может быть использован для управления вентиляционным оборудованием, а также для определения общей доли респирабельной фракции пыли, вызывающей профессиональные легочные заболевания. Пылемер содержит источник света, два светоделительных зеркала, две диафрагмы, два фотоприемника, лазерный дальномер, отражатель, ПЗС-матрицу, три аналого-цифровых преобразователя, электро-вычислительную машину. Световой поток, отраженный от первого светоделительного зеркала, через первую диафрагму поступает на первый фотоприемник, а прошедший через первое светоделительное зеркало и вторую диафрагму поступает на второе светоделительное зеркало. Часть светового потока, прошедшего через второе светоделительное зеркало, проецируется на ПЗС-матрицу, а отраженного от него - поступает на второй фотоприемник. Лазерный дальномер измеряет расстояние между центрами светоделительных зеркал. Два фотоприемника и ПЗС-матрицы через три аналого-цифровых преобразователя соединены с ЭВМ. Технический результат - повышение точности непрерывного измерения средней концентрации, а также определение среднего размера частиц пыли в изучаемой среде. Ниже мы это рассмотрим.

Пылемер — прибор, предназначенный для измерения массовой концентрации пыли в дымовых газах топливо сжигающих установок, в рабочей и жилой зонах, в атмосферном воздухе. Для каждой задачи необходимо использовать определенный вид прибора.

Методы измерения пылемеров.

На сегодняшний день существует несколько методов измерения пыли: оптический (фотометрический), гравиметрический, пьез балансный, трибоэлектрический, радиоизотопный. Рассмотрим каждый из них:

Оптический метод измерения пыли (фотометрический и нефелометрический метод).

Оптический принцип действия заключается в измерении ослабления интенсивности светового излучения при его прохождении через запыленную среду. Концентрация частиц пыли пропорциональна значению оптической плотности, которая определяется автоматически и представляет собой отрицательный десятичный логарифм коэффициента пропускания.

Недостатки фотометрического абсорбционного метода:

- низкая чувствительность при измерении малых концентраций аэрозольных частиц (менее 30 мг/м³), а также невозможность контроля высоких концентраций (более 10...12 г/м³) вследствие практически полного поглощения светового излучения.

- высокое влияние физико-химических свойств аэрозолей на результат измерения (размерность, состав и цвет аэрозоля). Для уменьшения погрешности измерений необходимо делать калибровку прибора по конкретному типу аэрозоля или вводу поправочного коэффициента.

- необходимость периодической очистки оптических элементов (оптика, отражатели и т.д.)

При измерении малых концентраций аэрозольных частиц гораздо более эффективным оказывается нефелометрический метод, основанный на регистрации прямого, бокового и обратного рассеянного светового излучения. Такой метод реализован в приборах SICK, АЭРОКОН (ООО НПО «ЭКО-ИНТЕХ»), Cassela CEL 712, Kanomax 3443 и в моделях TM-data, TM-digital, TM-F и TM-M (HUND).

Недостаток нефелометрического метода

- недостатком нефелометрического метода прямого рассеяния при контроле весовой концентрации промышленных пылевых аэрозолей с широким дисперсным составом является резкая потеря чувствительности при измерении концентраций частиц диаметром более 8...10 мкм, что существенно снижает и даже исключает возможность их применения во многих отраслях. Поэтому эти приборы применяют в основном там, где выбрасываются мелкодисперсные аэрозольные частицы и на выходе рукавных фильтров газоочистных установок для контроля их эффективности.

Гравиметрический метод измерения аэрозоля (ГОСТ 17.2.4.05-83) заключается в выделении частиц из пылегазового потока с последующим осаждением их на аналитическом фильтре и осушением. По величине привеса на фильтре с учетом объема пробы определяется массовая концентрация аэрозоля. Концентрацию пыли в этом случае рассчитывают по формуле.

Достоинства гравиметрического метода

- достоинствами данного метода является точность измерения, так как происходит прямое измерение аэрозоля и нет влияния физико-химических свойств на результаты.

Недостаток гравиметрического метода:

- трудоёмкость метода;
- длительность процесса;
- использование дополнительного оборудования.

На смену трудоёмкому гравиметрическому методу пришел новый метод пьез балансного взвешивания осажденной пробы пыли. Данный метод был впервые реализован в пылемерах компании KANOMAX в моделях 3521 и 3522 (различия моделей 3521 и 3522 в том, что в серии 3521 в комплект поставки входит импортёр РМ 2.5 и 10, а в 3522 - РМ 2.5, 4 и 10). Позже этот метод измерений начали осваивать и российские компании, такие как ООО «НТМ-

ЗАЩИТА», и реализовали его в приборе Атмас. В комплект поставки так же как в KANOMAX 3521 входят два импортёра с размерностью РМ 2.5 и 10 мкм.

Пьез балансный метод измерения работы прибора заключается в периодическом отборе пробы аэрозольных частиц через импортёр, который из общей массы частиц отделяет респираторные (до 10 мкм) фракции, в последующем их заряде на коронирующем электроде и затем осаждении на поверхности осадительного электрода. В качестве такого электрода используется пьез элемент (кварц). Отбор же пробы осуществляется внутренним насосом прибора. Кварцевый пьез элемент включен в цепь генератора электрических колебаний. При осаждении пыли на его поверхности изменяется вес пьез элемента и как следствие – частота его колебаний. Изменение частоты линейно зависит от массы осажденной на элемент пыли и является величиной измеряемой весовой концентрации аэрозоля.

Достоинства пьез балансного метода измерения:

- быстрое выполнение измерений, нет необходимости использовать большой парк дополнительного оборудования;
- достоверность показаний прибора, физико-химические свойства не оказывают влияния на измерения;
- малые габариты измерительного инструмента (прибор, как правило, поставляется в переносном кейсе, общий вес прибора в кейсе не более 4 кг).

Недостатки пьез балансного метода измерения:

- измерение производится только в рабочей и жилой зонах;
- дороговизна оборудования;
- необходима бережная эксплуатация (чувствительный элемент прибора очень хрупкий, не допускаются падения, а также профилактика прибора должна осуществляться строго по инструкции).

Трибоэлектрический метод измерения основан на измерении индуцированного заряда на изолированном измерительном электроде, располагаемом в металлическом газоходе, по которому движется пылегазовый поток. Индуцированный заряд возникает при взаимодействии движущихся аэрозольных частиц с поверхностью электрода, при этом его величина пропорциональна массовой концентрации аэрозоля в широком диапазоне измерений.

Эти приборы называют трибоэлектрическими. Их можно разделить на приборы, измеряющие постоянную составляющую трибоэлектрического сигнала, и на приборы, измеряющие переменную составляющую трибоэлектрического сигнала (электродинамический наведенный заряд). К первым относятся приборы фирм Auburn, FilterSense, Babbit и Bindicator (США), Dr. Foedich, ко вторым – электродинамические приборы серии S300 (S301/S303/S304/S305), прибор контроля рукавных фильтров Snifter фирмы Sintrol Oy (Финляндия), а также модели приборов DT, DS и DA фирмы PCME (Англия). Приборы фирмы Sintrol Oy могут выпускаться во взрывобезопасном исполнении Ex, а также при использовании возле мощных электрических

агрегатов с камерой фарадея, чтобы гасить помехи, создаваемые этими установками.

Достоинства трибоэлектрического метода измерения:

- вибрация в месте установки не оказывает влияния на показания;

- не имеет узлов, которые могут загрязниться, что позволяет применять приборы длительное время в жестких условиях, а так как узлы, обрабатывающие сигналы, находятся за пределами жестких условий, делает оборудование надежным;

- в приборе нет узлов, которые вырабатывают свой ресурс с истечением времени. Приборы долговечные, за счет чего становятся простыми и дешевыми в обслуживании.

Радиоизотопный метод измерения концентрации пыли основан на свойстве радиоактивного излучения (обычно β -излучения) поглощаться частицами пыли. Массу уловленной пыли определяют по степени ослабления радиоактивного излучения при прохождении его через слой накопленной пыли.

Результаты измерения концентрации пыли радиоизотопным методом зависят в некоторой степени от химического и дисперсного состава, что обусловлено особенностью взаимодействия радиоактивного излучения с веществом и нелинейностью зависимости степени поглощения от толщины слоя поглотителя [1].

Сферы применения пылемеров. Как показывает практика, сферы применения пылемеров различные и они делятся на две группы: первая это аттестация рабочих мест, вторая это промышленные выбросы производств.

Для аттестации рабочих мест используют приборы с меньшим диапазоном измерения для получения более точных результатов. В данной сфере необходимо контролировать концентрацию пыли, так как большое количество пыли в рабочей зоне может негативно сказаться на здоровье сотрудников, работающих при таких условиях и влечет за собой ряд дыхательных заболеваний.

В последнее время все чаще большие производства начали задумываться об отходящих газах, которые они производят. Помимо экологического мониторинга с помощью стационарных газоаналитических станций, начинают контролировать и пылевые выбросы.

Самым большим источником выбросов аэрозолей в атмосферу являются компании, использующие коксовые печи. Металлургические комбинаты, заводы по производству цемента и кирпича устанавливают электрофильтры, а для отслеживания загрязнения этих фильтров используют сигнализаторы запыленности Snifter производства фирмы Sintrol Oy. Данные сигнализаторы информируют оператора о необходимости очистки или о неисправности фильтров [2].

Вывод. Исходя из приведенной ранее информации, мы можем сделать такие выводы то, что методы измерения пыли с каждым годом становятся лучше и старые методы перестают использовать. И то, что сферы применения пылемеров различные и они делятся на две группы: первая это аттестация рабочих мест, вторая это промышленные выбросы производств.

Для аттестации рабочих мест используют приборы с меньшим диапазоном измерения для получения более точных результатов. В данной сфере необходимо контролировать концентрацию пыли, так как большое количество пыли в рабочей зоне может негативно сказаться на здоровье сотрудников, работающих при таких условиях и влечет за собой ряд дыхательных заболеваний.

Список литературы

1. *Пылемеры- принцип работы, сфера применения, выбор прибора для конкретной задачи. Библиотека (eco-intech.com).*
2. *Оптический пылемер (findpatent.ru).*

ЗАЩИТА ОТ ТЕПЛОВЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ. РАСЧЕТ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ

Н.С. Шарендо, А.А. Маслова
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В данной статье описано, что такое тепловое излучение, влияние теплового излучения на организм, нормы параметров микроклимата. Приведены виды защитных экранов и формулы для их расчета.

Тепловыми излучениями называется процесс, при котором лучистая энергия распространяется в форме инфракрасных лучей с длиной волны до 10 мм. Источниками тепловых излучений являются все нагретые тела. [1]

В условиях производства источниками тепловых излучений могут быть наружные стенки котлов, горячих теплопроводов, машин и аппаратов, нагревательных приборов и др. Источниками инфракрасных лучей являются расплавленные и раскаленные металлы и другие вещества. [2]

Выделение тепла в воздух помещения оценивают количеством его на 1 м³ строительного объема здания (ккал/ч, ДЖ/ч).

Лучистая тепловая энергия воздухом почти не поглощается, а передается от более нагретых, повышая их температуру. Сам же воздух нагревается от нагретых тел путем конвекции.

Нормальной температурой воздуха в производственном помещении считается температура порядка 20 °С. При этой температуре в организме человека наилучшим образом осуществляется терморегуляция, т.е. поддержание постоянной температур тела на уровне около 37 °С.

Относительная влажность воздуха определяется как отношение содержания водяных паров на 1 м³ воздуха к их максимально возможному содержанию в процентах при определенной температуре. Влажность воздуха в значительной мере влияет на теплообмен организма человека, главным образом на отдачу тепла испарением.

Подвижность воздуха, определяется скоростью его движения, влияет на охлаждение человека при температуре воздуха до 35-36 °С, т.е. более низкой, чем температура тела. В случае более высокой температуры воздуха, при большей его подвижности, вместо охлаждения происходит внешний подогрев тела, а для охлаждения его требуется, чтобы происходило испарение, следовательно, происходит потеря влаги организмом. [3]

При значительном перегреве организма возникает опасное заболевание, характеризующее нарушение работы сердечнососудистой системы. Оно также называется тепловым ударом и в тяжелых случаях может быть смертельным. Наилучшим условием для организма человека при неподвижном воздухе является температура 25 °С при влажности воздуха 60 %. [4]

В зависимости от наличия в помещении источников тепла и опасности перегрева для поддержания нормального микроклимата применяется вентиляция. Но она не защищает организм от тепловых лучей, которые проходят через воздух почти беспрепятственно. Защита от лучистого тепла может осуществляться путем устранения источников тепловых лучей или при помощи экранов из малотеплопроводных материалов. [5]

Для защиты от лучистой и конвекционной теплоты, на производстве с интенсивным выделением теплоты, широко применяют стационарные и передвижные теплозащитные экраны. По типу действия различают теплоотражающие, теплопоглощающие и теплоотводящие экраны.

Теплоотражательные экраны используются для локализации тепловыделений от поверхности печей, покрытия наружных поверхностей кабин постов управления, кранов.

Для теплопоглощительных экранов используют различные виды стекла: силикатное, кварцевое, органическое. Эти прозрачные экраны применяют для защиты от тепловых излучений машинистов кранов горячих цехов, операторов постов управления. У открытых источников излучения (окна печей, смотровые окна постов управления в горячих цехах) целесообразно применять водяные экраны, так как зеркальная водяная завеса снижает интенсивность излучения в 5-10 раз.

Теплоотводящие экраны, представляющие собой полые стальные плиты, в которых циркулирует вода или водовоздушная смесь, обеспечивают температуру на наружной поверхности экрана не выше 30-35 °С. Их устанавливают у стенок мартеновских, стекловаренных печей.

По степени прозрачности экраны делятся на три класса: непрозрачные, полупрозрачные и прозрачные.

К первому классу относят металлические водоохлаждающие и футерованные, асбестовые, альфовые, алюминиевые экраны.

Ко второму – экраны из металлической сетки, цепные завесы, экраны из стекла, армированного металлической сеткой. Экраны первого и второго классов могут орошаться водяной пленкой.

К третьему классу относят экраны из различных стекол: силикатного, кварцевого и органического, бесцветного, окрашенного и металлизированного,

плёночные водяные завесы, свободные и стекающие по стеклу, вододисперсные завесы.

Эффективность защиты от теплового излучения с помощью экранов оценивается по формуле (1):

$$n = Q_{\text{бз}} * Q_3 / Q_{\text{бз}} * 100\%, \quad (1)$$

где $Q_{\text{бз}}$ – интенсивность теплового излучения без применения защиты, Вт/м²;

Q_3 – интенсивность теплового излучения с применением защиты, Вт/м²;

Кратность ослабления теплового потока защитным экраном определяется по формуле (2):

$$m = Q_{\text{бз}} / Q_3, \quad (2)$$

Коэффициент пропускания экраном теплового потока составляет [6]:

$$\tau = 1/m \quad (3)$$

В горячих цехах важную роль играет снабжение рабочих питьевой подсоленной или газированной водой, что улучшает водный баланс организма.

Список литературы

1. Методы и средства защиты человека от опасных и вредных производственных факторов / под ред. В.А. Трефилова. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008.

2. Безопасность труда на производстве. Производственная санитария Справ, пособие / Под ред. Б.М. Злобинского. – М.: Металлургия, 1968.

3. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования».

4. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений;

5. СН 245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.

6. «Охрана труда в дипломных работах и проектах»: учебное пособие / Сост. Бабенко Л.В., 2003.

**ТЕХНОЛОГИИ ЗДОРОВЬЯ.
ВЛИЯНИЕ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ФАКТОРОВ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ.
ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ
В РЕГИОНЕ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ
В КОНТЕКСТЕ ВОЗМОЖНОГО ВЛИЯНИЯ НА МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ
ГОМЕОСТАЗ ЧЕЛОВЕКА**

Т.А. Карапетян, Н.В. Доршакова, Н.А. Никифорова
Петрозаводский государственный университет,
г. Петрозаводск

Аннотация. Республика Карелия относится к регионам Европейского севера России, а шесть ее территорий включены в Арктическую зону. На 01.01.2021 г. в регионе проживало 609071 человек. Карелия находится в дискомфортной, а по некоторым признакам – в экстремальной для проживания климатической зоне и характеризуется комплексом неблагоприятных для человека погодных факторов: большая изменчивость метеоэлементов, превалирование отрицательных температур в течение года, длительные туманы, естественная недостаточность ультрафиолета в солнечном спектре и особый естественный фотопериодизм. Для региона характерны слабоминерализованные (общая минерализация до 100 мг/л) мягкие (содержат мало катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , поэтому жесткость до 4 мг+экв/л), бедные фтором, селеном и йодом поверхностные питьевые воды с высоким содержанием окрашенных гумусовых веществ, железа. Загрязнение вод происходит вследствие возрастания сброса неочищенных либо недостаточно очищенных и обеззараженных сточных вод и в следствие сброса ливневых, талых и дренажных вод. Приоритетными химическими веществами, содержание которых в пробах питьевой воды превышает гигиенические нормативы, являются железо и марганец. Почвы Карелии в основном кислые дерново-подзолистые, торфяно-болотистые, супесчаные и песчаные с недостаточным содержанием целого ряда микроэлементов, прежде всего кальция, кобальта, фосфора, калия, йода, молибдена и селена. При проведении на селитебных территориях населенных пунктов ежегодного лабораторного контроля состояния почвы на содержание тяжелых металлов с 2011 по 2016 гг. происходило постепенное снижение удельного веса несоответствия проб гигиенических нормам, однако с 2017 г. процесс приобрел обратный характер. Выбросы загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников, возрастают за счет газообразных и жидких субстанций, тогда как выбросов твердых веществ в динамике становится меньше. Основными поллютантами являются серы диоксид, оксиды азота,

оксид углерода (способствующие формированию кислотных осадков), а также углеводороды и летучие органические соединения. Таким образом, в регионе складываются предпосылки для формирования у жителей нарушений микроэлементного гомеостаза как вследствие естественных причин (принадлежности к особой биогеохимической провинции северного региона), так и техногенного характера из-за текущего загрязнения основных природных сред.

Введение. Республика Карелия находится в северо-западной части России и входит в состав Северо-Западного федерального округа. Площадь Карелии – 180,5 тыс. км² (1,06 % территории Российской Федерации). Наряду с пятью другими субъектами Российской Федерации, республика входит в состав регионов Европейского севера страны, а шесть ее территорий (Костомукшский городской округ, Лоухский, Кемский, Беломорский, Сегежский и Калевальский районы) относятся к Арктической зоне России, что составляет порядка 38 % площади региона. Столица – г. Петрозаводск – является наиболее крупным промышленным центром в республике с относительно высокой плотностью населения и большим количеством автотранспорта. Другие крупные промышленные города – Кондопога, Костомукша, Сегежа, Сортавала.

Материалы и методы. На основе анализа официальных данных проведена оценка текущей экологической ситуации в регионе по комплексному изучению природно-климатической и биогеохимической характеристики территории, а также анализу уровня техногенного загрязнения природных сред в контексте возможного влияния на формирование нарушения микроэлементного гомеостаза у проживающего населения.

Результаты. Карелия находится в дискомфортной, а по некоторым признакам – в экстремальной для проживания населения климатической зоне и характеризуется целым комплексом неблагоприятных для человека погодных факторов. На климат региона определяющее значение имеет влияние Арктики и Северной Атлантики. Постоянное (на протяжении двух третей года) перемещение воздушных масс в направлении с запада на восток вследствие западного циркумполярного переноса, сильные ветры, большая облачность, высокая влажность (в среднем 80 %) характеризуют климат как умеренно-холодный, переходный от морского к континентальному. Средняя температура самых холодных месяцев – до –13 С°, летних – +13 С°. Сумма годовых осадков колеблется от 740 до 450 мм (с южных до северных районов республики). Среднегодовое атмосферное давление 748-758 мм ртутного столба. Одновременно для климата Карелии характерны большая изменчивость метеозлементов (температуры воздуха, барометрического давления и весового содержания кислорода), превалирование отрицательных температур в течение года, длительные туманы, естественная недостаточность ультрафиолета в солнечном спектре и особый естественный фотопериодизм.

Почвы Карелии в основном кислые дерново-подзолистые, торфяно-болотистые, супесчаные и песчаные с недостаточным содержанием целого ряда

микроэлементов, прежде всего кальция, кобальта, фосфора, калия, йода, молибдена и селена [1]. Кроме того, почвы Карелии характеризуются невысоким содержанием подвижных (усваиваемых растениями) форм микроэлементов, необходимых для выращивания полноценных урожаев. Вследствие малой подвижности почвы снижение ее загрязнения невозможно за счет разбавления, что характерно для водных объектов и атмосферного воздуха. Опасность загрязнения почв тяжелыми металлами связана с длительным периодом их распада. Согласно официальным данным, доля проб всех почв, несоответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, в Карелии в период 2011-2020 гг. находилась в интервале от 0,97 до 5,2 % с максимумом в 2013 г. При проведении на селитебных территориях населенных пунктов ежегодного лабораторного контроля состояния почвы на содержание тяжелых металлов (1, 2 и 3 классов опасности – кадмий, ртуть, свинец, цинк, мышьяк, медь, марганец), с 2011 по 2016 гг. происходило постепенное снижение удельного веса несоответствия проб гигиенических нормам (в 2011 – 2,8 %, в 2012 г. – 1,7 %, в 2013 г. – 1,2 %, в 2014 г. – 0,9 %, в 2015 г. – 0,4%, в 2016 г. – 0%), однако с 2017 г. процесс приобрел обратный характер (в 2017 г. – 0,5 %, в 2018 г. – 2,2 %, в 2019 г. 0 %, в 2020 г. – 3,9 %) [2, 3, 4]. В 2020 г. обнаружено превышение содержания меди в 4 пробах (2,2%) (г. Петрозаводск – 1, г. Олонец – 2, г. Кондопога – 1), превышение содержания цинка в 3 пробах (1,7 %) (г. Олонец – 2, г. Лахденпохья – 1) [4]. Сульфаты и хлориды, наряду с тяжелыми металлами, – одни из приоритетных загрязнителей почв на урбанизированных территориях. При исследовании почвы природно-рекреационной зоны г. Петрозаводска выявлено их накопление в лесной подстилке, которая выступает депонирующей средой для химических элементов и вторичным источником их поступления в почву. Для городских почв, в которых отсутствует органогенный экран лесной подстилки, характерна меньшая концентрация водорастворимых солей и более равномерное их распределение по профилю, за исключением специфических техногенных слоев, которые в зависимости от своего состава, могут являться аккумуляторами подвижных химических соединений.

Для региона характерны слабоминерализованные (общая минерализация до 100 мг/л) мягкие (содержат мало катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , поэтому жесткость до 4 мг+экв/л), бедные фтором, селеном и йодом поверхностные питьевые воды с высоким содержанием окрашенных гумусовых веществ, железа. Причиной этого является их ледниковое происхождение, а также твердость и малая растворимость подстилающих минеральных пород и бедность микроэлементного состава почв. Отсутствие или низкая фильтрующая способность почв приводит к закислению водоемов при выпадении кислотных осадков, причиной формирования которых является деятельность специфических предприятий целлюлозно-бумажной, камнеобрабатывающей, лесоперерабатывающей и добывающей промышленности. Кислые воды потенцирует «вымывание» неактивных тяжелых металлов и повышение их концентрации в воде озер и рек. Следует упомянуть и о том, что в мягкой воде

тяжелые металлы растворяются легче, что может представлять угрозу для здоровья человека. Вблизи крупных промышленных центров Республики Карелия качество вод заметно снижено из-за присутствия загрязняющих веществ, включая тяжелые металлы, такие как железо, марганец, никель и свинец. Основными источниками загрязнения воды и водных объектов тяжелыми металлами являются промышленные предприятия, жилищно-коммунальное хозяйство и сельскохозяйственное производство. Загрязнение происходит вследствие сброса неочищенных либо недостаточно очищенных и обеззараженных сточных вод и в следствие сброса ливневых, талых и дренажных вод. В населенных пунктах республики функционируют 59 сооружений по очистке сточных вод, но большинство действующих очистных сооружений требуют капитального ремонта и реконструкции в связи с износом и устаревшим оборудованием, не соответствующим по мощности объемам принимаемых сточных вод. Сброс загрязненных сточных вод (без очистки и недостаточно очищенных) в поверхностные водные объекты (в млн. м³) в 2011 г. составлял 175,42, а в 2020 г. – уже 214,27 (таблица). В динамике отмечено снижение сброса загрязняющих веществ, но из-за отсутствия протоколов анализов на выпусках сточной воды по отдельным ингредиентам, ряд предприятий мог не представить соответствующие расчеты, что искажает объективную картину [2, 4, 5, 6].

Масса отдельных загрязняющих веществ, сброшенных в водоемы со сточными водами [5, 6]

Наименование показателя	Единицы измерения	2011 г.	2020 г.
объем сточных вод, содержащих загрязняющие вещества	млн. м ³	175,42	214,27
цинк	тонны	1,11	0,21
железо общее	тонны	36,01	10,36
медь	тонны	0,11	0,05
никель	тонны	0,05	0,3
алюминий	тонны	0,81	0,79
магний	тонны	354,1	451,63
марганец	тонны	5,02	2,7
калий	тонны	1950	1587,16
кальций	тонны	5300	1181,15
натрий	тонны	430	324,19
литий	тонны	нет данных	0,1
хром (6+)	тонны	40	0,0003
свинец	тонны	0,12	нет данных

В республике централизованное хозяйственно-питьевое водоснабжение в 2020 г. осуществлялось из 153 источников водоснабжения (в 2011 г. – из 156), из которых 79 поверхностных и 74 подземных (в 2011 г. – 84 и 72 соответственно) [5, 6]. Количество источников, не соответствующих санитарно-

эпидемиологическим требованиям, в 2020 г. составило 83% (в т.ч. из поверхностных – 82,2 % и из подземных – 83,8 %), тогда как в 2011 г. их было 32,7 % и по 46,4 % и 16,7 % соответственно, что связано и с ужесточением законодательных норм и требований. В период с 2011 г. по 2020 г. происходило снижение доли неудовлетворительных проб по санитарно-химическим показателям из поверхностных источников водоснабжения с 30,6 до 25,0 % и возрастание – из подземных с 17,3% до 33,5 %. Количество водопроводов, не соответствующих требованиям санитарных правил в 2020 г. по сравнению с 2011 г. возросло с 54,8 до 56,9 %, в том числе из-за отсутствия комплекса необходимых очистных сооружений – с 36,9 до 44,4%, из-за отсутствия обеззараживающих установок – с 21,4 до 24,3 % [2, 3, 4]. В 10 районах республики от 31,9 до 100 % исследованных в 2020 г. проб водопроводной воды не соответствовали гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям: цветность, перманганатная окисляемость, содержание железа (при среднереспубликанском показателе 31,0 %). Приоритетными химическими веществами, содержание которых в пробах питьевой воды превышает гигиенические нормативы, являются железо и марганец. В 2020 г. в пробах питьевой воды в контрольных точках централизованных систем водоснабжения содержание железа было превышено в 42,9 % проб и марганца – в 32,4 % [4]. Результаты лабораторных исследований питьевой воды водопроводов и разводящей сети указывают на возможность ее вторичного загрязнения: доля неудовлетворительных по санитарно-химическим показателям проб воды из разводящей сети выше, для воды водопроводов. Это связано с высокой изношенностью водопроводных труб во всех поселениях, составляющей более 70 %, что, в свою очередь, значительно ухудшает качество подаваемой населению воды [2-6]. Доля проб воды из распределительной сети, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, значительно ниже среднего по республике значения в г. Петрозаводске и г. Костомукше, где на водопроводных очистных сооружениях осуществляется процесс коагуляции (снижение цветности воды). В остальных районах доля неудовлетворительных проб воды из разводящей сети по санитарно-химическим показателям выше среднереспубликанского уровня (преимущественно по цветности, железу) [4]. В республике 603 источника нецентрализованного водоснабжения, из которых 84,1 % находится в сельских поселениях, более трети из них не соответствует требованиям санитарного законодательства. Таким образом, на качество употребляемой населением в регионе питьевой воды оказывает влияние комплекс факторов: высокое содержание гумусовых веществ в воде поверхностных водоисточников, повышенное содержание в воде подземных водоносных горизонтов соединений железа и марганца, антропогенное и техногенное загрязнение поверхностных и подземных вод, отсутствие или ненадлежащее состояние зон санитарной охраны водоисточников с нарушениями санитарно-эпидемиологических требований, использование устаревших технологических решений водоподготовки в условиях ухудшения качества воды и снижения класса источника

водоснабжения, рассчитанного на использование традиционных схем очистки воды, негативная обстановка с тампонажем и консервацией недействующих артезианских скважин, низкое санитарно-техническое состояние водопроводных сетей и сооружений [5, 6].

Состояние атмосферного воздуха населенных мест зависит от многих факторов, наиболее значимыми из которых являются выбросы загрязняющих веществ в атмосферу промышленными предприятиями и загрязнение воздуха продуктами сгорания топлива при эксплуатации автотранспорта, количество которого в республике ежегодно возрастает. Выброс в атмосферный воздух вредных веществ, отходящих от стационарных источников, постоянно увеличивается (со 96 тыс. т в 2011 г. до 129 тыс. т в 2020 г.), при этом улавливается от общего количества от 52,9 % в 2011 г. до 44,5 % в 2019 г. [7, 8, 9]. В Республике Карелия наибольший вклад в формирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух стабильно на протяжении десятилетия вносят предприятия таких отраслей промышленности как добыча полезных ископаемых (порядка 42,7 % от объема валовых выбросов), целлюлозно-бумажное производство (порядка 28,8 %), производство и распределение электроэнергии, газа, воды (порядка 11,2 %), металлургическое производство и производство готовых металлических изделий (порядка 6,5 %). Выбросы загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников, возрастают за счет газообразных и жидких субстанций (с 78,634 тыс. т в 2011 до 14,751 тыс. т в 2020 г.), тогда как выбросов твердых веществ в динамике становится меньше (с 17,384 тыс. т в 2011 г. до 14,751 тыс. т в 2020 г.). Основными поллютантами являются серы диоксид, оксиды азота, оксид углерода, а также углеводороды и летучие органические соединения (в 2011 г. их было выброшено соответственно 56029; 7130; 13419; 91 и 109 т, а в 2020 г. – уже 80189; 7386; 20106; 3925 и 1812 т) [7, 8, 9]. Соединения оксидов серы и азота с водяными парами – кислоты – выпадают вместе с осадками в виде «кислотных дождей» ($pH < 5,5$), что является большой проблемой в Карелии: происходит закисление как почв, так и озер, что способствует образованию осадков повышенной кислотности. Ведущими центрами загрязнения атмосферного воздуха являются города Костомукша, Кондопога, Сегежа, Питкяранта и Петрозаводск, на которые приходится основная часть выбросов (около 82 %). Выбросы от транспорта (преимущественно, автомобильного) стабильно составляют почти половину валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (около 47 %), в основном это оксид углерода, оксид азота, летучие органические соединения (порядка 63, 23 и 11 % соответственно). По результатам лабораторных исследований в 2020 г. превышения ПДК содержания вредных веществ в атмосферном воздухе установлено в 1 (0,04 %) пробе – гидроксibenзол и его производные (маршрутные и подфакельные исследования) (в 2019 г. – 0,6 %). По взвешенным веществам на городских территориях было установлено превышение ПДК в 44 пробах из 321 (13,7 %) [4]. Основные источники техногенного загрязнения территории Республики Карелия тяжелыми металлами – это выбросы промышленных предприятий, отходы производства и

потребления, автотранспорт, а также трансграничный перенос из стран Западной Европы и Скандинавии с ветрами преобладающего западного направления.

Заключение. Таким образом, в регионе существуют предпосылки для формирования у жителей нарушений микроэлементного гомеостаза как вследствие естественных причин (принадлежности к особой биогеохимической провинции северного региона), так и техногенного характера из-за текущего загрязнения основных природных сред.

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда №22-25-00204, <https://rscf.ru/project/22-25-00204/>

Список литературы

1. Ковальский В.В. Микроэлементы в почвах ССС Р/ В.В. Ковальский, Г.А. Андрианова. – М: Наука, 1970. – 180 с.

2. Государственный доклад о санитарно-эпидемиологической обстановке в Республике Карелия в 2012 году / Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Карелия. – Петрозаводск, 2013 г. – 202 с.

3. Государственный доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Республике Карелия в 2016 году / Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Карелия. – Петрозаводск, 2017. –199 с.

4. Государственный доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Республике Карелия в 2020 году / Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Карелия. – Петрозаводск, 2021. – 181 с.

5. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2011 г. / Министерство по природопользованию и экологии Республики Карелия. – Петрозаводск, 2012. – 294 с.

6. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2020 г. / Министерство природных ресурсов и экологии Республики Карелия. Под ред.: А.Н. Громцев (гл. редактор), О.Л. Кузнецов, А.Е. Курило, Е.В. Веденцова. – Петрозаводск, 2021. – 277 с.

7. Республика Карелия. Статистический ежегодник. 2011: Статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Карелия (Карелиястат). – Петрозаводск, 2011. – 365с.

8. Республика Карелия. Статистический ежегодник. 2016: Статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Карелия (Карелиястат). – Петрозаводск, 2021. – 394с.

9. Республика Карелия. Статистический ежегодник. 2021: Статистический сборник /Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Карелия (Карелиястат). – Петрозаводск, 2021. – 373с.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ДЕТСКИХ ПЛОЩАДОК. ФАКТОРЫ ПРИ ИХ ПРОЕКТИРОВАНИИ: ЭКОЛОГИЧНОСТЬ, ЭРГОНОМИЧНОСТЬ, ИНКЛЮЗИВНОСТЬ

Ю.Н. Пушилина, В.М. Королёва
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** В статье проведена оценка современных детских площадок с точки зрения экологичности, эргономичности и инклюзивности. Проведен анализ детской игровой среды как безопасной инфраструктуры для комфортного развития детей.*

В последние десятилетия городское пространство видоизменяется, благоустраиваются скверы, парки, площади, дворовые территории, возникает необходимость в создании инфраструктуры для комфортного развития детей. Для парковых зон отдыха набирает силу тенденция строительства детских тематических площадок, выполненных в едином стиле. Их можно наблюдать на данный момент во многих дворах и парках. Малые архитектурные формы в виде конкретного образа, например, в последнее время, часто используют образ корабля, замка, ракеты – быстро становятся неинтересными детям, так как фантазия ограничивается конкретным образом, примерами является детская игровая площадка в виде замка в парке им. П.П. Белоусова г. Тула (Рис.1) и тематический комплекс в виде корабля в парке «Бабушкинский» г. Москва (Рис.2). Только пространство абстрактной игры дает детям возможность придумывать разные сценарии игры. По словам Дарьи Алексеенко, руководителя проектов Strelka Architects: «Тематические площадки, по сравнению с абстрактными, ограничивают фантазию ребёнка...». К сожалению, многие производители детского оборудования, не берут это во внимание, и на данный момент на рынке, в лидирующих позициях, продаж детского оборудования – тематические комплексы.

Если говорить о качественной стороне исследуемого вопроса, то необходимо отметить, что на передний план в строительстве в целом, и тем более игровой среды для детей, выходят экологические факторы. Экологичность проектируемых детских площадок выражается как в использовании безопасных, экологичных строительных и отделочных материалов, так и в вопросах вписывания детских площадок в естественную природную среду (парки, скверы, загородные территории).

Вопросы применения экологичных строительных материалов, а также лаков, красок, пропиток, отделочных элементов стоит остро и регламентируется нормами и правилами.

Выбор площадки для грамотного расположения детских игровых комплексов также связан с вопросами экологической безопасности,

учитывающий уровни загрязнения атмосферного воздуха, загрязнения компонентов гидросферы и литосферы.



Рис.1.

Детская игровая площадка в виде замка в парке им. П.П. Белоусова г. Тула



Рис.2.

Тематический комплекс в виде корабля в парке «Бабушкинский» г. Москва

Рассматривая архитектурную сторону вопроса, необходимо констатировать, что сейчас большинство детских площадок – однотипные, яркие. Зачастую на детских площадках преобладающим является сочетание ярких красных, жёлтых, зеленых и синих цветов конструкций малых архитектурных форм. Из-за частого повторения таких сочетаний цветов все площадки становятся похожи друг на друга, а также совершенно не вписываются в городское пространство.

Еще в 70-х годах (при поддержке UNESCO) были проведены исследования (К. Линч, Л. Чавл), целью которых, было выяснить у самих детей, как они оценивают пространство, в котором живут и играют, и каким они его видят через 10 лет. Это исследование показало, что детское понимание счастья существенно отличается от того, как его видят взрослые. Выяснилось, что самые счастливые дети проживают в самых бедных городах и районах. Это связано в первую очередь с тем, что в таких местах дети чувствуют себя наиболее свободно. Дети хотят самостоятельно гулять и играть, выбирать, с кем и где это делать, общаться с природой, быть полноценными участниками общественной жизни. Дети нуждаются в свободной игре и в общении [1].

Современная детская площадка – это место развития личности ребенка, чтобы соответствовать требованиям современного времени, нужно развивать у них чувство индивидуальности, давать свободу выбора, лучшая обстановка для игр – природная среда, позитивно влияющая на психику и физическое здоровье. Уже с детства, во время игры ребёнок должен проявлять осторожность и разумно оценивать ситуацию, поэтому современная детская площадка может подстраиваться под естественные ландшафты, к тому же вариативность рельефа, разнообразит любую площадку. Не рекомендуется вырубка и изменение природных элементов. Это приучает ребёнка беречь природную среду и

подстраиваться под естественные ландшафты. Строительство современной детской площадки должно вестись из натуральных и естественных материалов, как, например, природная игровая площадка «Орландия» в деревне Большое Куземкино (Рис.3). Также надо учитывать тот факт, что после 4-5 лет, детям неинтересно играть на высоте метр-полтора, и если нет возможности на площадке забраться повыше – ребёнок будет стремиться залезть куда-нибудь ещё.



Рис.3. Природная игровая площадка «Орландия» в д. Большое Куземкино

В игровой площадке очень важен фактор игровой ценности. Игровая ценность складывается из многих факторов: насыщенности игровых функций, вариативности разных сценариев для игр, наличия полезного риска и одновременно чувства безопасности. Наличие риска на детской площадке самый главный фактор для развития ребенка. Об этом пишет и профессор психологии Эллен Сандсеттер: «Для нормального развития детям необходим риск, и они получают его любыми возможными способами. Им, например, надоедает скатываться с горки, и они начинают на нее забегать задом наперед. Или залезают на крышу грибка и прыгают оттуда, пока взрослые не видят. Или прыгают с качелей» [3].

Еще один немаловажный фактор на современной площадке это – инклюзивность. Площадка должна быть хорошо продуманна, причём для разных типов ограничений. Это могут быть разные пандусы, которые будут использовать все посетители на данной площадке, тактильные элементы, могут быть добавлены для ориентации слабовидящих. Самый лучший вариант – это оборудование, в которое играют все. То, что оборудование подходит только

маломобильной группе населения, обособляет их. Дети должны играть вместе. Хорошим примером с фактором инклюзивности является детская площадка в саду имени Баумана (Рис.4).



Рис.4. Детская площадка в саду имени Баумана г. Москва

Здесь на фото (Рис.4) отчетливо видно, что наличие современных напольных покрытий (что является очень удобным для игры на такой площадке) заменяет естественных грунт с его зелеными насаждениями. Но, в таком случае наличие широколиственных деревьев – обязательно. Делаем вывод, что с экологической точки зрения (и с эстетической тоже) наличие зеленых насаждений (клумбы, одиночные цветы, кустарники, деревья и т.д.) приветствуется, это делает зону отдыха комфортной, защищенной и комплексной.

Детские парки и площадки должны отвечать нормам эргономики. Задачи эргономики детских площадок и парков – это сохранение здоровья и развитие личности детей. При выполнении проекта необходимо учитывать эргономические характеристики: антропометрические данные, возраст, физиологические факторы, факторы окружающей среды. Детская площадка должна быть безопасной, но не должна ограничивать активность детей [2].

Не многие производители малых архитектурных форм предоставляют зоны безопасности на свои объекты, при проектировании детских площадок, надо обязательно это учесть для создания безопасной площадки, потому что на площадке дети реализуют себя как исследователи, общаются друг с другом, учатся рисковать, проявляют соревновательный дух.

Проанализировав, как проектируется детская игровая среда можно сделать вывод, что многие детские площадки в городах находятся в довольно запущенном состоянии. В основном используются яркие однотипные тематические комплексы, которые не отвечают таким критериям как инклюзивность, эргономика, слияния с природой, экологичность материалов.

Дети недополучают полноценного развития в современной игровой деятельности.

Необходимо понимать важность создания возможностей для свободной организации детских игр и развития детской фантазии. Ведь развитие воображения, мелкой моторики, физической силы и сложных нейронных связей у ребенка - залог интеллектуальных и физических способностей, необходимых для процветания образованного, здорового и счастливого общества.

Список литературы

1. Варламов Илья «Как правильно делать детские площадки» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://varlamov.ru/1371530.html> (дата обращения: 18.04.2022)

2. Месенева Н.В. Тенденции формирования дизайна детских игровых площадок в современной городской среде / Н.В. Месенева, Н.П. Милова // *Фундаментальные исследования*. – 2017. – № 12-1. – С. 74-79; URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=41982> (дата обращения: 18.04.2022).

3. Рейтер Светлана «Важная шишка» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://esquire.ru/articles/2355-playgrounds/> (дата обращения: 18.04.2022)

ПРАВИЛА УСТАНОВКИ ПОСТОВ МОНИТОРИНГА

Д.А. Логунов, А.В. Архипов, О.В. Гришакова
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. Данная статья посвящена правилам размещения постов мониторинга. Размещение постов мониторинга согласовывается с местными органами Государственного комитета. Число постов и их размещение определяется с учетом численности населения, площади населенного пункта.

Охрана окружающей среды и рациональное использование ее ресурсов в условиях бурного роста промышленного производства стала одной из актуальнейших проблем современности. Результаты воздействия человека на природу необходимо рассматривать не только в свете развития технического прогресса и роста населения, но и в зависимости от социальных условий, в которых они проявляются. На современном этапе развития общества окружающая среда очень сильно пострадала от деятельности человека. В решении этой проблемы нам поможет экологический мониторинг. Ниже мы рассмотрим, где и как устанавливать посты экологического мониторинга.

Каждый пост независимо от категории размещается на открытой, проветриваемой со всех сторон площадке с не пылящим покрытием: асфальте,

твердом грунте, газоне – таким образом, чтобы были исключены искажения результатов измерений наличием зеленых насаждений, зданий и т.д. [1].

Приоритет при выборе мест размещения пунктов наблюдений имеют плотность проживания населения или специфика территории, густонаселенные районы и зоны рекреации населения, а также места наиболее высокого загрязнения атмосферного воздуха, выделенные на основе данных, полученных по результатам рекогносцировочных натуральных наблюдений или результатов сводных расчетов рассеивания выбросов на территориях городских и сельских поселений [2].

Стационарный и маршрутный посты размещаются в местах, выбранных на основе предварительного исследования загрязнения воздушной среды города промышленными выбросами, выбросами автотранспорта, бытовыми и другими источниками и условий рассеивания. Эти посты размещаются в центральной части населенного пункта, жилых районах с различным типом застройки (в первую очередь, наиболее загрязненных), зонах отдыха, на территориях, примыкающих к магистралям интенсивного движения транспорта

Пространственное размещение пунктов наблюдений определяется целевыми задачами проведения наблюдений, связанными с получением данных о характеристиках загрязнения наблюдаемых объектов на глобальном, региональном, территориальном и локальном уровнях.

Места отбора проб при под факельных наблюдениях выбирают на разных расстояниях от конкретного источника загрязнения с учетом закономерностей распространения загрязняющих веществ в атмосфере.

Число постов и их размещение определяется с учетом численности населения, площади населенного пункта и рельефа местности, а также развития промышленности, сети магистралей с интенсивным транспортным движением и их расположением по территории города, распродоточенности мест отдыха и курортных зон.

Число стационарных постов в зависимости от численности населения устанавливается не менее: 1 пост – до 50 тыс. жителей, 2 поста – 100 тыс. жителей, 2-3 поста – 100-200 тыс. жителей, 3-5 постов – 200-500 тыс. жителей, 5-10 постов – более 500 тыс. жителей, 10-20 постов (стационарных и маршрутных) – более 1 млн. жителей.

Допускается перемещение действующих на территории поселений стационарных пунктов наблюдений в радиусе 500 м. Перенос на большее расстояние пункта наблюдений означает закрытие действующего и открытие нового пункта наблюдений.

Количество измеряемых на пункте наблюдений загрязняющих веществ должно быть не менее 5.

В населенных пунктах устанавливают один стационарный или маршрутный пост через каждые 0,5-5 км с учетом сложности рельефа и наличия значительного количества источников загрязнения.

Стационарные и маршрутные пункты наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха размещаются в местах, выбранных на основе

предварительного исследования загрязнения атмосферного воздуха городских и иных поселений выбросами промышленных предприятий и автотранспорта, бытовых и других источников и климатических условий рассеивания, в районах наибольшей плотности населения, в первую очередь – на наиболее загрязненных территориях, зонах отдыха, на территориях, примыкающих к магистралям интенсивного движения автотранспорта.

Приборы и оборудование, предназначенные для определения (измерения) характеристик загрязнения окружающей среды должны соответствовать требованиям законодательства Российской Федерации об обеспечении единства измерений, в том числе:

а) Измерения должны выполняться по первичным референтным методикам (методам) измерений, референтным методикам (методам) измерений и другим аттестованным методикам (методам) измерений, за исключением методик (методов) измерений, предназначенных для выполнения прямых измерений, с применением средств измерений утвержденного типа, прошедших поверку. Результаты измерений должны быть выражены в единицах величин, допущенных к применению в Российской Федерации.

б) К применению при проведении наблюдений допускаются средства измерений утвержденного типа, прошедшие поверку в соответствии с положениями Федерального закона от 26.06.2008 № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений».

Проводимые наблюдения за загрязнением окружающей среды должны носить комплексный характер, предусматривающий определение наряду с концентрациями загрязняющих веществ в компонентах природной среды получение характеристик в пунктах наблюдений гидрометеорологических параметров, определяющих процессы переноса загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, поверхностных водах и почвах.

Для определения максимальных значений концентраций загрязняющих веществ, создаваемых при направлении переноса выбросов от предприятий на тот или иной район населенного пункта, а также для оценки размера зоны распространения примесей загрязняющих веществ от данных предприятий, в том числе в периоды неблагоприятных метеорологических условий, используются под факельные наблюдения.

Местоположение точек отбора проб при под факельных наблюдениях меняется в зависимости от направления факела.

Продолжительность отбора проб воздуха для определения разовых концентраций загрязняющих веществ составляет 20-30 мин.

Продолжительность отбора проб воздуха для определения суточных концентраций составляет 24 часа и проводится непрерывно (72 значения концентраций с осреднением 20 мин.) или дискретно через равные промежутки времени 4 и более раз в сутки с последующим осреднением результатов анализа проб.

Вывод. Исходя из приведенной ранее информации мы можем сделать такие выводы то, что приоритетом при выборе мест размещения постов

экологических мониторингов имеют плотность проживания населения или специфика территории, густонаселенные районы и зоны рекреации населения, а также места наиболее высокого загрязнения атмосферного воздуха, выделенные на основе данных, полученных по результатам рекогносцировочных натуральных наблюдений или результатов сводных расчетов рассеивания выбросов на территориях городских и сельских поселений. Проводимые наблюдения за загрязнением окружающей среды должны носить комплексный характер, предусматривающий определение наряду с концентрациями загрязняющих веществ в компонентах природной среды получение характеристик в пунктах наблюдений гидрометеорологических параметров, определяющих процессы переноса загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, поверхностных водах и почвах.

Список литературы

1. ГОСТ 17.2.3.01-86 *Охрана природы (ССОП). Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов от 10 ноября 1986* – docs.cntd.ru.

2. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 30 июля 2020 г. № 524 «Об утверждении требований к проведению наблюдений за состоянием окружающей среды, ее загрязнением».

ПРОБЛЕМА НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА РАБОТНИКА

А.А. Маслова, Ф.И. Четырешников
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В представленной статье рассматривается проблема негативного влияния гальванического производства на работников. Кроме того, в статье предлагаются мероприятия, позволяющие существенно улучшить условия труда на рабочем месте гальваника.

Гальваническое производство занимает одно из лидирующих мест по загрязнению воздуха рабочей зоны. В гальванических цехах используются химические вещества, подавляющее большинство которых являются вредными и (или) опасными для здоровья. Производственные условия отличаются повышенной влажностью, значительной концентрацией вредных паров и газов, дисперсных туманов и брызг электролитов. Основное воздействие на здоровье человека оказывают жидкостные, газообразные и пылевые аэрозоли в воздухе рабочей зоны. Поэтому гальванические цехи относятся к вредным участкам производства, где необходимо постоянное соблюдение требований охраны труда и безопасности.

Операция гальванического покрытия металлов заключается в нанесении на поверхность металлического изделия тонкой пленки из такого же материала с использованием электролита. В процессе обработки детали молекулы покрывающего металла переносятся токопроводящим раствором и проникают в верхний слой изделия. В итоге происходит внедрение одного металла в поверхностное пространство другого.

Гальваническое производство включает в себя несколько этапов нанесения покрытий. Однако подавляющее большинство токсических веществ выделяется непосредственно в процессе нанесения гальванических покрытий – хромировании, никелировании, кадмировании и пр. Именно на этом этапе в воздушную среду цехов выбрасываются аэрозоли растворов электролитов, в состав которых входят такие вредные вещества, как неорганические кислоты (серная, азотная, фосфорная и др.) щелочи, соединения хрома, никеля, кадмия и других металлов.

С точки зрения гигиены наибольшее значение имеет проникновение этих веществ в организм через органы дыхания, в меньшей степени – через кожу. Соединения металлов вызывают хронические отравления, кислоты и щелочи – ожоги. Кроме того, длительное воздействие растворов электролитов на кожу приводит к хроническим заболеваниям кожного покрова, а длительное вдыхание веществ, входящих в состав электролитов – к специфическим поражениям дыхательных путей. Например, воздействие хромового ангидрида, применяемого в процессе хромирования вызывает серьезные заболевания слизистой оболочки носа вплоть до перфорации хрящевой части носовой перегородки. [1]

Борьба с кожными заболеваниями требует осуществления разнообразных мероприятий по механизации и рационализации технологических процессов, правильной организации труда и мер личной гигиены. Следует переходить от кустарных или полукустарных ручных приемов работы на механизированные установки, например, на специальные аппараты при цинковании, на аппараты для обезжиривания в трихлорэтилене и др., исключая почти всякую необходимость контакта с электролитом и обезжиривающими веществами. [1]

Поскольку в процессе гальванического производства работники подвергается опасности, то необходимо разрабатывать и внедрять мероприятия по уменьшению воздействия опасных веществ на здоровье работников.

Гальванические ванны должны оборудоваться местной приточно-вытяжной вентиляцией. В первую очередь требуют устройства подобной вентиляции ванны для электролиза из комплексных растворов цианистых солей.

Местная вытяжная вентиляция осуществляется по средствам бортовых отсосов, которые с большой эффективностью удаляют выделяющиеся с поверхности ванны газы и туман электролита. Выбор осуществляется исходя из критериев габаритов ванн.

Кроме бортовых отсосов, борьба с уносом электролита и вредных паров с зеркала ванн может производиться путем применения присадок. В качестве защитных присадок применяются порошкообразные вещества в виде фракции

перегонки нефти с температурой кипения в пределах 190-260 °С.

Так, в частности, применение керосиновой подушки с толщиной слоя в 20 мм для хромировочных ванн уменьшило количество паров хромового ангидрида на высоте 50 мм над поверхностью электролита с 25,3 до 0,043 мг/м³, т.е. в 600 раз. [1]

Но недостаточно удалить аэрозоли и пары с поверхности ванн, необходимо так же обеспечить очистку удаляемого воздуха. Для этой цели в гальваническом производстве широко применяются волокнистые фильтры.

Фильтры волокнистые гальванические (ФВГ) предназначены для санитарной очистки аспирационного воздуха от жидких и растворимых в воде твердых аэрозольных частиц в гальванических и травильных производствах. [4]

Фильтры ФВГ выполняют высокоэффективную очистку воздушных вентиляционных выбросов от жидких и растворимых в воде твердых аэрозольных частиц и паров в гальванических, травильных и химических производствах.

Основные преимущества фильтров: простота обслуживания (легкая замена фильтрующего материала); небольшие габариты; наличие встроенного гидрозатвора; возможность очищать воздух от аэрозольных частиц кислот, щелочей, солей и их паров.

Фильтры ФВГ состоят из прямоугольного корпуса с фланцами. Устанавливаются фильтры горизонтально, конструкция позволяет встраивать их непосредственно в воздухопроводы, использовать различные варианты подвода и отвода очищаемого газа, что облегчает монтаж вентсистем в условиях ограниченного пространства.

В корпусе фильтра через верхний люк устанавливается фильтрующая кассета, улавливающая аэрозольные частицы, которые могут присутствовать в жидкой и твердой фазах.

Следует разделять щелочные и кислотные выбросы и не смешивать их, в избежание образования водонерастворимых веществ в результате химических реакций, вызывающих «зарастание» фильтров и газопроводов, что приводит к нарушению функционирования фильтров.

Фильтры ФВГ имеют эффективность очистки от 90 % до 96 %, что на несколько порядков снижает негативное влияние химического фактора гальванического производства на работников.

Снижение вредных и опасных факторов гальванического производства не заканчивается применением вытяжной вентиляции. Кроме этого, для безопасности работ на гальваническом производстве должны обеспечиваться требования, согласно типовой инструкции по охране труда гальваника ТОО Р-31-205-97.

Так же должна соблюдаться организация труда на рабочем месте гальваника:

- работник перед началом работ должен быть обеспечен СИЗ; [5]
- при ручном обслуживании ванн загрузка в них изделий должна производиться с помощью корзинок, сеток и решеток, а снятие деталей и перенос их из

ванны в ванну – посредством щипцов и пинцетов;

- каждая ванна должна иметь табличку с указанием назначения ванны, температурного режима и концентрации химических веществ;

- во избежание попадания на пол растворов при переносе деталей, промежутки между ваннами закрываются козырьками из химически стойкого материала;

- перед началом работы гальваник переодевается в специальную одежду и надевает средства индивидуальной защиты. Также, для контроля за процессом, гальваник оснащен термометрами, амперметрами, вольтметрами и манометрами;

- для предупреждения возможности поражения электрическим током необходимо изолировать токоведущие части, по возможности размещать их на высоте, ограждать корпуса оборудования и др.;

- мероприятия, предупреждающие опасность поражения электрическим током заключается также в применении двигателей закрытого типа, защитного заземления (зануления), ограждений либо расположение токоведущих частей в местах, недоступных для случайного прикосновения. Необходим периодический контроль состояния электроустановок, силовых и осветительных сетей и их правильной эксплуатации;

- повышенное внимание должно уделяться операциям составления электролитов. Запрещается слив кислот из бутылей их нагибанием. Эта операция должна осуществляться при помощи воздуха невысокого давления, нагнетаемого в бутылку через трубку в пробке, либо при помощи сифона;

- материалы для изготовления полов должны обеспечивать влагонепроницаемость, стойкость к кислотам и щелочам, растворителям и другим агрессивным средам;

- на пол у рабочих мест по всему ряду ванн должны быть уложены деревянные решетки, покрытые резиновыми дорожками.

Рассмотренные в статье средства и мероприятия по снижению влияния вредных и опасных факторов гальванического производства на работников являются рациональными и наиболее актуальными на сегодняшний день.

Рассмотренные в данной статье мероприятия по снижению негативного влияния гальванического производства на работников помогут улучшить условия труда, снизить показатели травматизма на рабочем месте.

Список литературы

1. Филь Е.С. *Вопросы охраны труда работников гальванических цехов* / Е.С. Филь, И.А. Терентьев. – Текст: непосредственный // *Молодой ученый*. – 2016. – № 18.1 (122.1). – С. 32-35.

2. *Воронков Н.А. Экология: общая, социальная, прикладная: учеб. для вузов* / Н.А. Воронков. – М.: Агар, 2006 – 424 с.

3. *Бродских А.К. Общая экология* / А.К. Бродских. – М.: Изд. центр «Академия», 2006. – 256 с.

4. ТУ 3646-002-11575459-01 *Фильтры волокнистые гальванические. Технические условия.*

5. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 14 декабря 2010 г. N 1104н «Об утверждении Типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам машиностроительных и металлообрабатывающих производств, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением».

ВОПРОСЫ РАДИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ АЛЮМОСИЛИКАТОВ НАТРИЯ

С.Б. Ярусова^{1,2}, Е.А. Нехлюдова^{1,2}, П.П. Деркаченко², П.С. Гордиенко¹,
О.О. Шичалин³, Д.Х. Шлык¹

¹ Институт химии ДВО РАН,
г. Владивосток

² Владивостокский государственный университет экономики и сервиса,
г. Владивосток

³ Дальневосточный федеральный университет,
г. Владивосток

Аннотация. В работе приведены результаты по синтезу наноструктурированных алюмосиликатов натрия с соотношением Si/Al от 1 до 5, их фазовому, элементному составу, плотности и сорбционным свойствам по отношению к ионам цезия.

Проблема поиска эффективных сорбционных материалов для очистки водных сред от ионов тяжелых металлов и долгоживущих радионуклидов не утрачивает свою научно-практическую ценность и в настоящее время.

Ранее в Институте химии Дальневосточного отделения Российской академии наук было показано, что наноструктурированный алюмосиликат калия $\text{KAlSi}_3\text{O}_8 \cdot 1.5\text{H}_2\text{O}$ характеризуется высокой сорбционной емкостью (до 3.7 ммоль/г) по отношению к ионам Cs^+ , в том числе, в условиях различного солевого фона [1]. Позднее в многокомпонентной системе $\text{KOH}-\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}-\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}-\text{H}_2\text{O}$ был синтезирован ряд алюмосиликатов калия с соотношением Si/Al от 1 до 5. Было показано, что наибольшее значение сорбционной емкости по отношению к ионам Cs^+ (более 4,0 ммоль/г) характерно для алюмосиликата с соотношением Si/Al, равным 2. Было показано, что весь ряд полученных соединений характеризуется высокими кинетическими параметрами: время выхода на равновесные значения составляет несколько

минут [2]. С учетом полученных результатов методом искрового плазменного спекания был осуществлен синтез твердотельной матрицы на основе аморфного $\text{KAlSi}_3\text{O}_8 \cdot 1.5\text{H}_2\text{O}$, насыщенного цезием, для иммобилизации цезия-137. Впервые получены образцы твердотельных матриц на основе $((\text{Cs},\text{K})\text{AlSi}_3\text{O}_8)$ с высокими значениями относительной плотности, прочности при сжатии и микротвердости по Виккерсу. Доказана высокая гидролитическая устойчивость R_{Cs} матриц (в пределах $10^{-7} \text{ г} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$) и низкий коэффициент диффузии D_e цезия при выщелачивании из объема матриц (в пределах) $7.36 \cdot 10^{-9} \text{ см}^2 \cdot \text{с}^{-1}$. Подтверждено высокое качество полученных изделий в соответствии с ГОСТ Р 50926-96 и существующими аналогами, что представляет практический интерес для технологий очистки и переработки РАО и создания радиоизотопной продукции [3].

Систематические данные по исследованию ряда наноструктурированных алюмосиликатов натрия с различным соотношением компонентов $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ состава $\text{M}_2\text{Al}_2\text{Si}_x\text{O}_{2(x+4)} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (где $\text{M}=\text{Na}^+$; $x=2\div 10$), в научной литературе не приводятся. Нами было сделано предположение об эффективности использования данных соединений в качестве сорбентов, аналогично алюмосиликатам калия.

Рентгеноаморфные образцы алюмосиликатов натрия были синтезированы путем растворения кремнезема в гидроксиде натрия с получением жидкого стекла с последующим смешением полученного раствора с раствором хлорида алюминия в соответствующих стехиометрических соотношениях.

Рентгенограммы образцов снимали на автоматическом дифрактометре D8 ADVANCE (Германия) с вращением образца в CuK_α -излучении. Рентгенофазовый анализ (РФА) проводили с использованием программы поиска EVA с банком порошковых данных PDF-2.

Для определения элементного состава образцов применяли энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный метод с использованием спектрометра EDX-800HS фирмы «Shimadzu» (Япония).

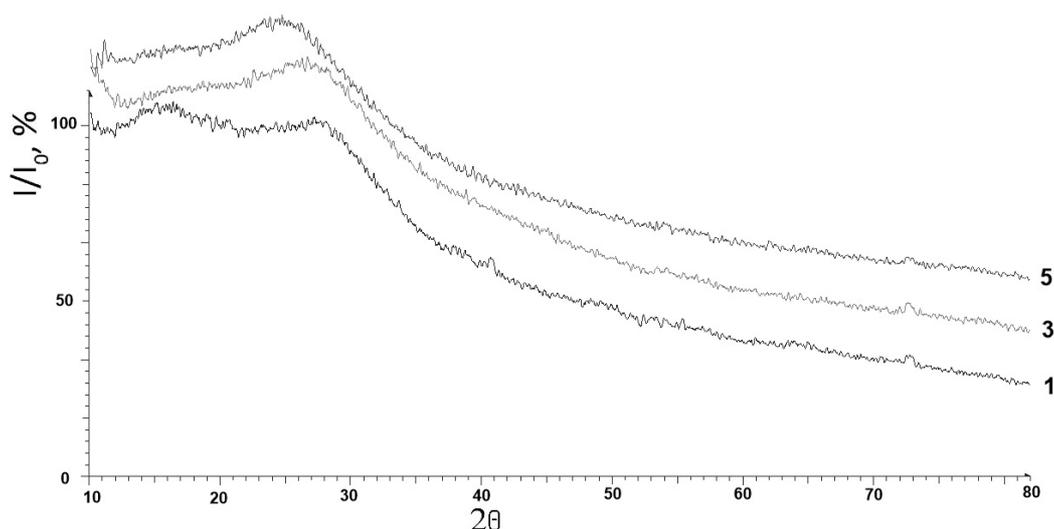
Плотность алюмосиликатов определяли с помощью пикнометра.

Опыты по сорбции ионов Cs^+ проводили в статических условиях при Т:Ж=1:400, температуре 20 °С из водных растворов хлорида цезия без солевого фона с концентрацией ионов Cs^+ от 20 до 3500 мг/л.

Содержание ионов Cs^+ в исходных растворах и фильтратах после сорбции определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии на спектрометре Shimadzu AA 6800 (Япония).

Рентгенофазовый анализ образцов показал, что полученные соединения являются рентгеноаморфными (рис.).

В таблице приведены данные по заданному и фактическому соотношению Si/Al в синтезированных образцах, и плотности.



Дифрактограммы алюмосиликатов натрия с соотношением Si/Al, равным 1, 3, 5

Как видно из представленной таблицы, фактическое соотношение Si/Al, определенное с помощью энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного метода, в пределах ошибки определения элементов соответствует заданному при синтезе. Кроме того, в составе образцов присутствует Na в количестве от 6.8 до 16.2 масс.%. Значение плотности алюмосиликатов лежит в интервале 2.23-3.02 г/см³.

Элементный состав и плотность алюмосиликатов натрия

Предполагаемая формула	Заданное соотношение Si/Al	Фактическое соотношение Si/Al	Плотность, г/см ³
Na ₂ Al ₂ Si ₂ O ₈	1.0	1.1	2.84
Na ₂ Al ₂ Si ₃ O ₁₀	1.5	1.7	2.25
Na ₂ Al ₂ Si ₄ O ₁₂	2.0	2.0	2.34
Na ₂ Al ₂ Si ₅ O ₁₄	2.5	2.3	2.51
Na ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆	3.0	2.8	2.23
Na ₂ Al ₂ Si ₇ O ₁₈	3.5	3.7	3.02
Na ₂ Al ₂ Si ₈ O ₂₀	4.0	3.9	2.71
Na ₂ Al ₂ Si ₉ O ₂₂	4.5	4.6	2.31
Na ₂ Al ₂ Si ₁₀ O ₂₄	5.0	5.19	2.39

Исследование сорбционных свойств полученных соединений по отношению к ионам Cs⁺ показали их высокую сорбционную емкость, более 300 мг/г. Это позволяет рассматривать синтезированный ряд алюмосиликатов натрия как эффективный класс соединений, которые могут быть использованы для сорбции и иммобилизации радионуклидов цезия.

Работа выполнена в рамках гос. задания Института химии ДВО РАН № FWFN(0205)-2022-0002.

Список литературы

1. Гордиенко П.С., Ярусова С.Б., Шабалин И.А., Железнов В.В., Зарубина Н.В., Буланова С.Б. Сорбционные свойства наноструктурированного алюмосиликата калия // *Радиохимия*. – 2014. – Т.56, № 6. – С. 518-523.

2. Гордиенко П.С., Шабалин И.А., Ярусова С.Б., Азарова Ю.А., Сомова С.Н., Перфильев А.В. Состав, структура и сорбционные свойства наноструктурированных алюмосиликатов // *Химическая технология*. – 2017. – Т.18, № 1. – С. 2-8.

3. Yarusova S.B. Synthesis of amorphous $KAlSi_3O_8$ for cesium radionuclide immobilization into solid matrices using spark plasma sintering technique / S.B. Yarusova, O.O. Shichalin, A.A. Belov, S.A. Azon, I.Yu. Buravlev, A.V. Golub, V.Yu Mayorov, A.V. Gerasimenko, E.K. Papynov, A.I. Ivanets, A.A. Buravleva, E.B. Merkulov, V.A. Nepomnyushchaya, O.V. Kapustina, P.S. Gordienko // *Ceramics International*. – 2022. – Vol. 48, № 3. – Pp. 3808-3817.
DOI: 10.1016/j.ceramint.2021.10.164.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОЛОГИИ

МЕТОДИКА ОРГАНИЗАЦИИ ЦИФРОВИЗИРОВАННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗОНИРОВАНИЯ НАРУШЕННЫХ И НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

С.В. Остах

Российский государственный университет нефти и газа (национальный
исследовательский университет) им. И.М. Губкина,
г. Москва

Аннотация. Экологическое зонирование рассматривается как процесс распределения территории по качественным и количественным показателям с выделением объектов и субъектов среды обитания с различной степенью антропогенной нагрузки.

Целью данной работы было разработка методики организации цифровизированного экологического зонирования нарушенных и нефтезагрязненных территорий, использующей механизмы накопления, передачи и обработки структурированной информации относительно шкалы желательности.

При возникновении техногенных потоков нефти и нефтепродуктов, сформированных углеводородами и продуктами их трансформации, необходимо выявить и охарактеризовать источники загрязнения, изучить последствия и спрогнозировать изменения состояния окружающей среды [1].

Для оценки загрязнения окружающей среды проводится анализ подобия и анализа размерности, что позволяет проследить динамику изменчивости территории за устанавливаемый отрезок времени. В частности, при реализации системы мониторинга с использованием методов дистанционного зондирования Земли к таким данным относятся соответствующие геопространственные привязки.

В качестве цифровизированного инструмента рассматриваемой дифференциации, в последнее время широко востребовано экологическое зонирование.

Несмотря на имеющийся опыт применения в различных региональных почвенно-геохимических и биоклиматических условиях методические основы в рассматриваемой сфере деятельности все еще слабо разработаны и апробированы [2-4].

Под экологическим зонированием в настоящей работе понимается проблемно-ориентированная классификация и многопризнаковое районирование исследуемой территории на зоны и установление для каждой из них особого режима природопользования и охраны окружающей среды.

Показатели природного фона территорий определяются на основании данных наблюдений за состоянием окружающей среды, отбора проб и (или) измерений по химическим и физическим показателям на соответствующем контрольном участке [5].

Загрязненные участки интегрируются в контур с ландшафтно-индикационными закономерностями относительно эталонных участков и яркостного контраста с учетом долгосрочных комплексных связей.

Алгоритм задействует предметно-ориентированный картографический материал, данные наблюдений, результаты прогностических расчетов с использованием статистической информации (площадь, динамика выявленных изменений по периодам) и математических моделей, а также обобщенных материалов экспертных оценок воздействия на ОС с построением почвенно-мелиоративных картограмм тематического полигона и анализа контрольного участка по степени нарушенности и содержанию нефтяных углеводородов (рис. 1).

Выбор контрольных участков следует осуществлять с учетом особенностей ландшафтно-экологического зонирования нарушенных и нефтезагрязненных земель, характера и состава почв и угодий.

Для реализации, сформулированной выше цели, были использованы свойства функции желательности Харрингтона [6], которая применима при решении различных оптимизационных задач.

Непрерывность, монотонность и гладкость позволяют использовать ее для интегральной оценки состояния ландшафта в условиях техногенного загрязнения и под влиянием природных факторов относительно концентрации химических элементов и их соединений, вовлеченных в единый биогеохимический круговорот [7].

При использовании функции желательности Харрингтона, как правило, деление назначаемой шкалы предусматривается на пять категорий [7]. При изучении химического состава основных компонентов природно-территориальных комплексов [6] шкала имеет следующий вид: (0,8 – 1,0) – химическое загрязнение отсутствует («очень хорошо»), (0,63 – 0,8) – низкий уровень загрязнения («хорошо»), (0,37 – 0,63) – средний («удовлетворительно»), (0,2 – 0,37) – высокий («плохо»), (< 0,2) – чрезвычайно высокий уровни химического загрязнения («очень плохо») [6,7].

В случае контроля миграции загрязнения внутри локализованной зоны природно-территориального комплекса снижение экологической опасности происходит при однонаправленном изменении показателя, и ограничение имеет односторонний характер.

Для экологического зонирования нарушенных и нефтезагрязненных территорий целесообразно использовать интегральный показатель биологического состояния (ИПБС) почвы [8], определяемого на основе наиболее чувствительных и информативных биологических показателей [9] по следующей формуле:

$$ИПБС = GPA/Con, \quad (1)$$

где GPA – средний оценочный балл всех показателей, %;

Con – остаточное содержание нефти или нефтепродуктов в почве, %.



Рис. 1. Классификация диагностируемых нарушенных и нефтезагрязненных земель

Для адаптации шкалы желательности к оценке предлагается заменить принятые качественные характеристики значениями ИПБС экосистемных функций почв с учетом результатов работ [8, 9] (Таблица).

№ п/п	Частные значения функции желательности	Категории шкалы желательности	Значение уменьшения ИПБС, %
1	0,8 – 1,0	нормальное выполнение экосистемной функции	5
2	0,63 – 0,8	нарушение информационных экосистемных функций	5 - 10
3	0,37 – 0,63	нарушение информационных, биохимических, физико-химических, химических и целостных экосистемных функций	10 - 25
4	0,2 – 0,37	нарушение всех вышеперечисленных функций, а также физических экосистемных функций	25
5	< 0,2	утрата экосистемных функций	> 25

Алгоритм экологического зонирования нарушенных и нефтезагрязненных территорий с использованием функции желательности относительно интегрального показателя в формате ИПБС представлен на рисунке 2.

Функция Харрингтона представляет собой преобразование натуральных значений показателей ($y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$) в безразмерные ($d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$), описываемые шкалой желательности.

Функция желательности выражается уравнением [6,7]:

$$d_i = e^{-e^{-y_i}} \quad (2)$$

где d_i – частная функция желательности; y_i – частный показатель (фактор).

Для обобщенного показателя желательности (D_i) используется формула:

- без учета коэффициентов весомости:

$$D = \sqrt[n]{\prod_i^n d_i} \quad (3)$$

- с учетом коэффициентов весомости:

$$D' = \prod_{i=1}^n (d_i)^{m_i} \quad (4)$$

где d_i – частный показатель желательности;

m_i – коэффициент весомости.

Перевод значений размерных показателей ИПБС (x) в безразмерные при линейной зависимости между ними осуществимо по уже апробированным модельным представлениям [8-10].

Логарифмирование дважды уравнения (4) в линейном случае дает:

$$\ln(\ln \frac{1}{d}) = -y. \quad (5)$$

В зависимости от адаптации указанной модели выбираются и соответствующие критерии оценки размерных показателей ИПБС, применимые для выявления эколого-индикационных свойств окружающей среды.

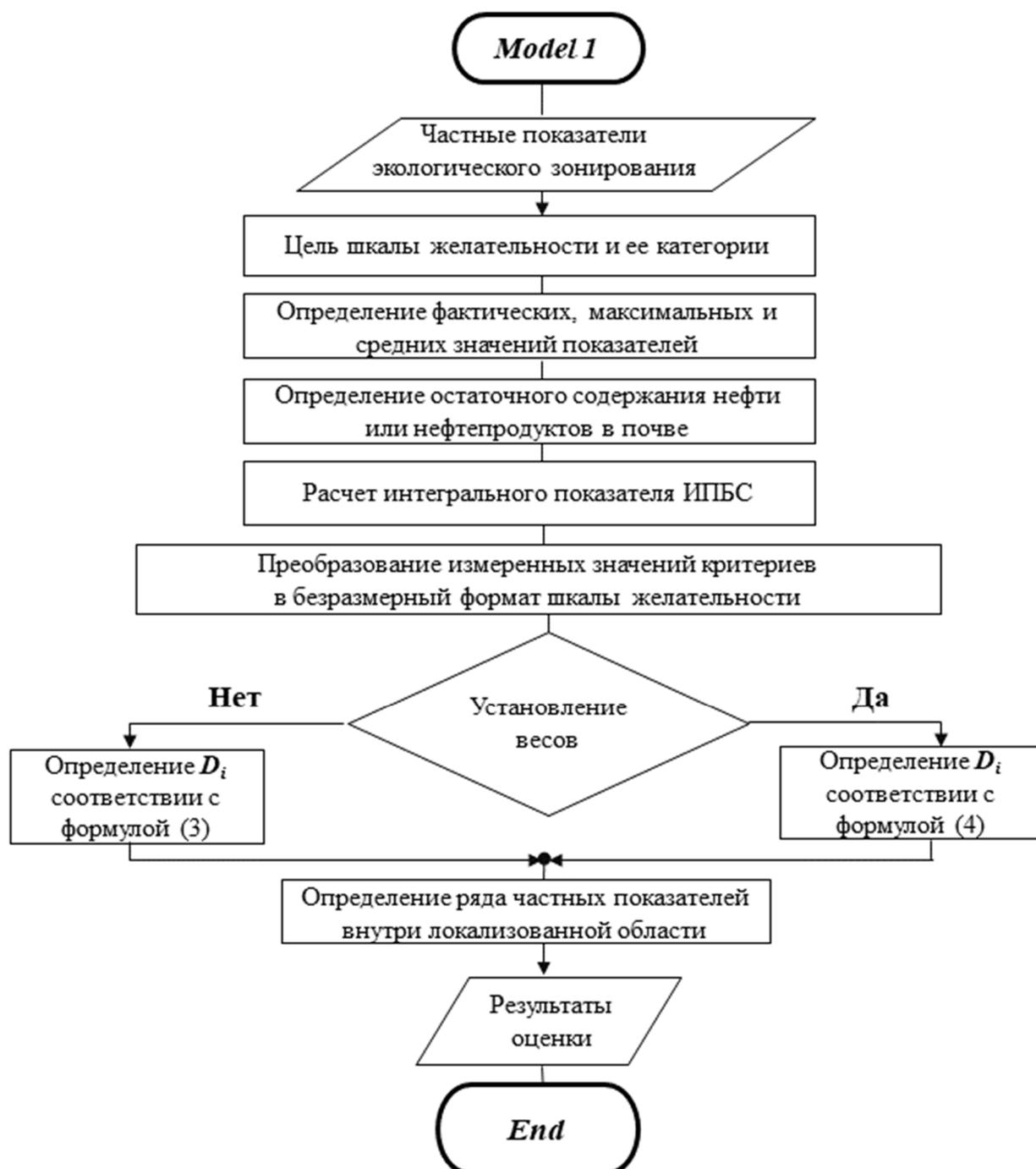


Рис. 2. Алгоритм экологического зонирования нарушенных и нефтезагрязненных территорий

Использование методики предусматривает установление зависимости значения, измеренного y' , т.е. индикатора воздействия загрязнителей на геологическую среду, и безразмерной величины y .

Реализуемая модель методики организации цифровизированного экологического зонирования нарушенных и нефтезагрязненных территорий сопоставляет предметно-ориентированный картографический материал с цифровой моделью местности, данные наблюдений и построения почвенно-мелиоративных картограмм тематического полигона, результаты прогностических расчетов с использованием геоданных (площадь, динамика изменений по периодам) и моделей. Также необходимы экспертные оценки с использованием инструментария компьютерного анализа спектральных космических снимков с поэлементным восстановлением множества признаков.

Предлагаемая методика, использующая механизмы накопления, передачи и обработки структурированной информации относительно шкалы желательности, облегчает процесс сравнения эколого-индикационных свойств окружающей среды, делая его нагляднее.

Список литературы

1. Лобачев Д.Р. Почвенно-экологический мониторинг / Д.Р. Лобачев // Форум. Серия: Гуманитарные и экономические науки. – 2020. – № 3(19). – С. 200 – 202.
2. Остах С.В. Методика выбора технологий локализации и ликвидации нефтяных и нефтехимических загрязнений / С.В. Остах, Н.Ю. Ольховикова // Химическая техника. – 2018. – № 5. – С. 20-24.
3. Дмитриев В.В. Интегральная оценка устойчивости ландшафтов: модели, результаты, перспективы / В.В. Дмитриев, А.Н. Огурцов, А.С. Морозова, А.А. Пилюгина, О.А. Свердлова, П.М. Сиротина, М.Е. Федорова, С.В. Черепанов, В.А. Шакуров // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 9. – С. 110 – 114.
4. Рогозина Е.А. Модели изменения почвенных экосистем под действием углеводородного загрязнения / Е.А. Рогозина, В.К. Шиманский // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2007. – Т. 2. – С. 27.
5. Дубровская С.А. Экологическое зонирование территории города Оренбурга / С.А. Дубровская // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16. – № 5. – С. 22-25.
6. Harington J. The Desirability Function. Industrial Quality Control / J. Harington . – 1965. – Vol. 21, № 10. – P. 494-498.
7. Опекунов А.Ю. Интегральная оценка загрязнения ландшафта с использованием функции желательности Харрингтона / А.Ю. Опекунов, М.Г. Опекунова // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. – 2014. – № 4. – С. 101-113.
8. Колесников С.И. Методика оценки целесообразности и эффективности рекультивации почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, по биологическим показателям / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, Т.В. Денисова [и др.] // Инженерный вестник Дона. – 2013. – № 3(26). – С. 51.

9. Девятова Т.А. Биоэкологические принципы мониторинга и диагностики загрязнения почв / Т.А. Девятова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2005. – № 1. – С. 105-106.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОЭКОЛОГИИ

Е.М. Басарыгина, О.Е. Акулич, Н.А. Пахомова
Южно-Уральский государственный аграрный университет,
г. Троицк

***Аннотация.** Использование информационных технологий в агроэкологии позволяет решать актуальные вопросы, связанные с созданием цифровых моделей земельных ресурсов. В статье рассматриваются данные мониторинга почв Челябинской области и созданная на их основе цифровая модель, позволяющая принимать оптимальные управленческие решения.*

В настоящее время большое внимание уделяется экологическим аспектам сельскохозяйственного производства, в связи с чем особую значимость приобретает мониторинг состояния сельскохозяйственных земель [1-3].

Использование информационных технологий, включающих в себя хранение, обработку и передачу информации, позволяет решать актуальные вопросы агроэкологии, связанные с созданием цифровых моделей земельных ресурсов. Цифровые модели почв могут служить способом отображения паспорта поля и визуализации базы данных, показывающей достоверную информацию о состоянии конкретных земельных участков [4]. Решение вопроса цифрового моделирования земель позволяет принимать оптимальные управленческие решения в сфере экологии и агропромышленного комплекса.

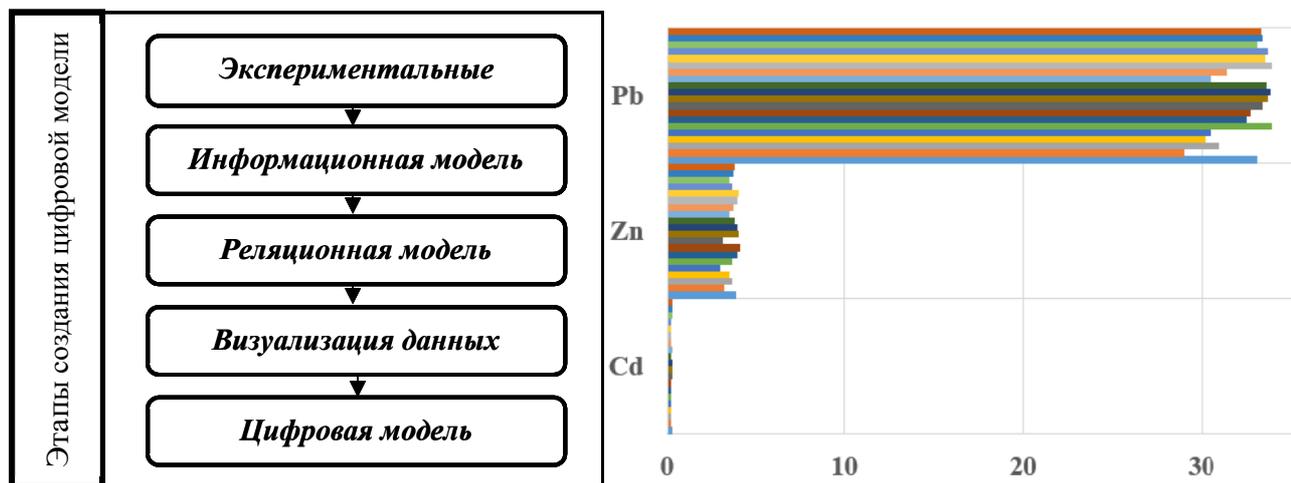
Целью исследования являлось построение цифровых моделей почв Челябинской области.

Основой для создания цифровых моделей являлись экспериментальные данные, полученные в результате анализа почв на содержание тяжелых металлов: свинца, кадмия и цинка (рисунок).

В проведенных исследованиях применялся рентгенофлуоресцентный метод анализа (спектрометр Raynu EDX-720 Shimadzu), преимуществами которого являются отсутствие сложной пробоподготовки, расходования анализируемого вещества и изменения его состава [5].

Для установления зависимости между содержанием указанных химических элементов использовались методы регрессионно-корреляционного анализа: определялось наличие связи между элементами; изучалась теснота связи двух величин; рассчитывался коэффициент корреляции. Путем аппроксимации (метод наименьших квадратов) установлены параметры уравнения, выражающего связь средних значений зависимой переменной со значениями независимой переменной. Математическая обработка

экспериментальных значений позволила сделать заключение о наличии слабой связи между содержанием элементов Cd-Zn ($r_{xy} \approx 0,13$); прямой умеренной связи между содержанием элементов Cd-Pb ($r_{xy} \approx 0,33$) и элементов Pb-Zn ($r_{xy} \approx 0,56$). На основании результатов рентгенофлуорисцентного анализа создана цифровая модель, которая визуализирует содержание химических элементов: свинца, цинка, кадмия) в почвах Челябинской области. Установлено доминирующее содержание одного из элементов – свинца.



Цифровая модель почвы

Таким образом, применение информационных технологий позволяет визуализировать данные мониторинга почв с целью принятия оптимальных управленческих решений в сфере агроэкологии и сельскохозяйственного производства.

Список литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 09.05.2017 № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы» // Интернет ресурс: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201705100002?index=0&rangeSize=1>
2. Концепция «Цифровая трансформация 2030» // Интернет ресурс: https://rosseti.ru/investment/Kontsepsiya_Tsifrovaya_transformatsiya_2030.pdf
3. Приказ Минсельхоза России от 24.12.2015 N 664 «Об утверждении Порядка осуществления государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения» // Интернет ресурс: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-minselkhoza-rossii-ot-24122015-n-664/>
4. Basarygina E.M., Zybalov V.S., Pakhomova N.A., Akulich O.E. Information-analytical modeling of soil composition based on spectral analysis. В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. "International Scientific and Practical Conference: Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad, DAICRA 2021" 2022. – С. 012129.

5. O.D. Rubaeva, I.A. Zubareva, N.A. Pakhomova, E.A. Malykhina. *Training of Engineering Personnel for Working in Agriculture Considering the Requirements for Digitalization Development in Agro – Industrial Complex Journal of Environmental Management and Tourism. ASERS Publishing* <http://www.asers.eu/asers-publishing> ISSN 2068 – 7729 Journal DOI: <https://doi.org/10.14505/jemt> 2020. С. 692-704

МЕТОДОЛОГИЯ АНАЛИЗА ЭКОЛОГО-ПОЛИТИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

А.В. Волков

Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** Рассмотрена модель академика В.П. Алексеева «человек (общество) – культура – окружающая природная среда», дополненная представлениями о циклах социально-исторического развития и схемой их классификации; установлена функция природопользования в данном теоретическом концепте; указаны подходы к выявлению интегральных характеристик вовлечённых в освоение природных комплексов и сопряжённых с освоением ситуаций развития, включая эколого-политические (военные) ситуации; одним из эмпирических оснований прогноза военных ситуаций заявлена симметрия длинных циклов солнечной активности относительно 1990 года; на этой основе выполнен рамочный прогноз динамики развития РФ в течение 2020-2040-х годов в форме фазовой траектории.*

В условиях умножения эффектов мирового кризиса, быстрого исчерпания конвенциональных – мирных – методов разрешения глобальных и региональных проблем [1], практика обеспечения национальных интересов всё чаще учитывает законы и закономерности взаимодействия человека с окружающей средой. Согласно представлениям академика В.П. Алексеева, ключевую идею исследований, обсуждающих риски социально-исторического развития, выражает модель «человек (общество) – культура – окружающая природная среда». «Эта схема, – отмечал В.П. Алексеев в работе «Некоторые аспекты палеоэкологических исследований» (1991), – включает три компонента: человека, понимая под ним, естественно, не единичную личность, а совокупность людей, культуру во всех её формах, природную среду (социальная среда включается в культуру) и все возможные связи между ними» [2, с. 93]. В свою очередь, данная модель развивает представления об автоколебательных системах, совершающих незатухающие колебания за счёт источника ресурсов, в общем случае, не обладающего явными колебательными свойствами (рис. 1).

В первой трети XXI века анализ проблем развития всё чаще обращается к процессам, протекающим не только в биосфере Земли, но и в Космосе, в частности,

на Солнце. основополагающий вклад в формирование концептуального ядра теории солнечно-земных связей внёс А.Л. Чижевский (1897-1964) [3].

На рис. 1 символом «?» отмечено опосредованное влияние первобытного общества на природные компоненты, строение и свойства естественных комплексов [2]. Позиция « $E \rightarrow D$ » отражает влияние на уровень техносферной безопасности «человеческого фактора», а позиция « $B \rightarrow C$ » – методологии научного поиска и научной картины мира, состояния фундаментальной науки, динамики и последствий военных конфликтов.

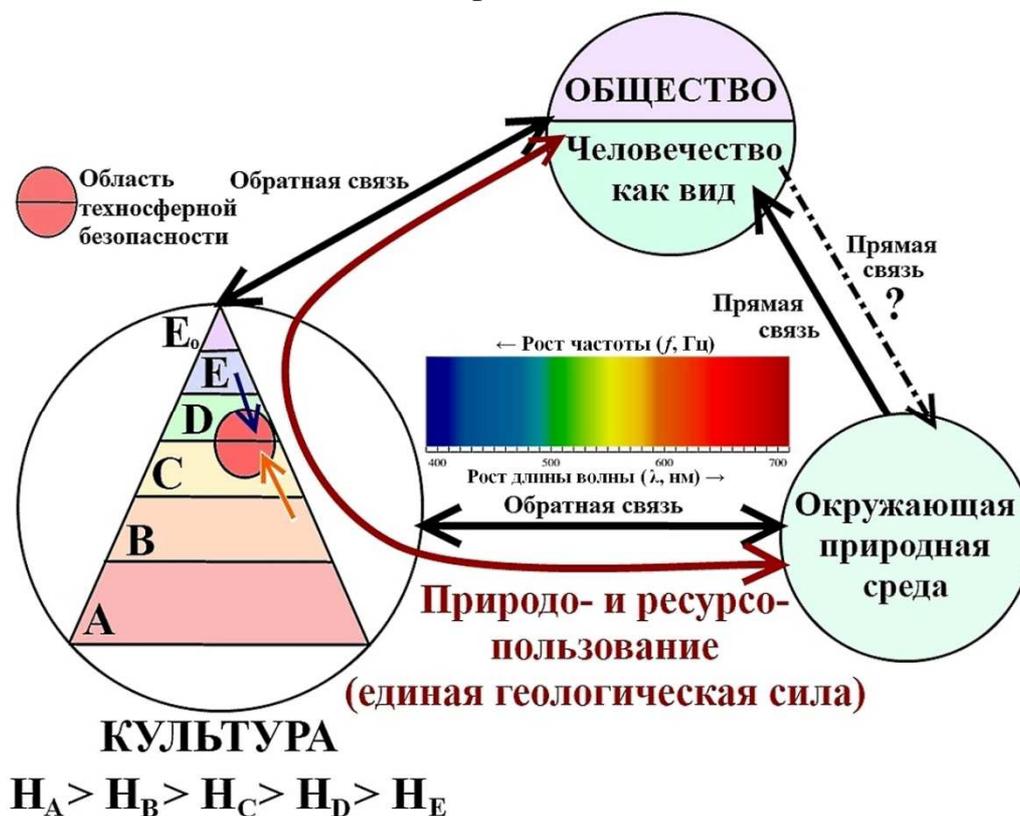


Рис. 1. Графическое представление модели «человек (общество) – культура – окружающая природная среда»

Отметим, что вынесенное на рис. 1 понятие и сам термин «природопользование» предложены на заседании Московского филиала РГО в конце 1958 года, а в 1968 году в литературу вошёл термин «экономика природопользования» [4-5].

С позиции естествознания, природопользование – это *многоуровневая система взаимодействия* различных форм жизнедеятельности человеческих коллективов с условиями и ресурсами территории освоения, а также с экологическими, экономическими и социальными результатами своего труда. Природопользование рассматривают как специфический – характерный исключительно для социализированного человека – способ взаимодействия с окружающей средой (см. рис. 1). Во многих случаях проводят границу между природопользованием и производственной деятельностью. К последней относят совокупность технологических процессов в помещениях, связанных с окружающей средой лишь каналами поступления сырья и отведения продукции и отходов.

Природопользование, как правило, объединяет технологические процессы под открытым небом.

Классификация форм жизнедеятельности различных по численности коллективов, дополненная оценками характерных для них периодов колебательных мод (годы), приведена на рис. 2.

Эшелон	Группа ритмов																		
	I			II			III			IV			V			VI			
E ₀	0	0,002			0,004			0,006				0,01			0,014		0,018		
E	0,018	0,02			0,04			0,06				0,10			0,14		0,17		
D	0,17	0,21			0,37			0,57				0,94			1,31		1,67		
C	РЕФЕРЕНТНАЯ ГРУППА						СМИ И МАССОВАЯ КУЛЬТУРА												
	1,67	2,0			3,6			5,6/5,5				9,1/9,5			12,6/13,3		16,2/17		
	ЭКОНОМ. СПЕКУЛ.			ЭКОНОМ. РЕАЛЬНАЯ (ПРОИЗВОДСТВО)						ПРИКЛАДНАЯ НАУКА									
B	<i>Торговля, производство</i>						<i>Техническая культура</i>												
	17	19,4/21,5	26	30,5	34,8/36	39,5	45,5	53,7/52	59,3	70	82,5	88/91,5	98,5	107	114	122/127	144	154	157/171
	«ПРИНУЖДЕНИЕ»			ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУКИ						НАУЧНАЯ КАРТИНА МИРА, ФИЛОСОФИЯ									
A	<i>Армия, наука</i>						<i>«Высокая» культура</i>												
	171	187/195	217		337			520				852			1184		1516		
	РЕЛИГИЯ			ОБЩАЯ КАРТИНА МИРА, МИФ						КОЛЛЕКТИВНОЕ БЕССОЗНАТЕЛЬНОЕ									
Номер	<i>Религия, идеология</i>						<i>Этнокультура</i>												
	+		-			+			-				+			-			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	

Рис. 2. Классификация ритмов социально-исторического развития территориальных систем, применяемая для интерпретации ситуаций развития

Согласно определению понятия «природопользование», а также рис. 1 и 2, результаты природо- и ресурсопользования зависит от того, какие именно компартменты (от лат. *comparilis* – вполне одинаковый; англ. *compartment* – отделение, отсек) культуры выражено вовлечены во взаимодействие общества и природы. Например, наиболее архаичный низкочастотный компартмент культуры, обозначенный символом «А», определяет мистически-религиозное отношение человека к природе, а, по сути, – «субъект – сверхсубъектное» отношение.

Расположенный выше первого, меньший по «мощности» и величине периодов колебаний ритмов, компартмент «В» характеризует либо силовое отчуждение ресурсов и безальтернативную квалификацию качества среды в условиях деградации «институтов согласия», роста военно-политической конфронтации, либо согласованные усилия на научной основе в условиях действия эффективных международных «институтов согласия».

Различная мера доступности запасов и ресурсов минерального сырья в мирное и военное время ныне является предметом активных дискуссий и профильных публикаций. Так, обращаясь к военно-политическому аспекту доступности ресурсов, специалисты Института проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова РАН утверждают: «Наиболее сильное

влияние государственных границ... на доступность запасов полезных ископаемых <оказывается> в периоды политических конфликтов. В период Первой мировой войны сформировалось понятие «стратегические виды минеральных ресурсов». <...> В нормальные периоды развития мировой экономики преобладает тенденция к глобализации сырьевых рынков» [6, с. 27].

Функциональный блок «С» определяет финансово-экономические стимулы и ограничения хозяйствования, а также направления, способы и приёмы природо- и ресурсопользования, регулирует пределы воздействия человека на окружающую среду.

Компартмент «D» отражает особенности освещения проблем и достижений природопользования в средствах массовой информации и, как следствие, особенности интерпретации этих проблем различными референтными группами населения.

Наименьшие по мощности, переменчивые по динамике и иным свойствам блоки «E» и «E_o», передающие настроение семейных союзов и отдельных людей, характеризуют наивно-потребительское – ненаучное, некритическое, «субъект – сверхобъектное» отношение человека к проблемам взаимодействия общества и природы. При этом историческая бифуркация обеспечивает качественный переход вида «E_o → A» и новый цикл формирования отношений человека и общества с природной средой [1]. Подобный переход связан с природными катастрофами (*экзогенный* кризис развития), а также с масштабными финансово-экономическими и военно-политическими потрясениями (*эндогенный* кризис развития).

Таким образом, выделяют четыре проекции анализа понятия «природопользование»: 1) деятельность, направленная на создание условий существования общества; 2) универсальная тенденция развития общества; 3) особое свойство и способность *социализированного* человека, специфическая форма его жизненной активности; 4) научная теория [5].

В значительной мере практические действия и научные исследования в области рационального природо- и ресурсопользования опираются на теоретические представления об организации географической среды. Установление интегральных характеристик среды базируется на концепции природно-ресурсного потенциала ландшафта (1948 год). Различают обобщающий отдельные свойства потенциал устойчивости ландшафта и набор частных потенциалов, в т.ч. минерально-сырьевой, энергетический, агропроизводственный, рекреационный и другие.

В конце XX века появились новые подходы к выявлению интегральных показателей геосистем, опирающиеся на так называемую геоситуационную концепцию. Термином «эколого-географическая ситуация» (ЭГС) обозначают пространственно-временное сочетание экологических, социально-демографических и экономических факторов, которые задают изменения окружающей среды, сказывающиеся на жизнедеятельности общества. По сути, ситуации отражают неблагоприятные последствия действия перечисленных групп факторов, а также характер трансформации самих факторов под влиянием изменившихся обстоятельств социально-экономического развития. Обращение к

этому понятию отражает тенденцию на системно-историческое изучение окружающей среды с учетом взаимодействия экологических, социально-демографических и экономических факторов.

Основными группами ситуаций являются следующие:

- ландшафтно-экологические – экологические проблемы природопользования;
- эколого-экономические – природные ограничения финансовой и экономической деятельности;
- эколого-социальные – миграция, изменения традиционных укладов жизни, этническая преступность и терроризм, динамика общественного мнения;
- эколого-политические – законотворчество и правоприменительная практика, деятельность неправительственных организаций, международное сотрудничество и *военные конфликты*.

Итак, в рамках концепции эколого-географических ситуаций, формирование и развитие эколого-политических ситуаций, а также ситуаций других типов действительно может быть обусловлено ходом и последствиями военных конфликтов. Именно поэтому анализ и прогноз временной динамики военных конфликтов актуален и практически значим.

Одним из естественнонаучных эмпирических оснований прогноза наиболее общих черт и временной локализации военно-политических конфликтов служит «симметрия» циклов солнечной активности относительно даты максимума 22-го цикла и симметрия соответствующих им типов ситуаций развития [7].

По утверждению профессора кафедры физической географии и ландшафтоведения Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова А.Ю. Ретеюма, наиболее чётко в барицентрическом движении Солнца себя выражает 1430-летний цикл [8]. При этом «барицентрическое движение Солнца проявляется в разнообразных процессах на всех телах Солнечной системы, включая Солнце и Землю» [9].

По мнению учёного, «знание временной упорядоченности Солнечной системы в масштабе земных столетий и тысячелетий даёт ключ к пониманию механизма регулирования солнечной активности и процессов взаимодействия земных геосфер. В этом контексте, прежде всего, необходимо установить точку отсчёта событий. Большие циклы Солнечной системы берут «начало» от момента сближения центра Солнца с её барицентром. Последнее событие такого рода отмечено в апреле 1990 года» [8].

Другими словами, окончание и начало ключевых фаз групп многолетних и многовековых солнечных циклов пришлось на апрель 1990 года. Как правило, подобные эпохи отмечены снижением солнечной активности.

Гипотеза наличия длительных циклов солнечной активности и возможного согласования их фаз в середине 1990 года – не причуда учёного. Например, по заключению специалистов *NASA* и *NOAA*, динамика солнечной активности, характеризующаяся величинами относительных чисел Р. Вольфа, действительно отражает сложную цикличность данного явления, включающую и весьма продолжительные циклы.

На этом основании позволим себе сформулировать гипотезу о «симметрии» – в границах десятилетних и столетних циклов – не только собственно солнечных циклов, но и общих характеристик, или типов, ситуаций социально-исторического развития, совпавших с фазой максимума каждого цикла (таблица) [10].

Возможные параллели в динамике социально-исторического процесса в границах одинаковых фаз 11-летнего солнечного цикла, выступающего элементом более продолжительных солнечных циклов [10]

19-й (1957,9*)	25-й (2023,4 ?)
1957 – запуск спутника и начало «космической гонки»; 1959 – революция на Кубе; 1961 – возведение Берлинской стены. Первые признаки приближения острой фазы конфликта «Запад – Восток»	
20-й (1968,9)	24-й (2014)
1968 – «Пражская весна» и молодёжные протесты в Европе; 1969 – полёт на Луну. «Оттепель», стабильность, относительный достаток	
21-й (1979,9)	23-й (2001)
1979-80 – Революция в Иране, начало «Афганской войны», «Олимпиада-80». Социально-политический кризис; курс – на реформы	
22-й (1989,6)	
1991 – путч в РФ, поражение ГКЧП, распад СССР, окончание «Холодной войны», избрание Президента РФ, начало либеральных реформ и приватизации	
18-й (1947,5)	26-й (2034 ??)
1945 – Ялтинская конференция; 1947 – план Маршалла по Европе, провозглашение независимости Индии и Пакистана; 1948 – провозглашение государственности Израиля, разделение Кореи по 38-й параллели; 1949 – провозглашение КНР, образование НАТО	

*Оценка календарных сроков максимума солнечного цикла (<http://www.wdcb.ru/>)

В рамках заявленной гипотезы, можно выделить следующие исторические параллели между парами «симметричных» циклов солнечной активности и соответствующих им ситуаций социально-исторического развития (рис. 3).

Итак, обозначенные на рис. 3 римскими цифрами I-IV пары комплексов ситуаций развития, локализованных в границах единых фаз соответствующих солнечных циклов, характеризуются следующими чертами.

I. Ситуации максимумов солнечных циклов № 18 и № 26 (максимум первого пришёлся на 1947,5 год, максимум второго не установлен), которые разделяет около 87 лет (согласно классификации ритмов (см. рис. 2), речь идёт о границе компартиментов культуры «Фундаментальная наука» и «Научная картина мира»), отмечены следующими особенностями: новый геополитический и геоэкономический передел мира (первый – по итогам Второй мировой войны), новые научная и общая картины мира, в том числе в силу юридического закрепления границ государств и уровня доступности ресурсов развития.

II. Ситуации максимумов циклов № 19 и № 25 (максимум первого пришёлся на 1957,9 год, максимум второго возможен в 2023-2025 годах), которые разделяет около 66 лет (согласно классификации ритмов, речь идёт о компартименте «Фундаментальная наука» в аспекте формирования наукой парадигм

экономического и социального развития) отмечены такими чертами: XX съезд КПСС, доклад Н.С. Хрущёва «О культе личности и его последствиях» (1956 год); запуск первого искусственного спутника Земли (1957 год), полёт в космос первого человека – Ю.А. Гагарина (1961 год), начало «космической гонки» сверхдержав; Карибский кризис (1962 год). В начале же 2020-х годов – полёты на орбиту фактически не тренируемых специально космических туристов различного возраста, лидерство в космических технологиях Китая, новый этап милитаризации космоса; обсуждаемое как специалистами, так и общественностью приближение острой фазы геополитического конфликта «Запад – Восток»; осознание национальными элитами необходимости защиты финансово-экономических структур от воздействий глобального рынка, включая развитие собственных технологий (интернет-технологий, искусственного интеллекта, управления объёмами больших данных, а в 1960-х годах – технологических приложений общей теории систем и кибернетики, автоматических систем управления, управления базами данных, систем автоматического проектирования); накопление запасов стратегических видов сырья.

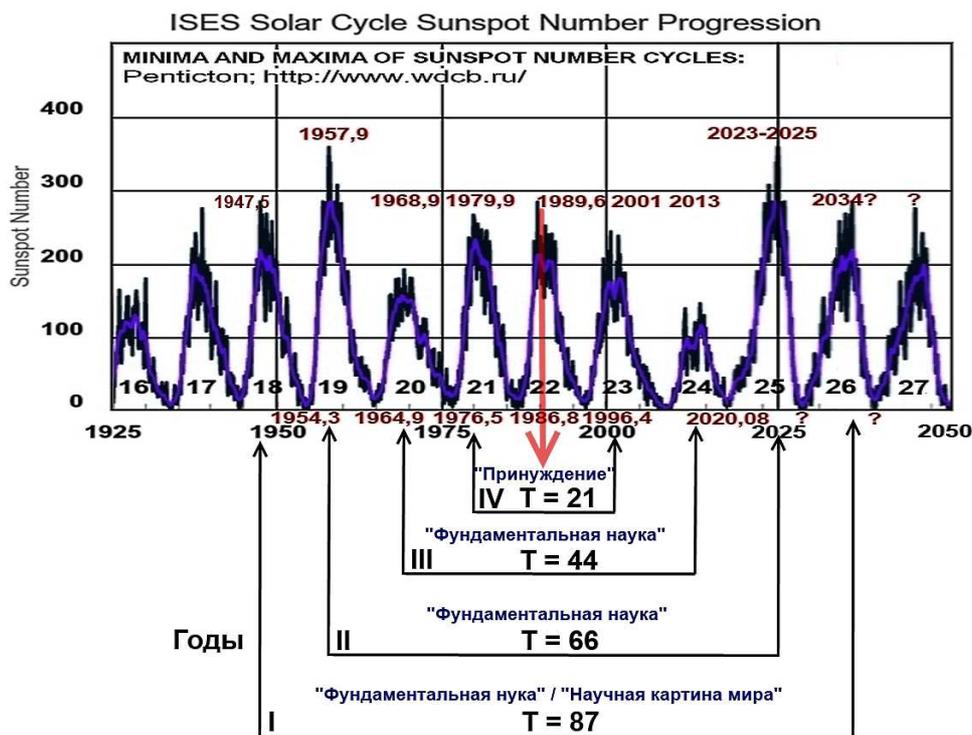


Рис. 3. Гипотеза симметрии ряда циклов солнечной активности, характеризующихся величинами относительных чисел Вольфа, относительно 1990 года и подобия типов ситуаций развития, локализованных в окрестности максимумов циклов

III. Ситуации максимумов циклов № 20 и № 24 (максимум первого пришёлся на 1968,9 год, максимум второго – на 2012-2014 годы), которые разделяет около 44 лет (согласно классификации ритмов, речь ведётся о компартменте «Фундаментальная наука» в аспекте теоретической и практической разработки

ранее выдвинутых идей), отмечены следующими чертами: фестиваль молодёжи и студентов в Москве (1968 год) и летняя Универсиада в Казани (2013 год), а также зимние Олимпийские игры в Сочи (2014 год) той же тональности; вовлечение СССР в ситуацию «Пражской весны» (1968 год), РФ – в ситуацию «Крымской весны» (2014 год); реформа управления народным хозяйством и планирования в СССР под руководством А.Н. Косыгина (1965 год) и вступление России в ВТО (2012 год), а также план адаптации экономики и социальной сферы РФ к введённым Западом экономическим санкциям и усилению геополитического давления (2014 год); рост воодушевления и надежд широких кругов населения на обновление в политике, экономике и социальной жизни.

IV. Ситуации максимумов солнечных циклов № 21 и № 23 (максимум первого пришёлся на 1979,9 год, максимум второго – на 2000-2001 годы), которые разделяет около 21 года (согласно классификации ритмов, речь ведётся о компартменте «Принуждение» в аспекте локальных военных конфликтов, поддерживаемых традиционными силами и средствами), отмечены следующими чертами: принятие в 1977 году Конституции СССР, а в 1993 году – Конституции РФ; начало «Афганской войны» (1979 год) и катастрофа АПЛ «Курск» (2000 год); пожар на Останкинской телебашне в Москве (2000 год); затопление российской космической станции «Мир» (2001 год); вторжение международной коалиции (США, Великобритания и другие государства) в Ирак (2003 год); смерть Генерального секретаря ЦК КПСС Л.И. Брежнева (1982 год; далее в течение четырёх лет сменилось два руководителя государства) и добровольная отставка Президента РФ Б.Н. Ельцина, назначение исполняющим обязанности Президента РФ Председателя Правительства РФ В.В. Путина (1999 год), избрание В.В. Путина Президентом РФ (2000 год); военно-политические и экономические ситуации «Холодной войны», в том числе санкции по линии спорта, рост социальной напряжённости.

Таким образом, позиции I-IV объединяет тональность сопоставления моделей развития и лежащих в их основе национальных мифов и парадигм, состязания и конкурирования за глобальное лидерство, противостояния, скрытой и проявленной конфронтации, а, по сути, – различные аспекты, или планы, конфликта «Запад – Восток», в другой смысловой проекции – конфликта «гражданской» и «общинной» цивилизаций. Причём в окрестности 1990 года речь преимущественно велась о проявленных претензиях и конфликтах, включая военные события, а, с течением времени, – об экономических, технико-технологических, научных, мировоззренческих и культурно-религиозных аспектах глобального развития, всё более смещаясь в область общей картины мира и коллективного бессознательного.

Для дальнейших рассуждений укажем, что абстрактное пространство, каждая точка которого соответствует одному и только одному состоянию из множества всех возможных состояний системы, именуют её фазовым пространством. Точка пространства, определяющая текущее состояние системы, называется *представляющей точкой*. Процесс смены состояний системы, или её поведение, может быть отражено движением изображающей точки. Тогда траекторию этой

точки – «след» от её движения – именуют фазовой траекторией (которая не тождественна траектории развития системы во времени и/или пространстве), а скорость смещения изображающей точки – фазовой скоростью [10-11].

Фазовая траектория социально-экономического развития России (след движения представляющей точки на фазовой плоскости) показана на рис. 4.

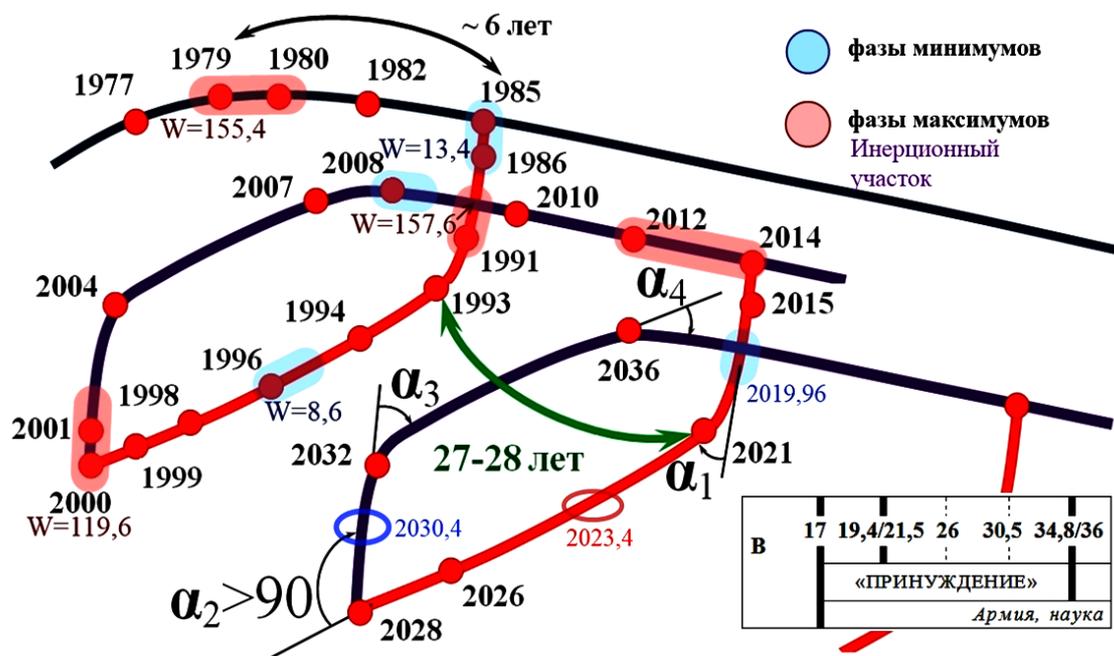


Рис. 4. Фрагмент фазовой траектории России по датам новейшей истории и рамочный прогноз смены типов социально-исторических событий

Как мы понимаем, последняя по времени бифуркация пройдена Россией в окрестности 2013-2014 годов (все обоснования представлены в наших публикациях в Вестнике ТулГУ, серия «Экология и безопасность жизнедеятельности», 2016-2019). Чуть раньше 2021 года состоялось заметное, но, всё же, не кардинальное, изменение «угла наклона» фазовой траектории (α_1 ; см. рис. 4). Начиная с 2021 года, ситуация продолжит *ухудшаться* (речь идёт о «регрессионной фазе» развития, согласно пониманию немецкого психолога Курта Левина). Тип ситуаций развития зададут глобальные и российские тренды: деградация и разрушение международной правовой системы и «институтов согласия», включая договорённости о режимах применения военных сил и средств, а также регламенты международной торговли и функционирования иных связей (ИТ); изменение условий и ресурсов глобальной среды обитания; демографические и миграционные проблемы, включая «сознательное применение биологических агентов, способных поражать человека, животных, растения; появление в природе новых агентов» (академик А.С. Спирин); деградация в большинстве стран элитарной культуры, науки и сложной техносферы; рост зависимости мира от воли корпораций-монополистов; непропорциональное применение силы различных видов; деформация общей и научной картин мира; рост социальной нестабильности и непредсказуемости поведения масс; рост зависимости характера развития

ситуаций от слабых, скрытых от посторонних глаз, факторов и ряд других (http://tsu.tula.ru/files/40/conf-2020_t2.pdf).

Как уже отмечалось, в районе максимума солнечной активности 2023-2025 годов возможен военный конфликт, имеющий отношение к России, или угроза применения военной силы (военного вмешательства) в ответ на ухудшение ситуации на постсоветском пространстве (конфликт «Восток» – «Запад», или «Суша» – «Море», в терминах А.Г. Дугина; не исключено, что победу одержит «Море») [10].

Однако наиболее драматичные события, типологически подобные ситуации в окрестности 2000 года, произойдут в районе 2028 года. В целом, «глобальный потоп» (в аксиоматике А.Г. Дугина) состоится с 2028 по 2036 (2041) годы. Далее состоится институциональное закрепление нового международного порядка и протоколов обмена, включая пространственные границы субъектов геополитики, новое структурирование пирамиды потребностей и формирование ей соответствующей системы целей, задач, алгоритмов и инструментов мышления и деятельности человека в новом средовом, объектном и символическом окружении. При благоприятном развитии событий, Россия выйдет на новый участок «инерционного», «устойчивого» развития, применительно к новой базе условий и ресурсов окружающей среды (в широкой трактовке последних терминов; см. рис. 4) [10].

По мнению историка А.И. Фурсова, «<уже> 2018 и 2019 годы показали, что мировая система... находится в состоянии перегрева. Обычно в таких случаях происходила мировая война... Так что в ближайшие 10-15 лет будет идти борьба за переход к новой системе. Причём вариантов перехода к ней будет несколько... Что касается России, то здесь ситуация чем-то напоминает начало XX века, точнее 1904-1905 годы» [12].

Список литературы

1. *Переходные эпохи в социальном измерении: История и современность/ отв. ред. В.Л. Мальков. – Ин-т всеобщей истории РАН. – М.: Наука, 2003. – 482 с.*
2. *Алексеев В.П. Очерки экологии человека. – М.: Наука, 1993. – 191 с.*
3. *Чижевский А.Л. Земля в объятиях Солнца. – М.: Изд-во Эксмо, 2004. – 928 с. – (Антология мысли).*
4. *Розенберг Г.С. Экологическая экономика и экономическая экология: состояние и перспективы// Экология РАН, 1994. – № 5-6. – С. 3-13.*
5. *Природопользование: учебное пособие для вузов/ Э.М. Соколов [и др.]. – М.-Тула: Гриф и К, 2002. – 522 с.*
6. *Пешков А.А., Мацко Н.А. Доступность минерально-сырьевых ресурсов. – М.: Наука, 2004. – 280 с.*
7. *Волков А.В. Циклическая основа механизмов солнечной активности и взаимодействия геосфер Земли// Вестник ТулГУ. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности»/ под общей ред. д-ра техн. наук, проф. В.М. Панарина. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2020. – 410 с. – С. 204-233.*
8. *Ретеюм А.Ю. Эпидемии в обстановке большого солнечного минимума. URL: <https://regnum.ru/news/innovatio/2913426.html> (дата обращения: 2.06.2020).*

9. Хлыстов А.И., Долгачёв В.П., Доможилова Л.М. *Барицентрическое движение Солнца и его следствия для Солнечной системы*. URL: https://istina.msu.ru/media/publications/articles/a31/6c2/2232256/Barits_dvizh_Solntsa_.doc (дата обращения: 07.06.2020).

10. Волков А.В. *Прогноз параметров 25-го солнечного цикла и сопряжённой социальной динамики*// Вестник ТулГУ. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности»/ под общей ред. д-ра техн. наук, проф. В.М. Панарина. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2020. – 410 с. – С. 257-295.

11. URL: https://science.wikia.org/ru/wiki/Фазовое_пространство (дата обращения: 20.10.2020).

12. Фурсов А.И. *Агония старого мира: куда идёт человечество?* URL: https://zavtra.ru/blogs/agoniya_starogo_mira (дата обращения: 20.10.2020).

ПРИНЦИП ФОРМИРОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ НА БАЗЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЕДИНИЧНЫХ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ МОД МОДЕЛЕЙ ИСТОРИИ

А.В. Волков

Тулльский государственный университет,

г. Тула

Аннотация. На основе результатов статистической обработки рядов удельных скоростей изменения населения Москвы, начиная с 1350 года и с 1750 года, показано, что картину исторически сложившихся связей колебательных мод, включаемых в состав моделей развития, определяют соотношения начальных фаз каждой единичной моды. Картина начальных фаз отражает принципиальную организованность мод, образующих итоговую модель процесса. Частным случаем организованности выступает регулярность в изменении величин фаз, рассматриваемая в зависимости от главного атрибута мод – периода их колебания. На базе данных закономерностей обоснована идея методического подхода к решению проблемы анализа, прогноза и управления ходом социально-экономического развития. На примерах рассмотрены особенности практическая реализация предложенной методологии.

В начале XXI века моделирование социально-исторических процессов остаётся эффективным инструментом анализа прошлого и познания будущего. Однако фундаментальное заключение экспертов Римского клуба, согласно которому «устойчивый» мир никогда не станет реальностью, если его невозможно представить, датируется ещё 1970-ми годами. Предвидение должно строиться из идей многих людей, прежде чем примет законченные и привлекательные формы. В физических границах времени и пространства предвидение порождает не только элементы нового знания и поведения, но и новые социальные институты [1].

Основные принципы циклического истолкования хода истории были сформулированы в работах итальянского философа, одного из основоположников исторического познавательного подхода Джамбаттисты Вико (1668-1744) и развиты в трудах О. Шпенглера, А. Тойнби, Н.Я. Данилевского, Л.Н. Гумилёва и других учёных. Согласно этому подходу, процесс возникновения цивилизаций определялся «вызовами» внешней среды. Взаимодействуя со средой, каждая цивилизация проходит стадии формирования, роста, надлома и распада [2-3].

Идея нашего подхода к проблеме математического анализа и прогноза временной динамики социально-исторических процессов заключается в следующем: приближение временного ряда удельной скорости изменения населения территориальных систем линейными моделями обеспечивает прогноз численности населения изучаемой территории, а истолкование природы выделенных в спектре ряда колебательных компонент (единичных мод), сопряжённых с ними изменений позволяет сформулировать заключение о характере предстоящих ситуаций социально-исторического развития, их наиболее общих, типологических чертах [4].

Общими задачами данного этапа работы явились:

- установление закономерностей организации начальных фаз единичных колебательных мод, входящих в модель социально-исторического процесса, с учётом величин их амплитуд и периодов колебаний, а также периодов амплитудной и фазовой модуляции мод;
- обоснование идеи методического подхода к решению проблемы анализа, прогноза и управления ходом социально-экономического развития на базе полученных закономерностей;
- уточнение особенностей практическая реализация данной методологии.

Исходные для расчётов данные заимствованы из соответствующей статьи в Википедии (https://ru.wikipedia.org/wiki/Население_Москвы), обобщающей информацию Федеральной службы государственной статистики и её московского подразделения (<https://mosstat.gks.ru>), приводимые на 1 января каждого года, следующего за учётным, результаты всесоюзных и всероссийских переписей населения, данные численности населения РФ по муниципальным образованиям (в т.ч. представленные в архиве интернет-ресурса www.demoscope.ru), информацию опубликованных источников, например, результатов переписи Москвы 1902 года (издание Статистического отдела Московской городской управы, 1904-1906) и иных.

Укажем, что в работе рассматриваются модели т.н. «длинного» (с 1350 года) и «короткого» (с 1750 года) рядов величин *удельной скорости* изменения населения Москвы построены по *единому набору* периодов, за исключением последней компоненты каждой модели – компоненты № 14. Она подобрана формально так, чтобы увеличить величину теоретического корреляционного отношения, или индекс корреляции, R . Поэтому величина периода колебания компоненты № 14 в моделях «длинного» и «короткого» рядов неодинакова. Более существенно, что каждая из компонент №№ 1-13, имея одинаковый главный период колебания, по своему осложнена амплитудной и фазовой модуляциями, обеспечивающими её

оптимальное позиционирование на оси времени. Потому численные коэффициенты данных мод также различаются. Обозначения мод длинного ряда включают сочетание « Mf », где « f » – первая буква английского слова *full*, т.е. полный, а обозначения мод «короткого» ряда начинаются с буквы « M ».

Ход фактических и модельных величин удельной скорости изменения населения Москвы, начиная с 1750 года (с позиции $d = 401$, где d – аргумент ряда; т.н. «короткий» ряд), представлен на рис. 1.

Подчеркнём, что на рис. 1 показан ход именно *диагностической* части ряда, отражающей свою долю общей дисперсии процесса развития.

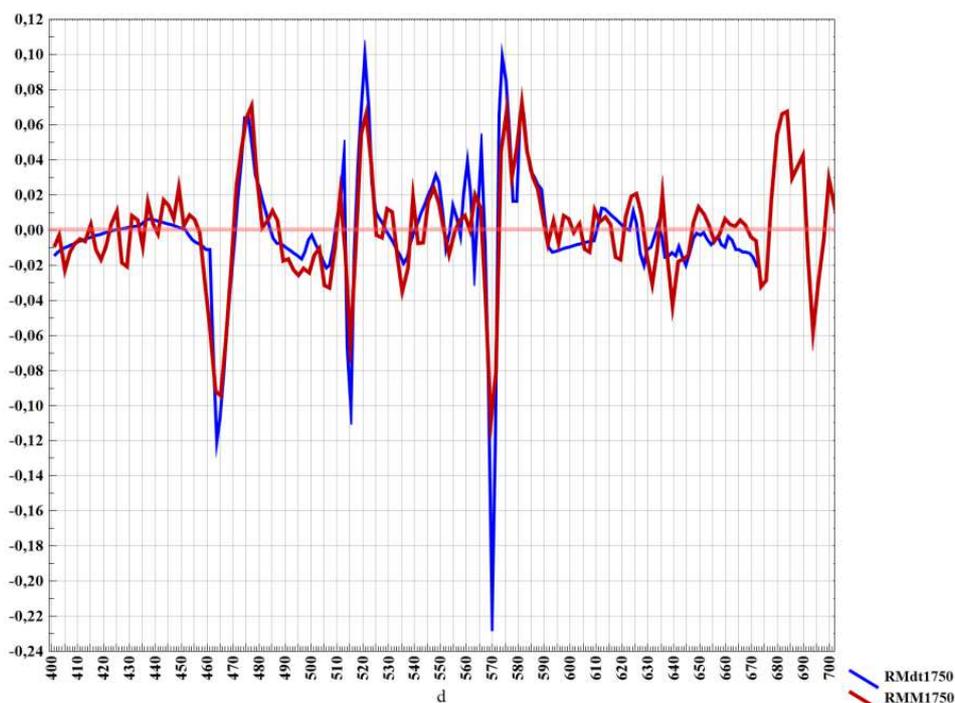


Рис. 1. Графики временного хода фактических (RMdt1750) и модельных (RMM1750) величин диагностической компоненты «короткого» ряда (d – индекс позиции в ряду данных)

Методами спектрального анализа в структуре «короткого» ряда установлены колебательные моды, имеющие следующие величины периодов колебаний (годы): 1) 335,0 ($M335$); 2) 83,750 ($M84$); 3) 49,698 ($M50$); 4) 34,382 ($M34$); 5) 25,769 ($M26$); 6) 20,938 ($M21$); 7) 17,406 ($M17$); 8) 14,565 ($M15$); 9) 12,885 ($M13$); 10) 10,635 ($M11$); 11) 8,933 ($M9$); 12) 7,614 ($M7i6$); 13) 4,653 ($M4i7$); 14) 20,696 ($M20i7$).

Сумма указанных мод с известной математической точностью (выражаемой величиной R) и достоверностью приближает ход диагностической компоненты реального процесса – временной динамики скорости изменения населения Москвы: $RMM1750 = M335 + M84 + M50 + M34 + M26 + M21 + M17 + M15 + M13 + M11 + M9 + M7i6 + M4i7 + M20i7$.

В теории, величина удельной – в расчёте на одного человека – скорости изменения численности какой-либо системы (r_i) определяется по формуле [4]

$$r_i = (N_i)^{-1} \times [N_i - N_{(i-1)}] / [t_i - t_{(i-1)}],$$

где N_i – количество элементов системы в момент времени t_i ; $\Delta t = t_i - t_{(i-1)} = 1$ год.

Величины параметров мод «короткого» ряда приведены в табл. 1.

Таблица 1

Величины параметров единичных колебательных мод,
образующих модель «короткого» ряда

<i>N</i>	Индекс	A_i	T_{AM-i}	T_i	Фаза $_i$	T_{FM-i}
1	<i>M335</i>	0,0134002	79,02185	335,0	-1,978607	82,20621
2	<i>M84</i>	0,014296	11000	83,750	+1,385389	13,01179
3	<i>M50</i>	0,014358	11000	49,6978	-1,454137	11000
4	<i>M34</i>	0,007912	11000	34,3816	+1,248096	61,637322
5	<i>M26</i>	0,026436	3370,8076	25,7692	+1,124182	14,695798
6	<i>M20i7</i>	0,010554	51,12063	20,6962	-3,0875196	11000
7	<i>M21</i>	0,013278	11000	20,9375	+1,840082	11000
8	<i>M17</i>	0,013402	11000	17,4056	-1,065191	11000
9	<i>M15</i>	0,014372	78,40848	14,5652	-2,266356	264,04376
10	<i>M13</i>	0,018357	65,82905	12,8846	-2,185749	28,49039
11	<i>M11</i>	0,010489	11000	10,6349	+1,346043	69,24307
12	<i>M9</i>	0,012918	11000	8,9333	+1,4144296	11000
13	<i>M7i6</i>	0,012739	67,88523	7,6136	+1,065332	11000
14	<i>M4i7</i>	0,006121	35,76759	4,6528	-1,0435486	20,55370

Обозначения: A_i – амплитуда колебательной моды, номер (i) и индекс которой указан в первом столбце, то есть модуль наибольшего отклонения моды от положения «равновесия»; T_{AM-i} – период амплитудной модуляции моды, годы; T_i – основной период колебания моды, годы; Фаза $_i$ – величина начальной фазы, рад; T_{FM-i} – период фазовой модуляции моды, годы. Эмпирический результат «отсутствие модуляции» отражён величиной периода $T = 11\,000$ лет, поскольку $2\pi/T_{AM} = 2\pi/11000 = 0,0005712$ и $\cos(0,0005712) = 0,99(9) \approx 1$

С учётом того обстоятельства, что математическая модель диагностической компоненты «короткого» ряда (*RMM1750*) принадлежит ко множеству линейных моделей, распределяющих общую дисперсию (энергию) процесса развития среди набора основных колебательных мод, обладающих *довольно автономным вкладом* в общую картину процесса, сформулируем следующую частную задачу.

Рассмотрим, как влияет изменение геометрии одной, выделенной моды на картину согласованного изменения остальных мод модели «короткого» ряда. Другими словами, каковы возможности изменения исторической траектории данной моды усилиями общества с целью влияния на динамику исторических событий в будущем, а, по сути, с целью управления будущим. Укажем, что на данном этапе исследований рассматривалось лишь изменение «стартовых позиций» каждой моды, предваряющих очередную «волну» изменений, сопряжённых с данным колебанием (намеренное продление социально-экономической ситуации, соответствующей минимуму моды).

Итак, полная модель диагностической компоненты «короткого» ряда такова: $RMM7150 = M335 + M84 + M50 + M34 + M26 + M21 + M17 + M15 + M13 + M11 + M9 + M7i6 + M4i7 + M20i7$.

Примем в расчёт, то есть сложим, все указанные моды (переменная *ST2*), за исключением моды *M34* (согласно нашей классификации ритмов, речь ведётся о

границе компартиментов «принуждение» и «фундаментальная наука», по сути, о ведении войны на новых технологических принципах и активизация НИОКР для целей развития оборонно-промышленного комплекса государства), а её интерпретируем как фактор управления ситуацией развития (рис. 2).

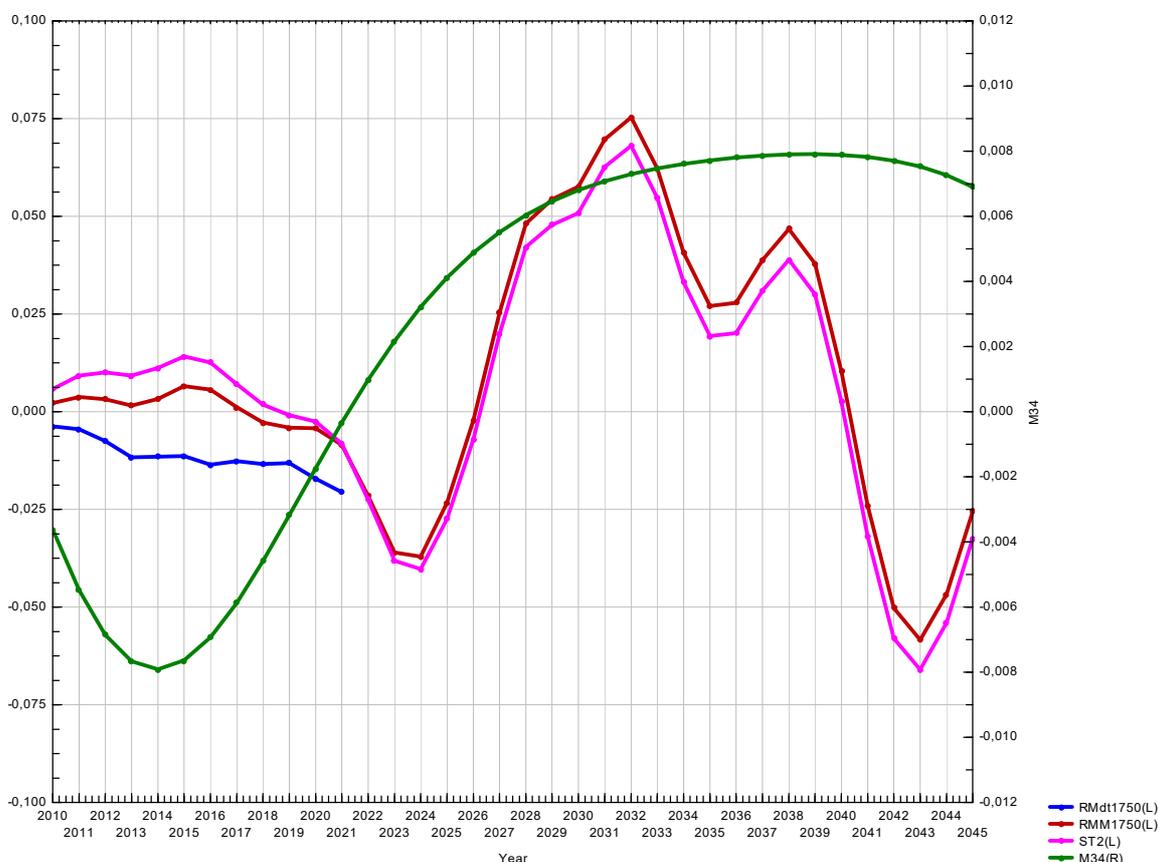


Рис. 2. Картина временной динамики диагностической компоненты фактических ($RMdt1750$) и модельных ($RMM1750$) величин «короткого» ряда удельной скорости изменения населения Москвы (с прогнозной частью) и выделенной моды $M34$

Согласно рис. 2, сравнивая ход переменных $RMM1750$ и $ST2 = RMM1750 - M34$, можно заметить, что уже в исходном положении на оси времени мода $M34$ несколько снижала скорость прироста населения на отрезке 2010-2022 годов, а после рубежа 2022-2023 годов увеличивала величину этой скорости. Кроме того, заметим, что, даже для довольно низкочастотной моды развития $M34$, ситуация, например, 2014 года, в силу организации демографических данных на 1 января следующего – за учётным – года, определялась, всё же, обстоятельствами 2013 года. Иными словами, эффективность расходования сил и средств на поддержание моды $M34$ может быть адекватно оценена только в перспективе нескольких десятилетий.

Переместим позицию моды $M34$, соответствующую качеству принятия решений и социально-экономической ситуации 2014 года, на три года вперёд – на 2017 год с сохранением на всём этом интервале её минимального уровня (переменная $M34sdv3$), а также на пять лет вперёд ($M34sdv5$). Образовавшиеся «разрывы» заполним данными минимума 2014 года.

Результат моделирования ситуаций развития, возможно, определяемых ходом моды М34, представлен на рис. 3.

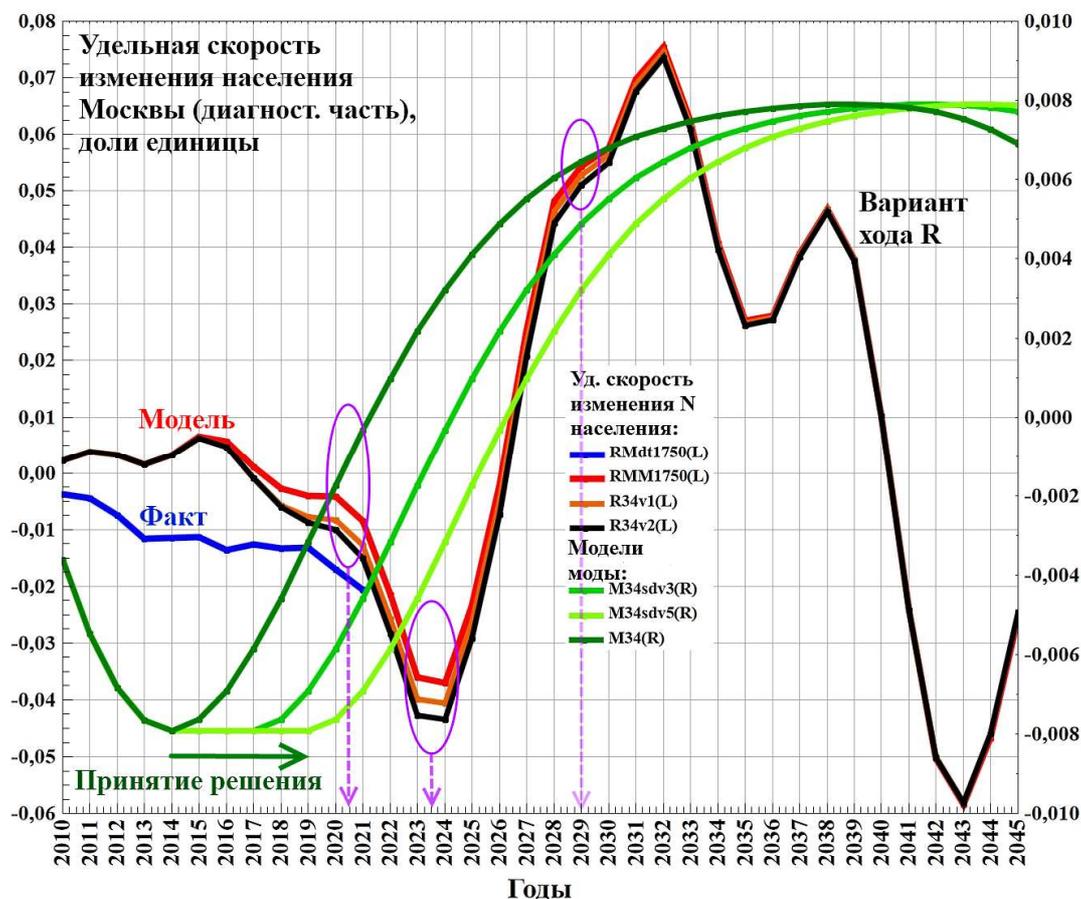


Рис. 3. Анализ индивидуального вклада моды М34 в социально-экономическое развитие государства

Расчётные величины удельной скорости изменения численности населения Москвы приведены в табл. 2 (доли единицы).

Таблица 2

Расчётные величины удельной скорости изменения численности населения в поворотных точках исторической траектории Москвы

Индекс	Годы				
	2020	2021	2023	2024	2029
<i>RMM1750</i>	-0,0042	-0,0085	-0,0360	-0,0370	0,0543
<i>R34v1</i>	-0,0083	-0,0127	-0,0399	-0,0406	0,0527
<i>R34v2</i>	-0,0101	-0,0151	-0,0427	-0,0434	0,0511
Уровень тренда скорости изменения населения: +0,021					

Далее приведённые в табл. 2 расчётные величины по каждой строке (модели) усреднялись за 2020-2021 расчётные годы и 2023-2024 годы. Затем определялась величина снижения удельной скорости от базового уровня модели *RMM1750*. Итак, в среднем за 2020-21 годы снижение в модели *R34v1* составило 60,4 %, в модели

$R34v2$ – 98,4 %. От уровня тренда ряда в указанные годы абсолютные величины снижения составляют соответственно 19,8 % и 29,8 %.

В среднем за 2023-24 годы снижение в модели $R34v1$ составило 10,3 %, в модели $R34v2$ – 18,0 %. От величины тренда ряда в указанные годы абсолютные величины снижения составляют соответственно 17,9 % и 31,2 %. В 2029 году снижение в модели $R34v1$ составило 3,0 %, в модели $R34v2$ – 5,9 %. От величины тренда ряда в указанные годы абсолютные величины снижения составляют соответственно 7,6 % и 15,2 %.

Следовательно, с формальных позиций, откладывание решения об изменении хода моды $M34$ на 3-5 лет привело бы к уменьшению удельной скорости прироста населения Москвы в перспективе до 2032 года.

На следующем этапе работы вновь учтём все колебательные моды, образующие «короткий» ряд (переменная $ST3$), за исключением уже двух мод – $M34$ и $M50$, то есть добавим к рассмотренному ранее сценарию хода событий изменение ситуации с технологическим укладом в целом, а не только состояния ОПК. Результат анализа приведён на рис. 4.

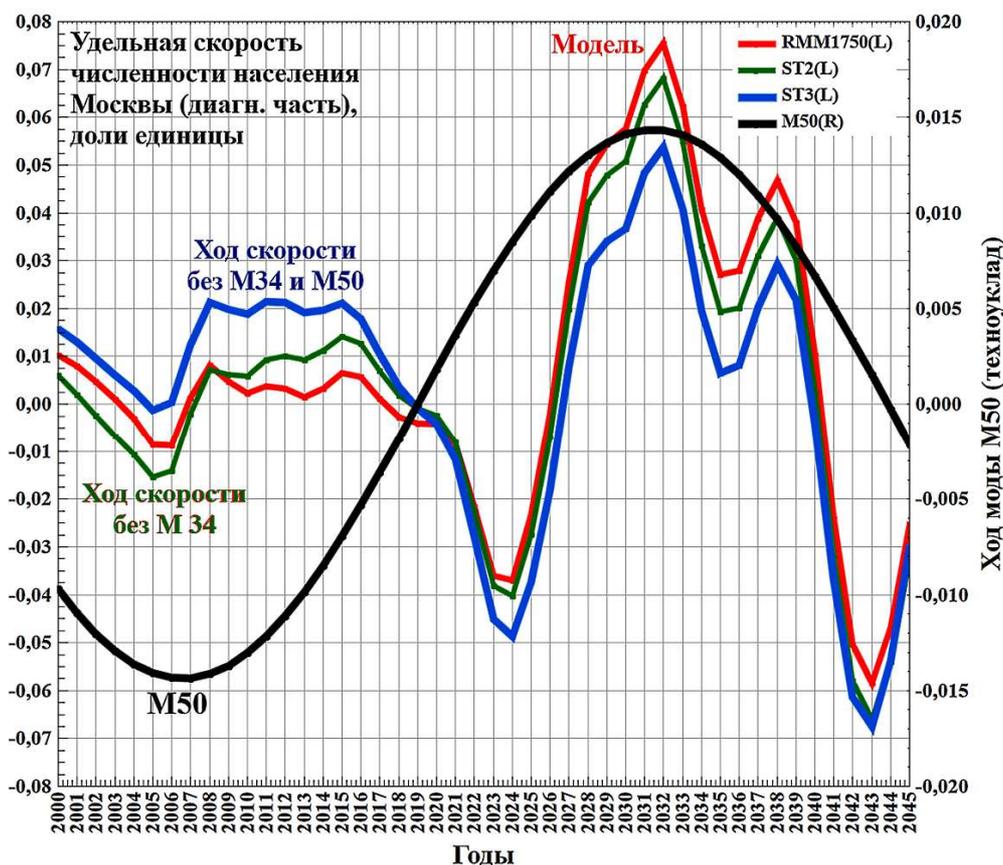


Рис. 4. Анализ вклада суммы мод $M34$ и $M50$ в социально-экономическое развитие государства

В силу более высокой инерционности моды $M50$, по сравнению с $M34$, «отложим» модернизацию техносферы на 10 лет (фактически, рост моды $M50$ стартовал с 2017 года) и на 15 лет (рост моды $M50$ с 2022 года). Рассмотрим влияние подобных решений на ход величины удельной скорости, с учётом ранее

рассмотренных сценариев для M34 (в предположении, что действие факторов не зависит друг от друга, хотя, по сути, это не так). Разрывы некритическим образом «заполняем» значениями минимума 2007 года, то есть, *допускаем флуктуации моды* – «застой» – около данного минимального уровня.

Итак:

$$ST3 = M335 + M84 + M26 + M21 + M17 + M15 + \\ + M13 + M11 + M9 + M7i6 + M4i7 + M20i7;$$

сценарий № 3: $ST3 + M34sdv3 + R50sdv10$;
сценарий № 4: $ST3 + M34sdv5 + R50sdv15$.

Результаты расчётов показаны на рис. 5.

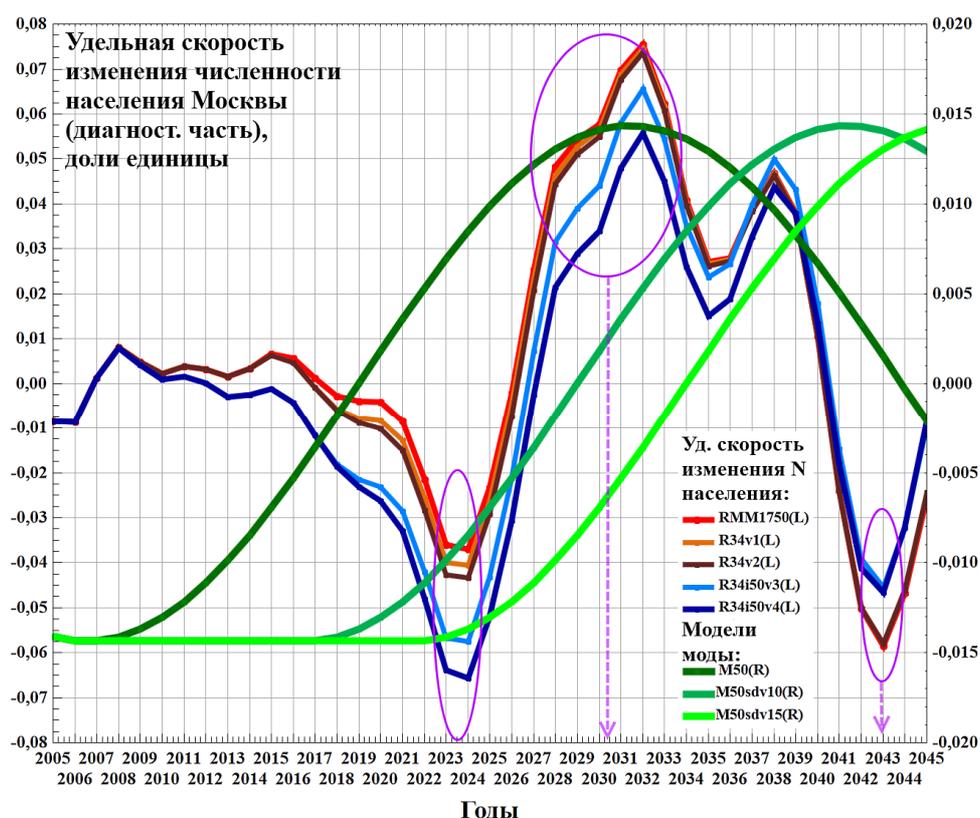


Рис. 5. Анализ сценариев социально-экономического развития государства, учитывающих изменения, сопряжённые с изменением позиционирования мод M34 и M50

В целом, амплитуда моды социально-исторического процесса с увеличением величины главного периода колебания возрастает (спектр исторического процесса выражено низкочастотный, т.е. основная доля энергии изменений сосредоточена в области именно низкочастотных мод – культурных традиций). Поэтому рис. 5 позволяет сделать следующие заключения:

1) реакция общества на изменение хода низкочастотных колебательных мод более выраженная, хотя изменения эти протекают достаточно медленно, и население, как правило, успевает к ним адаптироваться; поэтому и воспринимает сопряжённые с динамикой мод события менее драматично, по сравнению с более быстрыми социальными трансформациями;

2) управлять ходом этих мод практически невозможно или очень ресурсоёмко – требует «долгой воли» элит и чёткого образа будущего; поэтому те или иные их изменения следует анализировать больше в гипотетическом контексте, чем в практическом.

С учётом сказанного и рис. 5, рассмотрим варианты отсроченной модернизации техносферы, что предполагает невыраженный тренд – флуктуации – моды *M50* в районе широкого минимума 2005-2022 годов.

Безусловно, реакция динамики общества на реализацию подобных решений более выражена, по сравнению с реакцией на вариации изменения хода моды *M34* (укажем повторно: в первом приближении мы рассматриваем независимое влияние мод на ход развития общества, что является упрощением реальной ситуации). Речь идёт о снижении удельной скорости прироста населения уже не на проценты, а в несколько раз, по отношению к уровню базовой модели (*RMM1750*).

Вновь о себе заявляет рубеж, или поворотный пункт истории, локализованный в окрестности вероятного максимума 25-го солнечного цикла – в окрестности 2023-2025 годов.

Существенное снижение удельной скорости прироста населения наблюдается в интервале 2028...2039 годов, то есть в фазе допускаемой нами глобальной бифуркации. На этот результат, так или иначе, повлияют другие факторы, учитываемые в работе.

Примечательно, что отсроченный *положительный* эффект от переноса модернизации на 10-15 лет допускается в районе 2043 года, причём в весьма слабой зависимости от того, на сколько лет откладывалась модернизация. Но это – уже настолько отдалённая (и негативная для авторов) перспектива, что истолкование данного результата принципиально зависит от тех черт геополитической и социально-экономической организации мира, которые сложатся и будут нормативно закреплены после прохождения цивилизацией глобальной бифуркации.

Снижение скорости прироста населения на участке 2041...2042 годов выглядит как инвариантная ситуация, не зависящая от рассматриваемых факторов.

В заключении укажем, что в данной публикации изложена только *базовая идея* подхода к решению *проблемы анализа, прогноза и управления ходом социально-экономического развития крупных территориальных систем*, проиллюстрированная двумя примерами. На основании выполненных исследований мы допускаем, что применение этой методологии при решении задач проектирования будущего целесообразно и эффективно, но требует, как дополнительного теоретического и эмпирического обоснования, так и рассмотрения более широкого спектра примеров – сценариев развития, включающих наложение не только негативных, но и позитивных изменений тех или иных факторов развития, представленных своими колебательными модами. Представительный корпус источников, привлекаемых для обоснования заявленной методологии, уже рассмотрен в наших публикациях 2003-2021 годов.

Важно вновь обратить внимание на то обстоятельство, согласно которому участок смещения выступающих инструментом управления развитием мод может

быть представлен не только постоянным по величине уровнем (как в данной работе), но и различными по спектральной картине флуктуациями. Кроме того, после «выполнения» сдвига моды не существует гарантий, что ранее определённая траектория моды сохранится, даже в силу её инерционности, особенно на длительных временных интервалах. Возможное изменение исторической траектории моды также подлежит учёту в ходе подобного анализа (перспективный актуализм).

Исследования должны быть нацелены и на формализацию связей между колебательными модами, которые используются для проектирования будущего, хотя бы в самом простом варианте этих связей, например: $M34 = A \cdot (M50)^K + B$. Тогда, в зависимости от знака и абсолютной величины параметра K , следует рассмотреть линейную связь ($K = 1$, в т.ч. слабую линейную связь при небольшой величине A); нелинейную положительную прямую связь ($K > 1$); нелинейную отрицательную прямую связь ($K < 1$), а также варианты обратных связей между модами. Правда, наше утверждение об отсутствии связей между модами (изложенное в форме гипотезы их достаточной автономности) *не вполне корректно: картину исторически сложившихся связей определяют соотношения начальных фаз*, входящих в модель каждой единичной моды (картина начальных фаз отражает принципиальную организованность, системность мод, формирующих итоговую модель процесса). Именно эту картину мы обсуждали ранее. Вполне возможно, что связность различного рода следует устанавливать именно между величинами начальных фаз. Частным случаем такой связности выступает регулярность в изменении величин начальных фаз, рассматриваемая в зависимости от базового атрибута мод – величины периода их основного колебания, а также от других параметров мод.

Список литературы

1. Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс Й. *За пределами роста: учебное пособие*. – М.: Изд. группа «Прогресс», «Пангея», 1994. – 304 с.
2. *Переходные эпохи в социальном измерении: История и современность/ отв. ред. В.Л. Мальков*. – Ин-т всеобщей истории РАН. – М.: Наука, 2003. – 482 с.
3. Гумилев Л.Н. *География этноса в исторический период*. – Л.: Наука, Л. отд., 1990. – 280 с.
4. Волков А.В. *Принципы изучения биофизических механизмов экологически безопасного развития общества// Безопасность жизнедеятельности*. – М.: Изд-во Новые технологии, 2005. – № 9. – С. 45-50.

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ В ОБЛАСТИ ОБРАЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИИ

ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ СТУДЕНТОВ ПЕРВОГО КУРСА

Г.И. Дубась, У.В. Ларькова

Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет,
г. Пермь

Аннотация. В данной статье представлены исследования свойств нервной системы студентов первокурсников, на основании которых составлен их типологический профиль.

Ключевые слова: свойства нервной системы, интеллектуальная лабильность, типологический профиль

Типологические особенности нервной системы создают неповторимую индивидуальность личности, являясь природной основой темперамента, характера, способностей человека. Комбинация свойств нервной системы лежит в основе этих различий. В зависимости от силы и преобладания процессов возбуждения и торможения в нервной системе, от их динамического чередования осуществляются те или иные реакции организма, обеспечивающие наиболее совершенное приспособление к влиянию окружающей среды.

В последние годы все чаще высказывается мнение о важной роли общих типологических особенностей нервной системы человека в учебной деятельности, которая сопровождается возникновением состояний высокой психической напряженности, эмоционального выгорания и утомления [2]. Учебный процесс сопровождается напряжением памяти, внимания, мышления, которые требуют высокого уровня функционального состояния нервной системы и всего организма.

Задачей нашего исследования было определение свойств нервной системы студентов первого курса и составление их типологического профиля.

В исследовании приняли участие 300 студентов первого курса очной формы обучения, обучающихся по образовательным программам разной направленности.

Для определения свойств нервной системы использовалось несколько методик. Силу нервных процессов определяли с помощью методики устойчивости сенсомоторной реакции на многократное повторение раздражения, которая основана на критерии предела работоспособности при многократном раздражении. Свойство подвижности нервных процессов определялось с помощью методики А.Г. Иванова-Смоленского [4], основанной на выработке дифференцировочного торможения и его переделке. Время и точность реакции являются количественными характеристиками подвижности.

Свойство уравновешенности нервных процессов определялось с помощью методики Н.С. Лейтеса [5]. Для определения скорости нервных реакций использовался теппинг-тест, разработанный Е.П. Ильиным [3], который является одним из методов, позволяющим оценить скоростные характеристики двигательного аппарата, темп и устойчивость моторного действия. Для исследования способности переключения внимания, умения быстро переходить с решения одних задач на выполнение других, не допуская при этом ошибок, использовали методику «Интеллектуальная лабильность» в модификации С.Н. Костроминой [1].

Результаты исследования показали, что свойство силы нервных процессов у всех испытуемых имеет достаточно высокий коэффициент, средний показатель которого составил $0,98 \pm 0,01$. У студентов, обучающихся по образовательным программам естественнонаучных и математических профилей и профилей гуманитарной направленности, средний показатель коэффициента силы практически не отличался и составил $0,99 \pm 0,02$ и $0,98 \pm 0,02$ соответственно. Следовательно, у всех студентов, участвовавших в эксперименте, нервная система способна выдерживать длительное возбуждение, не обнаруживая запредельного торможения, и поддерживает высокую работоспособность.

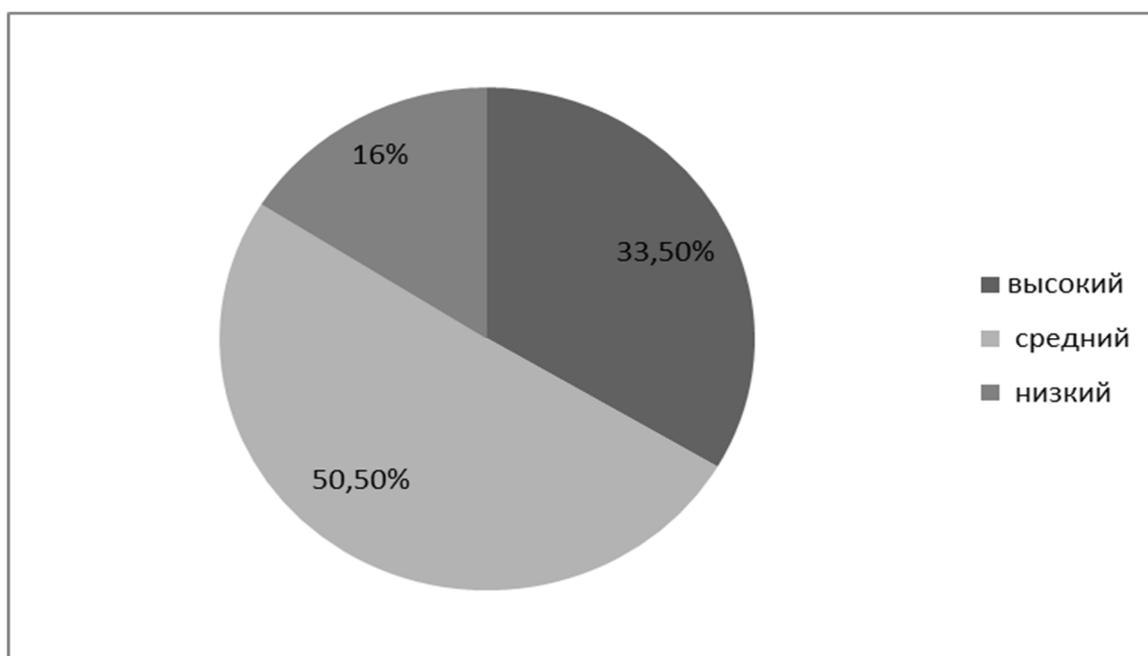
При определении свойства уравновешенности нервной системы нами было установлено, что все студенты обладают уравновешенной нервной системой, поскольку различия между опережающими и запаздывающими реакциями не являются достоверными. Средний показатель выполнения опережающих реакций составил 8,3, запаздывающих – 10, 4.

Средний показатель коэффициента подвижности нервной системы испытуемых составил $0,86 \pm 0,05$, из которых у студентов, обучающихся по образовательным программам естественнонаучных и математических профилей, он равен $0,93 \pm 0,02$, у студентов профилей гуманитарной направленности – $0,89 \pm 0,03$. При ранжировании коэффициента подвижности нервной системы было установлено, что у большинства студентов он является средним.

На сегодня психологи к функциональной подвижности нервной системы присоединяют и интеллектуальную лабильность, которая включает в себя мыслительные процессы, переключение внимания, умение быстро переходить с решения одних задач на выполнение других, не допуская при этом ошибок. Выделяют несколько типов интеллектуальной лабильности: высокая, низкая и средняя. Высокая интеллектуальная лабильность характеризуется хорошей способностью к обучению, а низкая интеллектуальная лабильность свидетельствует о трудностях в обучении.

Как показали наши исследования, у 50,5 % студентов-первокурсников интеллектуальная лабильность находится на среднем уровне, у 33,5 % студентов уровень интеллектуальной лабильности высокий, а у 16 % – низкий (рис.). Если рассматривать уровень интеллектуальной лабильности студентов, обучающихся по образовательным программам естественнонаучной и математической направленности, то он распределился следующим образом: у 37,9 % студентов высокий уровень интеллектуальной лабильности, у 45,4 % уровень средний,

16,7 % имеют низкий уровень интеллектуальной лабильности. Среди студентов, обучающихся по образовательным программам гуманитарной направленности, высокий уровень интеллектуальной лабильности установлен у 29,1 %, средний – у 55,6 %, низкий – у 15,3 %.



Уровень интеллектуальной лабильности у студентов 1 курса

Таким образом, типологический профиль студентов первого курса очной формы обучения Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета характеризуется сильной, уравновешенной нервной системой со средней подвижностью и средним уровнем интеллектуальной лабильности.

Список литературы

1. Ануфриев А.Ф. Как преодолеть трудности в обучении детей / А.Ф. Ануфриев, С.М. Костромина. – М.: Ось-89. – 1997. – 224 с.
2. Вяткин Б.А. Типы нервной системы и темперамента как природные предпосылки формирования стиля учебной деятельности школьника / Б.А. Вяткин, О.С. Самбикина // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия № 1. Психологические и педагогические науки. – 2014. Вып. 1. – С. 81-100
3. Елисеев О.П. Практикум по психологии личности / О.П. Елисеев. – СПб, 2003. – С. 200-202.
4. Иванов-Смоленский А.Г. Об изучении типов высшей нервной деятельности животных и человека / А.Г. Иванов-Смоленский // Журнал высшей нервной деятельности. – 1953. – №3, (1). – С. 36-54.
5. Лейтес Н.С. Возрастные и типологические предпосылки развития способностей. Автореф. дис. д-ра психол. наук / Н.С. Лейтес. – М., 1970. – 31с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАГЛЯДНОГО ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА В ПРЕПОДАВАНИИ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ДИСЦИПЛИН МОРФОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

Н.Н. Петрук, М.В. Гюльмагомедова
Сургутский государственный университет,
г. Сургут

Аннотация. Использование наглядного вспомогательного материала на практических занятиях в медицинских вузах значительно облегчает студентам процесс запоминания и усвоения новой учебной информации. На кафедре морфологии и физиологии МИ СурГУ на практических занятиях по анатомии, клинической анатомии, а также топографической анатомии и оперативной хирургии активно используются различные наглядные материалы в виде плакатов, схем, муляжей и пластинатов органов и т.д.

Анатомия, клиническая анатомия, а также топографическая анатомия и оперативная хирургия являются важнейшими и основополагающими фундаментальными дисциплинами, которые закладывают основу для изучения в последующем клинических дисциплин. В современной системе высшего медицинского образования базовые дисциплины призваны заложить у обучающихся глубокие и полные знания о строении организма человека, а также основы клинического мышления.

Для повышения эффективности обучения на кафедре морфологии и физиологии МИ СурГУ в достаточном количестве представлен иллюстративный материал, используемый на практических занятиях - мультимедийные слайды, плакаты и схемы по теме практических занятий, муляжи органов, сухие препараты (кости скелета), а также пластинаты органов и органокомплексов.

Например, в курсе анатомии при изучении раздела «Остеология» (учение о костях) преподаватель на практическом занятии демонстрирует отдельную кость, детально описывает ее строение с использованием латинской терминологии, указывает основные костные образования, доступные для пальпации, такие как: подвздошная ость и гребень, большой вертел бедренной кости, шиловидные отростки лучевой и локтевой костей, ость лопатки, а также медиальный и латеральный края лопатки, нижний угол лопатки, мечевидный отросток грудины и реберные дуги, остистые отростки позвонков и т.п.

Знание основных костных ориентиров необходимо в практической деятельности врача, например, для определения нумерации позвонков при проведении люмбальной пункции или эпидуральной анестезии; измерения размеров и определения формы большого таза (pelvis major) у беременных женщин; определения типа грудной клетки по величине эпигастрального угла.

Для изучения топографо-анатомических взаимоотношений различных структур тела человека, например, при разборе таких разделов как «Миология» (учение о мышцах или топографических мышечных образованиях) и «Спланхнология» (учение о внутренних органах) на кафедре используются

препараты, изготовленные с использованием метода полимерного бальзамирования – пластинаты отдельных органов (таких как легких, сердца, желудка, печени), органокомплексов (органы грудной и брюшной полости, органы малого таза).

Изучение органокомплекса брюшной полости помогает в понимании разбора такой темы, как: «Брюшина, производные брюшины», так как на данном препарате представляется возможным продемонстрировать строение большого и малого сальника и их составных элементов.

Также используются пластинаты различных топографических мышечных образований - подкрыльцовой полости, борозд плеча и предплечья, локтевой ямки, бедренного треугольника, подколенной ямки и т.п., на которых преподаватель может показать не только мышцы, ограничивающие данные образования, но и сосудисто– нервные пучки, проходящие в них.

Использование пластинок позволяет одновременно продемонстрировать форму органа, его макроскопическое строение, анатомио – топографические взаимоотношения с другими органами, а также сосудисто– нервные образования определенной области.

Данные препараты являются высоко демонстративными учебными пособиями, которые существенно облегчают не только объяснение нового материала в доступной форме, но и усвоение и запоминание студентами полученной информации.

Также, в преподавании морфологических дисциплин является актуальным использование данных инструментальных методов обследования человека, таких как ультразвуковые исследования органов брюшной полости и забрюшинного пространства, органов малого таза – при изучении раздела «Спланхнология»; использование результатов рентгенографии костных структур и суставов – при изучении «Остеологии и артрросиндесмологии», а также результатов компьютерной томографии, эндоскопии и пр. при изучении соответствующих тем.

Традиционные средства обучения, используемые в преподавании морфологических дисциплин, в настоящее время все чаще дополняются средствами современных компьютерных технологий. Так, с 2017 года на кафедре используется Anatomage Table - Интерактивный анатомический стол «Пирогов», позволяющий изучать 3D-модель человеческого тела в натуральную величину. В ходе объяснения нового материала преподаватель может моделировать анатомические срезы, что позволяет изучить не только внешнее строение органа, но и внутриорганное строение, а также послойное строение тела человека на разных уровнях.

Таким образом, активное использование разнообразного наглядного материала в курсе морфологических дисциплин способствует формированию объёмного, пространственного представления у студентов о строении изучаемого органа, его топографо – анатомических взаимоотношениях с другими структурами, а также в практической врачебной деятельности позволит верно анализировать и интерпретировать данные инструментальных методов обследования пациентов.

**К ВОПРОСУ ОБ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ АСПЕКТАХ
ПРЕПОДАВАНИЯ ТЕМЫ:
«ТОПОГРАФИЯ СЛАБЫХ МЕСТ БРЮШНОЙ СТЕНКИ ЖИВОТА.
СТРОЕНИЕ ПАХОВОГО КАНАЛА. МЕХАНИЗМЫ УЩЕМЛЕНИЯ
ГРЫЖ, ИХ РАЗНОВИДНОСТИ. ПУПОЧНЫЕ ГРЫЖИ. НАТЯЖНЫЕ
И НЕНАТЯЖНЫЕ ГЕРНИОПЛАСТИКИ. КОСЫЕ И ПРЯМЫЕ
ПАХОВЫЕ ГРЫЖИ» В КУРСЕ КЛИНИЧЕСКОЙ АНАТОМИИ**

Н.Н. Петрук, М.В. Гюльмагомедова
Сургутский государственный университет,
г. Сургут

Аннотация. В статье рассматриваются учебно-методические аспекты преподавания темы «Топография слабых мест брюшной стенки живота. Строение пахового канала. Механизмы ущемления грыж, их разновидности. Пупочные грыжи. Натяжные и ненатяжные герниопластики. Косые и прямые паховые грыжи» в курсе клинической анатомии у студентов по специальностям: «Лечебное дело» и «Педиатрия». Данная тема является достаточно значимой, так как паховые грыжи являются одним из наиболее часто встречаемых заболеваний хирургического профиля.

При разборе раздела «Клиническая анатомия органов брюшной полости» календарно-тематическим планом предусмотрено изучение темы: «Топография слабых мест брюшной стенки живота. Строение пахового канала. Механизмы ущемления грыж, их разновидности. Пупочные грыжи. Натяжные и ненатяжные герниопластики. Косые и прямые паховые грыжи». Актуальность данной темы определяется значимостью возникновения осложнений грыж передней стенки живота, таких как ущемление содержимого грыжевого мешка (петель тонкого кишечника, большого сальника, мочевого пузыря и др. органов). Данная тема является актуальной, так как паховые грыжи являются одним из наиболее часто встречаемых заболеваний в хирургии.

Особый акцент на практическом занятии придаётся послойному строению передней стенки живота: изучается строение кожи, подкожной жировой клетчатки, фасций, апоневрозов и мышц данной области. При разборе темы обсуждается роль венозной системы передней брюшной стенки в формировании коллатерального кровообращения при застойных явлениях в системах воротной и нижней полой вен, отмечается значение иннервации передней брюшной стенки для обоснования выбора оперативных доступов в данной области.

Также подробно разбирается понятие о «слабых местах» брюшной стенки и их топографии. Слабые места брюшной стенки живота – это щелевидные промежутки или пространства, а также участки с истончённым мышечным слоем, через которые проходят сосудисто-нервные образования.

К слабым местам передней брюшной стенки относят: 1) отверстия и щели в белой линии живота выше пупка; 2) паховый канал; 3) пупочное кольцо;

- 4) заднюю стенку влагалища прямой мышцы живота ниже дугообразной линии;
- 5) ямки передней стенки живота (надпузырные, медиальные и латеральные паховые).

На практическом занятии подробно изучается строение белой линии живота *Linea alba* (её длина, толщина, ширина). Так, важнейшее значение имеет знание толщины белой линии живота – выше пупка она составляет – 1-2 мм, ниже пупка – 3-4 мм. Грыжи белой линии значительно чаще возникают выше пупка, где белая линия тонкая и широкая. Ниже пупка белая линия живота узкая и толстая, поэтому на этом уровне она подвержена меньшему растяжению. Белая линия живота широко используется для создания оперативных разрезов при вскрытии брюшной полости (например, при проведении различных типов продольных лапаротомий).

Важнейшее значение при разборе темы придаётся анатомическому строению пахового канала – строению его стенок, поверхностного и глубокого колец, а также содержимому пахового канала у мужчин и у женщин.

Также немаловажное значение имеет понятие о паховом промежутке, о вариантах его строения, так как эти знания играют роль в понимании формирования паховых грыж.

Формы пахового промежутка различаются вариабельностью строения, что необходимо учитывать хирургам в своей практической деятельности. Так, например, при треугольной форме пахового промежутка чаще наблюдается развитие паховых грыж.

При разборе строения пупочной области обращает на себя внимание разница в строении верхней и нижней полуокружности пупка. Верхняя полуокружность пупка является более слабой, поэтому чаще пупочные грыжи формируются и выходят через данное слабое место передней стенки живота. Преподаватель освещает понятие грыжи, рассказывает о составных элементах любой грыжи и даёт классификацию наружных грыж живота. Грыжа может образоваться в паховой области (паховый канал), в белой линии живота (щели в апоневрозе), в пупочном кольце, в послеоперационных рубцах. Также преподавателем даётся понятие о факторах грыжеобразования (предрасполагающие и производящие факторы), указываются предпосылки к формированию грыж.

Отдельное внимание уделяется особенностям строения слабых мест передней брюшной стенки живота в детском возрасте, а также строению пахового канала у детей (начиная от периода новорожденности), анатомическим особенностям строения области пупка у детей в раннем детском возрасте (данные знания необходимы для изучения студентами по специальности: «Педиатрия»). Так, например, у детей паховый канал короткий и широкий, в длину может составлять от 10 до 15 мм. При этом паховый канал у детей имеет прямое направление, а заднюю стенку пахового канала у маленьких детей, как правило, составляет одна внутрибрюшная фасция. Указанные особенности детского возраста необходимо учитывать при проведении пластики грыжевых ворот при оперировании прямых и косых паховых грыж.

Таким образом, изучение данной темы необходимо для понимания процесса грыжеобразования, для понимания механизмов формирования косых и прямых паховых грыж, скользящих грыж живота, врожденных паховых грыж, а также грыж белой линии живота и пупочных грыж.

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УТИЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ КИСЛОТ ПРОИЗВОДСТВА НИТРАТОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Р.Ф. Сабиров
ООО «Газпром трансгаз Казань»,
г. Казань

***Аннотация.** Предложен инновационный способ получения смешанных удобрений с использованием крупнотоннажных отходов минеральных кислот производства нитратов целлюлозы. Впервые изучено разложение фосфатного сырья отработанной смесью азотной и серной кислот, формирующейся на производствах нитроцеллюлозы с получением ценного комплексного удобрения, содержащего нитрат кальция, монокальцийфосфат и сульфат кальция в определённом массовом соотношении компонентов. Его ценность обусловлена тем, что оно востребовано аграрным сектором экономики.*

Действующие производства нитратов целлюлозы не могут быть отнесены к экологически чистым, прежде всего, из-за образования больших объёмов трудно утилизируемых смесей кислот [1]. К этому следует добавить, что ныне известные способы в большинстве своём являются высокочрезвычайно затратными. Предложенный технологический подход решает данную проблему. Наряду со способом переработки вторичного сырья, предложено и аппаратное оформление процесса. Подробно исследованы процессы разложения фосфатного сырья [2,3], конкретизированы оптимальные режимы его осуществления.

В качестве инструментального метода исследования использован метод ионной хроматографии. Это позволило с высокой надёжностью определить массовую долю анионов в получаемом удобрении, оценить с применением дополнительных анализов содержание нежелательных веществ, например, плавиковой кислоты. Подобный подход является оригинальным и может быть рекомендован к широкому исследованию состава комплексных удобрений.

Выполнено описание аппаратов промышленного получения фосфорсодержащего удобрения с применением вторичного кислотного сырья, приведены материальный и энергетический балансы производства удобрения, рассмотрены вопросы защиты воздушного бассейна от вредных выбросов. Разработано технико-экономическое обоснование технологии утилизации отработанной смеси кислот с получением востребованного сельским хозяйством продукта.

Полученное фосфорсодержащее удобрение по своим свойствам наиболее близко к простому суперфосфату [4]. Технические условия простого суперфосфата регламентируется документом ТУ 2182–003–56937109–2002 [5], согласно которому регламентируется предельно допустимая концентрация металлов и токсических соединений. Сравнение массовой доли тяжёлых металлов и токсических соединений в образце фосфорсодержащего удобрения и в простом суперфосфате по ТУ 2182–003–56937109–2002 представлено в таблице.

Сравнительные данные массовой доли тяжёлых металлов и токсических соединений образца фосфорсодержащего удобрения и требования согласно ТУ 2182–003–56937109–2002 для простого суперфосфата

Наименование показателей	Показатель согласно ТУ 2182–003–56937109–2002, %	Содержание в образце фосфорсодержащего удобрения, %
свинец (pb)	0,002	0,000085
кадмий (cd)	0,0001	0,000012
ртуть (hg)	0,00002	0,0000024
мышьяк (as)	0,0004	0,0004
никель (ni)	0,002	0,0004
стронций (sr)	0,5	0,23
хром (cr)	0,003	0,0005

Анализируя полученные результаты, показано, что массовая доля тяжёлых металлов и токсических соединений образца фосфорсодержащего удобрения соответствует требованиям ТУ 2182–003–56937109–2002. Удобрение не является токсичным. На этой основе получено подтверждение возможности применения удобрения для введения его в почву.

Исследования вносят весомый вклад в теорию и практику переработки вторичного сырья с промышленных установок нитрования целлюлозы смесями серной и азотной кислот. Показана перспективность разработанного способа и устройства для его осуществления при переработке фосфатного сырья в комбинированные удобрения.

Список литературы

1. Гиндич В.И. Производство нитратов целлюлозы. Технология и оборудование / В.И. Гиндич, Л.В. Забелин, Г.Н. Марченко. – М.: ЦНИИИТИ, 1984. – 360 с.

2. Почиталкина И.А. Физико-химические и технологические основы комплексной переработки бедного и техногенного фосфатного сырья на минеральные удобрения: дис. ... докт. тех. наук: 05.17.01 / Почиталкина Ирина Александровна. – Казань, 2020. – 302 с.

3. Сабиров Р.Ф. Механизм процесса разложения апатита фосфорной кислотой / Р.Ф. Сабиров, А.Ф. Махоткин, Ю.Н. Сахаров, И.А. Махоткин,

И.Ю. Сахаров // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий.– 2019. –№1.– С. 294–297.

4. Позин М.Е. Технология минеральных удобрений / М.Е. Позин. – Ленинград: Химия, 1989. – 352 с.

5. Сабиров Р.Ф. Технология утилизации кислот в фосфорсодержащие удобрения: дис. ... канд. тех. наук: 05.17.01 / Сабиров Рауф Фидаилевич. – Казань, 2020. – 175 с.

СОДЕРЖАНИЕ

РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Остах С.В., Мешалкин В.П., Деньгаев А.В., Бутенко Е.В., Калпин В.М. Технология утилизации донных отложений резервуаров хранения нефти и нефтепродуктов с получением грунта-рекультиванта	3
Меньшова И.И., Заболотная Е. Углеродный волокнистый сорбент в процессах очистки водорастворимых стоков	11
Меньшова И.И., Заболотная Е. Минеральный сорбент в очистке сточных вод, содержащих органические соединения	15
Мирошкина А.А. Влияние морфологии алюмосиликатных наполнителей на механические характеристики эпоксидных смол	19
Былеев А.С. Способы снижения газовых выбросов при выращивании кроликов в технологическом модуле	21
Нечаева А.В., Остах С.В. Современные подходы к получению отечественных биопрепаратов-нефтедеструкторов, предназначенных для обезвреживания загрязненных почв и нефтесодержащих отходов	24
Варданын М.А. Применение технологии биоактивации микроорганизмов для очистки нефтезагрязненного грунта	41
Тусупов Т.Е. Информационно-аналитическая модель динамики подземных скоплений углеводородов	45
Педяш М.Е. Перспективная технология утилизации буровых шламов в геокомпозитный материал	51
Гульчук Д.П., Соловей В.Н. Получение формованных блочных изделий на основе пыли активного угля АГ-3 и полимерных связующих и исследование их свойств	56
Логунов Д.А. Методы измерения пыли	58
Шарендо Н.С., Маслова А.А. Защита от тепловых излучений. Расчет теплозащитных экранов	62

ТЕХНОЛОГИИ ЗДОРОВЬЯ.

ВЛИЯНИЕ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Карапетян Т.А., Доршакова Н.В., Никифорова Н.А. Комплексная оценка экологической ситуации в регионе Европейского севера России в контексте возможного влияния на микроэлементный гомеостаз человека	65
Пушилина Ю.Н., Королёва В.М. Оценка состояния современных детских площадок. факторы при их проектировании: экологичность, эргономичность, инклюзивность	72

Логунов Д.А., Архипов А.В., Гришакова О.В. Правила установки постов мониторинга	76
Маслова А.А., Четырешников Ф.И. Проблема негативного влияния гальванического производства на работника	79

ВОПРОСЫ РАДИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Ярусова С.Б., Нехлюдова Е.А., Деркаченко П.П., Гордиенко П.С., Шичалин О.О., Шлык Д.Х. Синтез и исследование сорбционных свойств алюмосиликатов натрия	83
--	----

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОЛОГИИ

Остах С.В. Методика организации цифровизированного экологического зонирования нарушенных и нефтезагрязненных территорий	86
Басарыгина Е.М., Акулич О.Е., Пахомова Н.А. Информационные технологии в агроэкологии	92
Волков А.В. Методология анализа эколого-политических ситуаций природопользования	94
Волков А.В. Принцип формирования инструментов управления развитием на базе закономерностей организации единичных колебательных мод моделей истории	104

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ В ОБЛАСТИ ОБРАЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИИ

Дубась Г.И., Ларькова У.В. Типологические особенности нервной системы студентов первого курса	114
Петрук Н.Н., Гюльмагомедова М.В. Использование наглядного вспомогательного материала в преподавании фундаментальных дисциплин морфологического профиля	117
Петрук Н.Н., Гюльмагомедова М.В. К вопросу об учебно-методических аспектах преподавания темы: «Топография слабых мест брюшной стенки живота. Строение пахового канала. Механизмы ущемления грыж, их разновидности. Пупочные грыжи. Натяжные и ненатяжные герниопластики. Косые и прямые паховые грыжи» в курсе клинической анатомии	119
Сабилов Р.Ф. Инновационная технология утилизации отработанных кислот производства нитратов целлюлозы	121