

Нефтяная столица

Сборник материалов Девятого международного молодежного научно-практического форума

г. Ханты-Мансийск, 8–9 апреля 2026 года

9th International Youth Applied Research Forum

«Oil Capital»

Khanty-Mansiysk, April 8-9 2026

2026



Нефтяная столица

Сборник материалов Девятого международного молодежного научно-практического форума

г. Ханты-Мансийск, 8–9 апреля 2026 года

Электронное текстовое издание

9th International Youth Applied Research Forum **«Oil Capital»**

Khanty-Mansiysk, April 8-9 2026

Санкт-Петербург
Наукоемкие технологии
2026

© Коллектив авторов, 2026

ISBN 978-5-00271-160-4

УДК 665.6/.7(082)
ББК 35.514я43
Н58

Редколлегия:

Дмитрий Викторович Демин, отдел резистентологии, Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Большие Вязёмы;

Владимир Сергеевич Вербицкий, к.т.н., доцент кафедры разработки и эксплуатации нефтяных месторождений, Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) им. И.М. Губкина, Москва;

Антон Павлович Сальников, кафедра сооружения и ремонта газонефтепроводов и хранилищ, факультет проектирования, сооружения и эксплуатации систем трубопроводного транспорта, Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) им. И.М. Губкина, Москва;

Владислав Александрович Балашов, Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук

Н58 Нефтяная столица [Электронный ресурс]: сборник материалов Девятого международного молодежного научно-практического форума; г. Ханты-Мансийск, 8–9 апреля 2026 года. – СПб.: Наукоемкие технологии, 2026. – 398 с.: ил. – URL: https://publishing.intelgr.com/archive/Neftyanaya-stolitsa-2026.pdf.

ISBN 978-5-00271-160-4

Сборник составлен на основе материалов докладов участников Девятого международного молодежного научно-практического форума «Нефтяная столица». Заседания конференции посвящены обсуждению наиболее актуальных вопросов новой модели «умной экономики», основанной на инновационной трансформации нефтегазодобывающей отрасли, формирование благоприятной окружающей среды, создание условий становления автономного округа технологическим плацдармом России в освоении Севера и Арктики.

Издание адресовано научным работникам, аспирантам, студентам и специалистам в области нефтехимии, геологии, инженерии, экологии.

УДК 665.6/.7(082)
ББК 35.514я43

ISBN 978-5-00271-160-4 © Коллектив авторов, 2026

Научное издание

Нефтяная столица

Сборник материалов Девятого международного молодежного научно-практического форума

г. Ханты-Мансийск, 8–9 апреля 2026 года

Электронное текстовое издание

Предназначено для просмотра средствами Adobe Reader 8.12 и старше, Brava reader 3.0 и старше, eXPert Reader 2.0 и старше и т.п.

Подписано к использованию 21.07.2026.
Объем издания – 14,6 Мб.

Издательство «Наукоемкие технологии»
ООО «Корпорация «Интел Групп»
https://publishing.intelgr.com
E-mail: publishing@intelgr.com
Тел.: +7 (812) 945-50-63
Интернет-магазин издательства
https://shop.intelgr.com/

ISBN 978-5-00271-160-4



ОРГАНИЗАТОР:

- Правительство Ханты-Мансийского автономного округа – Югры

СООРГАНИЗАТОРЫ:

- Совет молодых ученых Российской академии наук
- Российский национальный комитет Мирового нефтяного совета
- ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»
- БУ ВО ХМАО – Югры «Сургутский государственный университет»
- Союз «Торгово-промышленная палата Ханты-Мансийского автономного округа – Югры»
- АНО «Интеллектуальный клуб»

ПАРТНЕРЫ:

ПАО «Газпром нефть»

ПАО «НК «ЛУКОЙЛ»

АО «ННК – Нижневартовское нефтегазодобывающее предприятие»

ПАО «Сургутнефтегаз»



ПАО «НК «Роснефть»



ПАО «НК «Русснефть»



«Салым Петролеум
Девелопмент Н.В.»



ООО «СИБУР»

Секция 1: «Современные технологические решения в нефтегазовой отрасли»

Создание новых технологий прогноза месторождений полезных ископаемых, сейсмо и электроразведки для их поиска и разведки, а также инновационных технологий разработки месторождений нефти, газа, стратегических металлов, алмазов и т.д.; утилизация попутного нефтяного газа в районах нефтедобычи; разработка ресурсосберегающих газогидратных технологий хранения и утилизации природных газов в условиях холодного климата Арктики; освоение морских месторождений, технологии поиска, разведки, разработки месторождений полезных ископаемых, их добычи и транспортировки; технологии эффективного производства и преобразования энергии на органическом топливе; технологические решения для нефтегазовой промышленности, переработка природного газа; фундаментальные научные исследования в нефтегазовой отрасли, исследование пластовых систем месторождений нефти и газа; перспективы работы на арктическом шельфе, особенности нефтегазопромысла в Арктике.

Секция 2: «Промышленное развитие: от идеи до технологии»

Разработка новых типов транспортных средств для обеспечения и совершенствования транспортного обслуживания, робототехнических и автоматизированных систем, использование электротранспорта на основе новых типов источников энергии для горнодобывающих предприятий в Арктике; разработка ветроэнергетических установок новых типов и назначения в северном исполнении, учитывающих ветроэнергетический потенциал арктической зоны России, в том числе для обеспечения Северного морского пути; разработка новых средств автономного энергоснабжения на основе атомных станций малой мощности, предназначенных для работы в условиях Арктики, новых топливных элементов и материалов для них, литий-ионных аккумуляторов высокой ёмкости, радиоизотопных источников энергии. Разработка новой технологии получения хладостойкой стали, коррозионно-стойкой в морской воде, фундаментальных основ ионно-плазменных технологий создания новых морозостойких покрытий на хладостойких сталях и сплавах, создание защитных покрытий на основе ниобия и карбида ниобия на узлах и механизмах для перекачки нефти и агрессивных жидкостей, изготовленных из сталей различных марок; разработка инновационной технологи специальной марки титанооксидного наполнителя, выделенной из отходов обогащения хибинских руд для его применения при получении термостабилизирующих и радиационностойких покрытий и изолирующих материалов; решение проблемы создания новых сплавов на основе ниобия и молибдена с повышенной низкотемпературной пластичностью; разработка технологических приёмов прямого микролегирования стали бором для организации производства сталей арктического применения; разработка новых технологий создания аэрогелей на основе перспективных теплоизолирующих материалов для новых образцов техники, строительных конструкций и спецодежды, предназначенных для арктических условий, а также молекулярных и полимерных компонентов, предназначенных для создания новых морозостойких композитов, малая энергетика для повышения качества жизни коренных малочисленных народов Севера; технологии для различных видов транспорта; технологии в агропромышленном комплексе, технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения; технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера; технологии новых и возобновляемых источников энергии, технологии энергосбережения; технология переработки кварцевого песка, глины, торфа и иных местных материалов; технология водоподготовки; новые технологии сортировки и переработки бытовых и промышленных отходов.

Секция 3: «Экология. Зеленые технологии»

Теоретическая экология.

Темы обсуждения: Проблемы по разработке концептуальных подходов к управлению эволюцией природных и антропогенных экосистем с учетом задачи сохранения их средообразующих функций и законов их изменчивости в пространстве и во времени под влиянием естественных и антропогенных факторов. Моделирование структуры и функций экосистем, управления биопродукционными процессами. Оценка современного состояния и прогноз изменения экосистем в результате возможных изменений климата и антропогенных воздействий. Влияния глобальных климатических изменений и хозяйственной деятельности человека на состояние почв и поверхностных вод суши; оценка экологической роли почв и почвенного покрова в эмиссии и стоке парниковых газов; изучение экологической роли почв в формировании и сохранении планетарного биологического разнообразия.

Прикладная экология.

Темы обсуждения: Разработка технологий в области восстановления экосистем, рекультивации техногенно-нарушенных территорий, переработке техногенных образований и отходов. Разработка и внедрение «зеленых», энергоэффективных, ресурсосберегающих технологий в мегаполисах. Экологические проблемы сельского хозяйства и пути их решения. Оценка опасности и риска природных и природно-техногенных процессов, современные методы исследования природных процессов и решения прикладных задач, связанных с применением новых фундаментальных знаний о формировании изменений и изменчивости элементов окружающей природной среды. Разработка экологоцентрической концепции природопользования.

Экологическое право, экологическая этика, экологическая мораль.

Темы обсуждения: Правовые основы обеспечения предотвращения вреда окружающей среде, рационального использования природных ресурсов, охраны жизни и здоровья человека, защиты экологического равновесия, свободного доступа к экологической информации и др. Общие вопросы экологической этики и морали.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ»..... 17

ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНАЯ ИНВЕРТНАЯ ЭМУЛЬСИЯ - НАДЕЖНЫЙ БАРЬЕР ПРИ ГЛУШЕНИИ СКВАЖИН В УСЛОВИЯХ АНПД

Абсалямова П.Е., Романов В.М., Жорже Виейра А.В. 18

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАСТОВЫХ ВОД И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КОНДИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Айдемирова А.Е., Хайруллин А.А. 21

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ ВИНТОВЫМ ЗАБОЙНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ В РЕЖИМЕ ВРАЩЕНИЯ-СЛАЙДИРОВАНИЯ БУРИЛЬНОЙ КОЛОННЫ

Али Яя Шиди 26

ВОДОГАЗОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ (ВГВ) НА МЕСТОРОЖДЕНИИ КИЗОМБА (АНГОЛА)

Альберту А. Д.В. 28

ПОЛУЧЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ИЗ ПАРАФИНОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЦАГААН-ЭЛС КАК НАПРАВЛЕНИЕ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СЫРЬЯ МОНГОЛИИ

Амгаланбаатар М. 34

НЕФТЬ И ГАЗ В АНГОЛЕ. "НЕФТЕГАЗОВАЯ ИНДУСТРИЯ В АНГОЛЕ: ЗНАЧЕНИЕ, ВЫЗОВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ"

Антониу Рибейру Алешандре 36

ПРИМЕНЕНИЕ УСТАНОВКИ МОБИЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ НЕФТИ В РАМКАХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Астафьева К.И. 41

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБВЯЗКИ КОМПРЕССОРА

Ахмеров Р.Ф. 49

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ ПРОМЫСЛОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ САМОТЛОРА

Буркин Я.А. 53

ВЫБОР СХЕМЫ И РАСЧЕТ УСТАНОВКИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ДАВЛЕНИЙ В НЕФТЯНЫХ ДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИНАХ

Дитирва Н.Д. 56

ПРИМЕНЕНИЕ БЕЗУЛЕКСИТНЫХ СШИВАТЕЛЕЙ ПРИ ГИДРАВЛИЧЕСКОМ РАЗРЫВЕ ПЛАСТА

Дударева А.И. 60

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ АСФАЛЬТЕНОВ В ПРОЦЕССЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДЕАСФАЛЬТИЗАТА ГУДРОНА С ФТАЛЕВЫМ АНГИДРИДОМ

Жумукова В.К., Белоус Д.Е. 65

ОПТИМАЛЬНОЕ ЗАБОЙНОЕ ДАВЛЕНИЕ. МАТЕМАТИЧЕСКИЙ МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ
Завадская В.М. 67
КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД ДЛЯ РАСЧЁТА ОБЪЁМОВ СКРЕБКОВОЙ ПРОВОЛОКИ ДЛЯ ДЕПАРАФИНИЗАЦИИ СКВАЖИН
Заморин К.Д. 72
МЕТОД ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ УСТАНОВОК ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В ПЕРИОДИЧЕСКИХ РЕЖИМАХ
Иванов В.А., Вербицкий В.С., Хабибуллин Р.А. 74
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЫНОСА МЕХАНИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ ИЗ СЛАБОСЦЕМЕНТИРОВАННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В УСЛОВИЯХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО РЕЖИМА ДЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ
Иванькова А.А., Тананыхин Д.С. 77
СИНТЕЗ БЕНЗОЙНЫХ И ФЕНИЛАЦЕТАТНЫХ ДИЭФИРОВ НА ОСНОВЕ БИЦИКЛИЧЕСКИХ МОНОЭФИРОВ
Кадырлы В.С., Расулова Р.А., Махмудова Э.Г., Ибрагимова М.Д., Мамедова Х.М., Сафарова И.Р. 80
АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ СКВАЖИН, ОБОРУДОВАННЫХ ЭПУ, В ЗИМНИЙ ПЕРИОД
Керимов М.А. 82
ОПТИМИЗАЦИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ДИВЕРСИФИКАЦИЯ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ РАЗРАБОТКИ
Киосе П.С. 87
ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ СБОРА И ПОДГОТОВКИ СКВАЖИННОЙ ПРОДУКЦИИ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ «ЛАНГЕПАСНЕФТЕГАЗ»
Кожаров М.М. 89
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АКРИЛОНИТРИЛА ДЛЯ ОЧИСТКИ НЕФТИ ОТ КОРРОЗИОННОАКТИВНЫХ ЛЕГКИХ МЕРКАПТАНОВ И СВОБОДНОГО СЕРОВОДОРОДА
Кореньков Б.Д., Транковский А.Б., Косырев А.Г. 90
ВЫДЕЛЕНИЕ ЗАСОЛОНЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ В КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ
Котельников В.В. 92
ЛИКВИДАЦИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ГРАФЕНОВОГО АЭРОГЕЛЯ
Логинова Е.В. 97
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТИТАНОВЫХ ИГЛ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СКВАЖИН
Масленников Д.А. 103
СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТА ПУТЕМ ЗАКАЧКИ ПОЛИМЕРА И АЗОТА: ПРИМЕР БАССЕЙНА ДОБА (ЧАД)
Махамат М.А. 106

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЕФЕКТОВ КОРРОЗИОННОГО РАСТРЕСКИВАНИЯ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ НИЖЕ ПОРОГА ОБНАРУЖЕНИЯ
ПОЛУЧЕНИЕ ТРИ- И ТЕТРАЦИКЛИЧЕСКИХ АКРИЛОВЫХ МОНОМЕРОВ
Махмудова Э. Г. 110
МИКРОКАПСУЛИРОВАНИЕ КАК СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БЕЗБРИГАДНОГО ПОДХОДА ОПЗ
Морозова Е.И. 113
ОПТИМИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИННОГО ФОНДА В УСЛОВИЯХ КОРРОЗИОННО-АКТИВНОЙ СРЕДЫ
Пальок Н.П. 116
ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ЮЖНЫХ РАЙОНОВ АФГАНО-ТАДЖИКСКОЙ ВПАДИНЫ
Рахимов Ф.А. 118
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НЕГЕРМЕТИЧНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КОЛОНН СКВАЖИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА И МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
Руссу Д.В. 121
ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЗАКЛИНКИ ПРИ ОТБОРЕ КЕРНА ИЗ ПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРО-ТРАССОВОЙ ПЛОЩАДИ
Савельев Я.В. 124
ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ В ИСПОЛЬЗОВАНИИ МОДЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ РАСЧЕТНОЙ ПРОРАБОТКИ ОБЪЕКТОВ ДОБЫЧИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ НЕФТИ
Станкевич С.М. 129
КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ ПЛАСТА Х МЕСТОРОЖДЕНИЙ КРАСНОЛЕНИНСКОГО СВОДА С ЦЕЛЬЮ ПОИСКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБЛАСТЕЙ
Тасаковская М.А. 132
МОДЕЛЬ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ КЕРОГОНОСОДЕРЖАЩИХ ПОРОД
Темников Е.П., Ельников А.В., Сысоев С.М. 137
ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА К ЗАДАЧЕ ПЛАНИРОВАНИЯ ГЕОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ
Трофимович Е.А. 140
УВЕЛИЧЕНИЕ ЗАГРУЗКИ ЭНЕРГОБЛОКОВ НА БАЗЕ ГТД Д-30ЭУ-2 ГТЭС-1А УВСИНГ
Фаник Д.С. 142
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЛИНИСТОСТИ ПРОДУКТИВНОГО ПЛАСТА
Фархутдинова А.И. 147
ОПТИМИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА СОЗДАНИЯ ФАЦИАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ (НА ПРИМЕРЕ СРЕДНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КРАСНОЛЕНИНСКОГО СВОДА)
Черепанов В.В. 149

ПОДБОР СПЕЦИАЛЬНЫХ КОМПЛЕКТАЦИЙ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПОГРУЖНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСЛОЖНЕННОМ ФОНДЕ СКВАЖИН
Чернов А.А. 153
ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ В РАБОТЕ ИНЖЕНЕРА-ТЕХНОЛОГА
Чёрный Г.С. 159
ПЕРСПЕКТИВЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО РАЗБУРИВАНИЯ ПЛОЩАДИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ Х
Шестакова И.В. 170

СЕКЦИЯ 2«ПРОМЫШЛЕННОЕ РАЗВИТИЕ: ОТ ИДЕИ ДО ТЕХНОЛОГИИ» 175

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЛОПАСТНОГО КОНИЧЕСКОГО НАСОСА С ПОМОЩЬЮ МАКРОСОВ UNIFLOC VBA
Алексашов И.И., Шишулин В.А. 176
ИЗУЧЕНИЕ РОЛИ ТЕМПЕРАТУРЫ И КОНЦЕНТРАЦИИ ФТАЛЕВОГО АНГИДРИДА НА АГРЕГАЦИЮ ПРОДУКТА АЦИЛИРОВАНИЯ МАЛЬТЕНОВ
Белоус Д.Е., Жумукова В.К. 178
ОСОБЕННОСТИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТЯЖЕЛОГО НЕФТЯНОГО ОСТАТКА В ПРИСУТСТВИИ ДОБАВОК РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА И МАГНИТНЫХ МИКРОСФЕР ЗОЛ ПЫЛЕВИДНОГО СЖИГАНИЯ БУРОГО УГЛЯ
Бояр С.В., Жумукова В.К., Смирнов Д.А., Козлов Д.Н., Копытов М.А. 180
РАЗВИТИЕ ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МАВРИТАНИИ
Брахим М.А.В. 184
МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ КОКСООБРАЗОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ВИСБРЕКИНГА
Воронин А.Ю., Савеленко В.Д., Ершов М.А. 187
ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРИОБСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
Дроконов А.А. 190
ПРИМЕНЕНИЕ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ ПАО «СУРГУТНЕФТЕГАЗ» ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМПЛЕКСА ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО И МАРКШЕЙДЕРСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРИ ОБУСТРОЙСТВЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА ПАО «СУРГУТНЕФТЕГАЗ», А ТАКЖЕ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ
Жебит П.М. 196
ИЗВЛЕЧЕНИЕ СОЕДИНЕНИЙ МЕТАЛЛОВ ИЗ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЯНЫХ ФРАКЦИЙ
Зайниддинова М.Х. 199
ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ БЛАГОДАРЯ ПРИМЕНЕНИЮ ТЕРМОМАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ
Котов А.Д., Дубинов Ю.С. 205

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ «ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ ФОНД СКВАЖИН – СИСТЕМА СБОРА» НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ РАЗРАБОТКИ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА
Кравцов Д.Е. 207
НЕФТЕГАЗОВЫЕ РЕСУРСЫ АФГАНИСТАНА: ПОТЕНЦИАЛ И ПРОБЛЕМЫ
Кураиши М.И. 212
РАЗВИТИЕ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ
Леонова О.В. 215
ДИАГНОСТИКА ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТИ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ
Логинова Я.В., Порядин П.А., Петрикеев А.Д. 216
ДОБЫЧА НЕФТИ И ГАЗА В БАССЕЙНЕ MSGBC (СЕВЕРО-ЗАПАДНАЯ АФРИКА)
Луиш К.К.Б. 220
ГЕОПОЛИТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ НОВЫХ ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МОЗАМБИКА
Луиш Кайзер Жозе 223
КАТАЛИЗАТОР ГОРЕНИЯ ДЛЯ ОСТАТОЧНОГО СУДОВОГО ТОПЛИВА КАК МЕТОД СОКРАЩЕНИЯ ВЫБРОСОВ ОКСИДОВ АЗОТА
Лысенко А.В., Вихрицкая А.О., Зверева А.Э., Савеленко В.Д., Лобашова М.М., Ершов М.А. 227
ПАРТНЁРСТВА НА МЕЖДУНАРОДНОМ УРОВНЕ И ИНОСТРАННЫЕ ИНВЕСТИЦИИ В МОЗАМБИКЕ В ОБЛАСТИ НЕФТИ И ГАЗА
Маполисса Алина Годфрэй 230
ЭКСПРЕСС-ОБНАРУЖЕНИЕ ХЛОРОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В НЕФТИ С ПОМОЩЬЮ СЕНСОРОВ НА ОСНОВЕ ИМИНОВ АНТРАХИНОНА
Митина М.Ю., Мусаев М.Э., Кудреватых А.А., Клименко Л.С. 237
ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПОЛИМЕРНЫХ СЕНСОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПРИЗНАКОВ ПОРЧИ БЕЛКОВОЙ ПИЩИ В УДАЛЕННЫХ И СЕВЕРНЫХ РЕГИОНАХ
Мусаев М.Э., Митина М.Ю., Кудреватых А.А. 240
ПОТЕНЦИАЛ ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ РЕСУРСОВ ГВИНЕИ-БИСАУ: НАУЧНЫЙ АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
Окика Де Са Н 244
ПРОБЛЕМЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ КОРРОЗИОННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТАХ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА НЕФТЕГАЗОВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ
Фирсов Т.С., Плаксина Е.В., Петрикеева Н.А. 248
ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИСАДОК НА ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАСЕЛ ДЛЯ НАПРАВЛЯЮЩИХ СКОЛЬЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ
Чыонг Н.Ш.Н. 252
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА АНТИКОРРОЗИЙНОЙ ЗАЩИТЫ СИСТЕМЫ СБОРА САМОТЛОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
Шишкин М.С. 255

ДВУХРЯДНАЯ СХЕМА ОДНОВРЕМЕННО-РАЗДЕЛЬНОЙ ЗАКАЧКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ МНОГОПЛАСТОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ
Якупов И.Р. 258

СЕКЦИЯ 3«ЭКОЛОГИЯ. ЗЕЛЕНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ» 267

РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОЛЕТНЕГО МОНИТОРИНГА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПОГЛОЩАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО МЕГАБАССЕЙНА
Абдрашитова Р.Н., Сальникова Ю.И., Лебедева Р.Г. 268
ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ГЕРБИЦИДОВ ДЛЯ БОРЬБЫ С БОРЩЕВИКОМ В УСЛОВИЯХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ
Абубикеров В.А., Мальгин И.В., Москалюк М.В. 271
ПЕРЕРАБОТКА ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД: ПЕРЕХОДУ К ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКЕ
Аладин Д.Ю., Севостьянов С.М., Демин Д.В. 274
ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ ОТ ФИТОФТОРОЗА ПРИ ПОМОЩИ ХИМИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ
Апатов Е. Д., Андреевская В. М., Смирнов А. Н., Лисовой А. М. 277
НЕОБИОНТНЫЕ ВИДЫ ПРЕСНОВОДНЫХ МОЛЛЮСКОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ: ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ, НОВЫЕ НАХОДКИ, ОЦЕНКА РИСКОВ НОВЫХ ВСЕЛЕНИЙ И ПРОГНОЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
Бабушкин Е.С., Винарский М.В., Дунаева Д.В., Овчанкова Н.Б., Пономарев М.П. 280
ЗЕЛЕНЫЙ БРЕНДИНГ: ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ ПРОДУКЦИИ ИЗ БИОСЫРЬЯ В УСЛОВИЯХ КОНКУРЕНЦИИ
Борщева Д.А., Муравьева М.В. 282
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ УГЛЕВОДОРОДАМИ НЕФТИ ПОЧВ
Бочарникова Е.А., Матыченков В.В. 286
РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПЛАНЫ АДАПТАЦИИ К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ: КЛЮЧЕВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ
Веселова Д.Н. 290
ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ГЕРБИЦИДОВ В ПОЧВЕ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ ТОМАТОВ ВЫРАЩЕННЫХ В УСЛОВИЯХ МОДИФИЦИРОВАННОГО ОСВЕЩЕНИЯ
Вятчинов А.А., Тулуб В.А., Коротеев А.В., Кузнецова М.А. 294
КАК РАССКАЗАТЬ О БИОЭКОНОМИКЕ ПРОСТО: СТРАТЕГИИ ПОПУЛЯРИЗАЦИИ СЛОЖНЫХ НАУЧНЫХ КОНЦЕПЦИЙ ДЛЯ МАССОВОЙ АУДИТОРИИ
Гераськина В. М., Муравьева М.В. 298

ИСТОРИЯ И ЭКОЛОГИЯ: ТОЧКИ СОПРИКОСНОВЕНИЯ В КОНТЕКСТЕ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ ОБЩЕСТВА
Гололобов Е.И. 303
АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕНОСТИ И СТУРКТУРЫ МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ДО И ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ ПРЕПАРАТОМ НА ОСНОВЕ ПОЛИКАРБОНОВЫХ КИСЛОТ
Демин Д.В., Севостьянов С.М., Аладин Д.Ю. 306
РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В СЕНЕГАЛЕ: КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ, МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ И СЦЕНАРИИ УСТОЙЧИВОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
Диалло М.Б. 309
ИЗМЕНЕНИЕ ТРАДИЦИОННЫХ ЛАНДШАФТОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДОБЫВАЮЩИХ КОМПАНИЙ НА ПРИМЕРЕ ТОМПОНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)
Егоров С.С. 311
ВЛИЯНИЕ СУБСТРАТОВ НА ОСНОВЕ КОМПОСТА ИЗ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД НА ВЫРАЩИВАНИЕ PETUNIA HYBRIDA В ДЕКОРАТИВНОМ ЦВЕТОВОДСТВЕ
Зуева Ю.В., Глинушкина Е.П., Демин Д.В., Сон Б.К., Севостьянов С.М. 314
ПРИМЕНЕНИЯ НОВОГО ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО БИОСТИМУЛЯТОРА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ УРОЖАЙНОСТИ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЗЕРНА ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ
Картабаева Б.Б., Ульяненко Л.Н., Михалева С.Н., Будынков Н.И., Демин Д.В., Регер Н. С., Рагулин В.С. 315
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОВЕТА ВСЕРОССИЙСКОГО ОБЩЕСТВА ОХРАНЫ ПРИРОДЫ В СИБИРИ В 1960-е – 1970-е ГОДЫ
Колесниченко Д.В. 319
ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МИЦЕЛИЯ ГРИБОВ В КАЧЕСТВЕ СОРБЕНТОВ ДЛЯ НЕФТИ
Коржаев А.А. 321
БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНГИЦИДОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДНА БОРОЗДЫ И КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ ПРИ ПОСАДКЕ
Коротеев А.В., Вятчинов А.А., Кузнецова М.А. 323
ОЦЕНКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОЧВЕННЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА РОСТОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОГУРЦА
Косыгина (Свиридова) Л.Л. 327
МЕДИАСТРАТЕГИЯ ДЛЯ СТАРТАПОВ В СФЕРЕ БИОЭКОНОМИКИ: КАК ПРИВЛЕЧЬ ВНИМАНИЕ ЖУРНАЛИСТОВ И ИНВЕСТОРОВ
Котская О.П., Муравьева М.В. 330
КОРПОРАТИВНАЯ ОТЧЁТНОСТЬ КАК PR-ИНСТРУМЕНТ: ДОСТИЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ В БИОЭКОНОМИКЕ - ЗАМЕНА «ЗЕЛЁНОГО КАМУФЛЯЖА»
Кудашова Д.П., Муравьева М.В., Глинушкин А.П. 335

ПРИМЕНЕНИЕ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ ПОЧВАХ, ВЕГЕТАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
Матыченков В.В., Бочарникова Е.А. 344
СОВЕТСКИЙ ОПЫТ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ: ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Машинцова Д.С. 348
ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ БУРОВЫЕ РАСТВОРЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ СКВАЖИНЫ
Нгуен Ф. С. М. 350
ВОЗДЕЛЫВАНИЕ КОРМОВЫХ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ ЯКУТИИ
Осипова В.В., Платонова А.З., Дондоков Ю.Ж., Матвеев И.Н., Устинова В.В. 355
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕСНОВОДНЫХ МОЛЛЮСКОВ В БАССЕЙНЕ МАЛОЙ РЕКИ СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ В ГРАДИЕНТАХ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ
Пономарев М.П., Бабушкин Е.С., Винарский М.В., Дунаева Д.В. 360
БОЛОТНЫЙ МЕТАН: ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА И КЛИМАТИЧЕСКАЯ ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ
Рыжникова Е. А., Батраков П. А., Батракова А. А. 363
РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД
Савостина А.М. 369
ВЛИЯНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА НЕКОТОРЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ПРИЛЕГАЮЩИХ ЛЕСНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ
Севостьянов С.М., Соколов А.А. 373
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА НЕКОТОРЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОСТОВ НА ОСНОВЕ ПИЩЕВЫХ ОТХОДОВ И ОСАДКАХ СТОЧНЫХ ВОД
Сон Б.К., Севостьянов С.М., Демин Д.В. 377
ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ БИОСТИМУЛЯТОРОМ НА ДЛИНУ И МАССУ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ И ПРОРОСТКОВ ГОРЧИЦЫ САЛАТНОЙ
Трефильев П.П., Демин Д.В. 380
ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА БИОЛОГИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА И АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НАРУШЕННЫХ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА
Трусова А.М., Макаров А.Н., Муравьева М.В., Демин Д.В., Глинушкин А.П. 381
МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГОРОХА СОРТ НЕМЧИНОВСКИЙ 100 ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОСТИМУЛЯТОРА В СОСТАВЕ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ
Федотова А.К., Михалева С.Н., Ульяненко Л.Н., Будынков Н.И., Федотова В.А., Картабаева Б.Б., Демин Д.В. 384

ИЗУЧЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ НОВОГО БИОСТИМУЛЯТОРА ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ СОРТА ГОРОХА «УСАТЫЙ КОРМОВОЙ»

Федотова В.А., Будынков Н.И., Михалева С.Н., Картабаева Б.Б., Ульяненко Л.Н., Федотова А.К., Демин Д.В. 388

РАЗРАБОТКА МИКОРИЗНЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРИЖИВАЕМОСТИ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД В ЦЕЛЯХ БИОРЕМЕДИАЦИИ И РЕАЛИЗАЦИИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ

Филиппова Н.В., Звягина Е.А., Мингалимова А.И., Ишманов Т.Ф., Аксарина А.Е., Бузлуков В.С. 392

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И АКТИВИРОВАННЫХ ЦЕОЛИТОВ ДЛЯ РЕМЕДИАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

Яковлев А.С. 395

СЕКЦИЯ 1
«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ»

ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНАЯ ИНВЕРТНАЯ ЭМУЛЬСИЯ - НАДЕЖНЫЙ БАРЬЕР ПРИ ГЛУШЕНИИ СКВАЖИН В УСЛОВИЯХ АНПД

HIGH-TECH INVERT EMULSION - A RELIABLE BARRIER FOR WELL BLOCKING IN ANPD CONDITIONS

Абсалямова П.Е.[1], Романов В.М.[1], Жорже Виейра А.В.[2]

Absalyamova P.E.[1], Romanov V.M.[1], Jorge Vieira A.V.[2]

[1] Россия, ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», a_aa86@mail.ru

[2]Центр технических компетенций и обучения ТОФС, alena-box@mail.ru

Глушение скважин перед проведением подземного ремонта и капитального ремонта скважин, а также при осуществлении операций по заканчиванию скважин в условиях аномально низких пластовых давлений, часто осложняется двумя взаимно ограничивающими факторами:

1. превышение забойного давления, приводящего к риску возникновения поглощений и ухудшению фильтрационно-емкостных свойств призабойной зоны;
2. снижение забойного давления на пласт, приводящего к притоку пластового флюида в скважину, приводит к необходимости повторного глушения скважины.

При глушении в осложненных условиях, требуется применение технологий позволяющих одновременно **снизить риск поглощения и сохранение естественных фильтрационных свойств призабойной зоны пласта. Для этого требуется проведение лабораторных испытаний по определению состава и свойств жидкости глушения.**

Одним из технологических решений является применение инвертных эмульсий. Для глушения в условиях аномально-низких пластовых давлений (АНПД) интерес представляет инвертная эмульсия: дисперсионная среда – углеводородная жидкость, дисперсная фаза – рассол или вода. Типовая инвертная эмульсия включает масло, водно-солевую фазу, эмульгатор, поверхностно-активное вещество, органофильную глину и известь [1, 2].

Поскольку для зон аномально низких пластовых давлений требуются облегчённые жидкости, на сегодняшний день разработано несколько методов их получения. Наиболее распространённым из них является применение аэрированной системы. За счёт аэрации раствора происходит резкое снижение плотности, однако при этом наблюдаются такие недостатки, как высокая сжимаемость, усложнение гидравлики, зависимость от режима и глубины проводимых работ, а также повышенные требования к компрессорам и обвязке, что увеличивает риски нестабильности процесса. На этом фоне системы с микросферами рассматриваются как более стабильные по сравнению с аэрированными [3]. В отличие от газожидкостных методов, применение микросфер позволяет уменьшить плотность без перехода в сжимаемые режимы, сохраняя при этом стабильность и параметры эмульсий.

Цель настоящего исследования является проведение экспериментальной оценки влияния на плотность инвертной эмульсии различных микросфер: алюмосиликатныхTONGO (ПФК «Элисса»), полимерных ООО «Лега», стеклянных ООО «Химснаб Композит» и BARRIX (ООО «Спец-Эмаль»). Для проведения экспериментов в качестве базового раствора была выбрана эмульсия следующего состава: синтетическое масло, эмульгатор, раствор хлорида кальция, органобентонит, известь и мел.

Результаты исследований представлены на рисунке 1.

Плотность инвертной эмульсии при добавлении микросфер изменяется **линейно** в соответствии с принципом аддитивности объемов. Наибольшее снижение плотности инвертной эмульсии происходит при добавлении стеклянных микросфер BARRIX и полимерных микросфер. При концентрации 5% плотность падает до 0,83 г/см³. Это свидетельствует об их крайне низкой истинной плотности. Стеклянные микросферы компании ООО «Химснаб Композит» демонстрируют промежуточный результат, снижая плотность до 0,845 г/см³ при 5%

концентрации. Алюмосиликатные микросферы показали наименьшую эффективность поскольку снижение плотности незначительно (до 0,965 г/см³). Кроме того, эмульсия с добавкой алюмосиликатных микросфер нестабильна при малых концентрациях (наблюдается локальный рост до 0,98 г/см³ при 1% концентрации), что может быть связано с их высокой и неравномерной плотностью или особенностями смачивания.

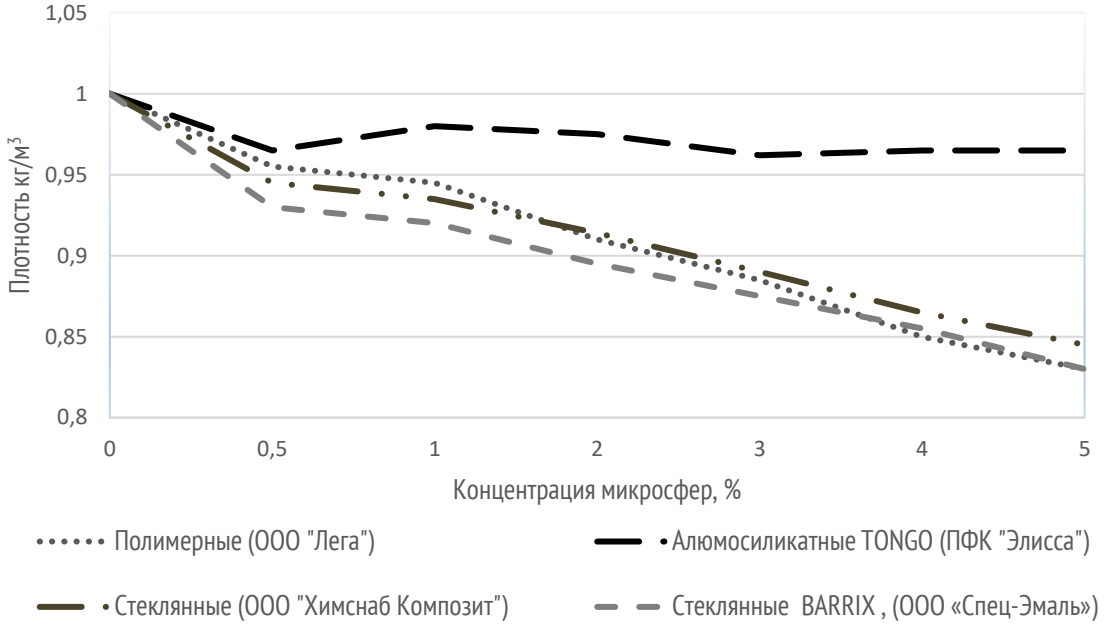


Рис. 1 - График зависимости плотности инвертной эмульсии от концентрации микросфер

Результаты обработки полученных результатов статистическими методами для оценки достоверности представлены в таблице 1. Для каждой зависимости рассчитано линейное уравнение регрессии вида (y = kx + b), где y – плотность (г/см³), а x – концентрация микросфер.

Таблица 1. Сводная таблица коэффициентов

Тип микросфер	Уравнение регрессии (y = kx + b)	Коэффициент детерминации (R^2)
Полимерные (ООО «Лега»)	y= - 0,0343x+0.9881	0,989
BARRIX ООО («Спец-Эмаль»)	y= - 0,0336x+0.9754	0,963
Стеклянные (ООО «Химснаб Композит»)	y= - 0,0310x+0.9818	0,980
Алюмосиликатные алюмосиликатныхTONGO (ПФК «Элисса»)	y= - 0,0052x+0.9859	0,431

На основании проведенного статистического анализа и физико-химических закономерностей можно сделать вывод о достоверности полученных результатов. Коэффициент детерминации в уравнениях для стеклянных и полимерных микросфер 0,96-0,99 указывает на строгую линейную зависимость, характерную для процессов смешивания несжимаемых сред. Наблюдается закономерное и плавное снижение плотности при увеличении концентрации облегчающей добавки. Свободный член уравнения (b) близок к единице, что соответствует исходной плотности эмульсии. Низкая достоверность результатов экспериментов с алюмосиликатными микросферами объясняется возможной ошибкой при концентрации микросфер 1%. При исключении этой аномальной точки, получаем уравнение регрессии y= - 0,0076x+0,9831. При этом коэффициент детерминации вырос до 0.86. Таким

образом, можно сказать, что алюмосиликатные микросферы самые тяжелые и чтобы достичь той же плотности раствора как с полимерными и стеклянными микросферами их потребуется 4-5 раз больше.

Таким образом, для условий АНПД с коэффициентом аномальности ниже 0,8 можно рекомендовать облегчение инвертной эмульсии полимерными и стеклянными микросферами, позволяющими снижать плотность раствора до 0,83 -0,85 г/см^3 при умеренной концентрации 5%.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. **Рохас Родригес, И. М.** Образование, стабилизация и разделение водонефтяных эмульсий: учебно-методическое пособие: учебно-методическое пособие / И. М. Рохас Родригес. — Казань: Казанский федеральный университет, 2024. — 5 с.
2. **Аксенова, Н. А.** Буровые промывочные жидкости и промывка скважин: учебное пособие: в 3 т. / Н. А. Аксенова, О. В. Рожкова. — Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2016. — Т. 1. — 168 с. — ISBN 978-5-9961-1289-0.
3. **Исследование влияния стеклянных микросфер** на свойства бурового раствора на углеводородной основе / [ФИО авторов статьи] // Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: [сайт]. — 2023. — URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=54518232 (дата обращения: 10.02.2026).

Научный руководитель: Аксенова Н.А., к.т.н. доцент кафедры бурение нефтяных и газовых скважин ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАСТОВЫХ ВОД И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КОНДИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

STUDY OF RESERVOIR WATERS AND PREDICTION OF COMPLICATIONS IN THE DEVELOPMENT OF THE KONDINSKOYE FIELD

Айдемирова А.Е.[1], Хайруллин А.А.[2]

Aidemirova A.E.[1], Khairullin A.A.[2]

Российская Федерация, Высшая нефтяная школа, Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, e-mail: dyatlova_96@inbox.ru

В статье рассматриваются результаты комплексного исследования пластовых вод и оценка рисков солеотложения при разработке трех основных объектов Кондинского месторождения: АС10, АС11 и АС12. Основное внимание уделяется анализу химического состава вод и прогнозу возможных осложнений при эксплуатации.

Ключевые слова: Пластовые воды, Кондинское месторождение, Солеотложения, Карбонатные отложения, Сульфатные отложения, Нефтедобыча, Осложнения при эксплуатации, Химический состав вод, Прогноз рисков.

Введение. Актуальность исследования обусловлена необходимостью оценки возможных осложнений при эксплуатации объектов разработки Кондинского месторождения. В рамках проекта разработки предусмотрено освоение трех основных объектов: АС10, АС11 и АС12.

Цель исследования. Основная цель исследования заключается в комплексной оценке состава пластовых вод и прогнозировании возможных осложнений при разработке объектов Кондинского месторождения для обеспечения эффективной и безопасной эксплуатации залежей.

Методы исследования. В проекте разработки Кондинского месторождения учтена эксплуатация трех объектов разработки: АС10, АС11, АС12, поэтому особое внимание в исследовании уделяется оценке факторов, способных осложнить их эксплуатацию. Учитывая текущий этап разработки Кондинского месторождения и результаты предыдущих исследований пластовых флюидов от ООО «РН-БашНИПИнефть». На основе имеющихся анализов химического состава пластовых вод возможно проведение расчётов индекса насыщения и определение потенциала выпадения карбонатных и сульфатных солей, при этом данные о содержании элементов Ba и Sr также учтены в исследованиях. Проведен комплексный анализ коррозионно-агрессивных компонентов в пластовой жидкости, направленный на оценку потенциального ущерба для глубинно-насосного оборудования (ГНО). Специалисты ООО «РН-БашНИПИнефть» выполнили комплексный анализ нефти и парафиновых проб с пластов АС10, АС11 и АС12, определив количественное содержание асфальтенов, смол и парафинов для оценки потенциального негативного воздействия асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО) на функционирование ГНО. Дополнительно исследована температура насыщения нефти парафином для пласта АС10 как ключевой показатель риска формирования АСПО. Описание пластов согласно исследованиям кернового материала. Тип коллектора пластов – терригенный. Пласт АС10/1 характеризуется следующими параметрами: в песчаниках доминирует размер частиц 0,08-0,14 мм, в алевролитах – 0,06-0,10 мм. Отмечаются значительные примеси: 20-40% алевритовой фракции в песчаниках и 20-35% песчаной составляющей в алевролитах. Обломочный материал демонстрирует среднюю степень сортировки. Форма зерен преимущественно полуокатанная и полуугловатая, реже – угловатая. Минеральный состав пород аркозовый: 35-40% кварца, 40-45% полевых шпатов, 15-20% обломков пород, 3-6% слюды. Содержание глинистого цемента варьируется от 5-8%, местами достигая 10% в отдельных прослоях. Особенности строения пласта: преобладание аркозовых пород, умеренная степень сортировки материала, значительное количество глинистого цемента, характерная примесь алевритовой и песчаной фракций. Геологическое строение пласта АС11/1 характеризуется следующими особенностями: литологический состав представлен: серыми и светло-серыми песчаниками, мелкозернистыми и крупнозернистыми алевролитами,

цементирующим материалом карбонатно-глинистого и глинистого типа. Гранулометрические характеристики: в песчаниках преобладает размер частиц 0,1-0,14 мм., в алевролитах доминирует размер 0,06-0,12 мм., содержание алевритовой фракции в песчаниках достигает 35%, присутствие песчаной составляющей в алевролитах до 30%. Минеральный состав (по классификации В.Д. Шутова): аркозовый тип пород, кварц – 35-40%, полевые шпаты – 40-45%, обломочные породы – 15-25%, слюда – 2-6%. Характеристика коллектора пласта АС12/1: литологический состав представлен следующими породами: мелкозернистые песчаники, крупнозернистые песчанистые алевролиты. Гранулометрические параметры: в песчаных прослойках: основной размер частиц 0,1-0,14 мм., содержание алевритовой примеси 25-35%; в алевритовых прослойках: размер частиц 0,05-0,08 мм., содержание песчаной примеси 15-20%. Общее содержание обломочного материала достигает 85-90%. Минеральный состав относится к аркозовой группе: кварц – 40-45%, полевые шпаты – 40-45%, обломочные породы – 10-15%, слюда – 3-5%. В связи с отсутствием в проекте разработки данных о минералогическом составе керна (включая гравиметрические, гранулометрические и качественные характеристики), компания инициировала научно-исследовательские работы (НИР) по изучению твердых отложений с ГНО. Исследования проводились специалистами: ООО «РН-БашНИПИнефть», ОАО «ТомскНИПИнефть». Основная цель исследований – оценка негативного воздействия абразивного и гидроабразивного износа на работу ГНО. Проведенные НИР позволят: определить характер и интенсивность износа оборудования, оценить влияние твердых отложений на работу ГНО, разработать рекомендации по предотвращению негативных последствий. Данный подход компенсирует недостаток информации о составе керновых материалов и обеспечивает более полную оценку потенциальных рисков эксплуатации.

Оценка пластовой воды к вероятному солепроявлению и прогноз отложения солей при механизированной добычи. Анализ результатов исследования пластовых вод показал следующие характеристики: пластовая вода пласта АС10 обладает следующими параметрами: степень минерализации: слабоминерализованная (8,9 г/л), реакция среды: щелочная (pH 7,9). Концентрации основных компонентов: натрий и калий: 2862 мг/л., хлор: 2513 мг/л., ионы гидрокарбоната: 3399 мг/л., отсутствие сероводорода, содержание CO_2: 81 мг/л., содержание SO_4: 62 мг/л. Классификация по Сулину: гидрокарбонатно-натриевый тип.

Данные параметры позволяют провести комплексный анализ химического состава пластовой воды и оценить её влияние на процессы разработки месторождения. Представленные характеристики являются основой для прогнозирования возможных осложнений при эксплуатации и формирования рекомендаций по оптимизации добычи.

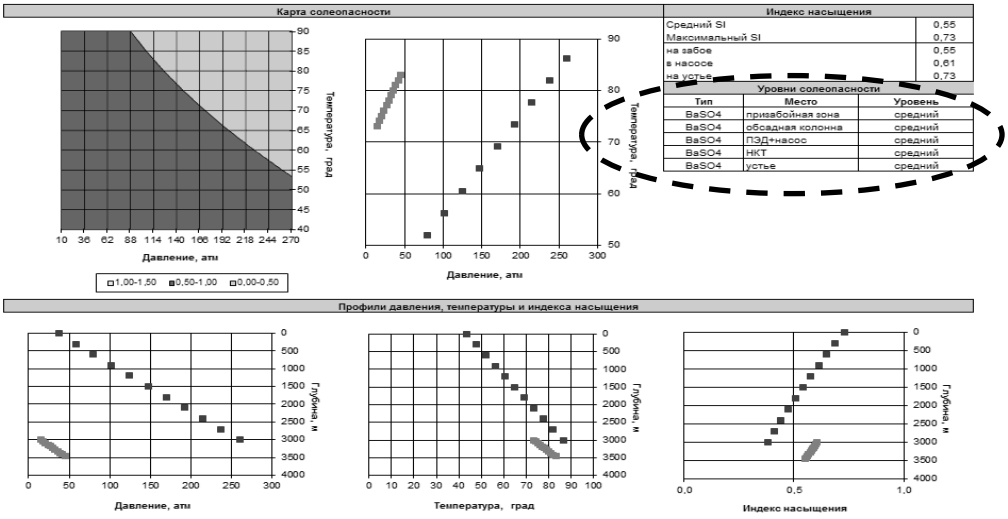


Рис. 1 - Прогноз выпадения сульфатов

Вывод: выпадение сульфатов бария прогнозируется со средним риском.

Характеристика пластовой воды пласта АС11. Основные параметры: степень минерализации: слабоминерализованная (8,5 г/л), реакция среды: щелочная (pH 7,8). Компонентный состав: суммарное содержание натрия и калия: 2667 мг/л., концентрация хлора: 2030 мг/л., содержание гидрокарбонат-ионов: 3685 мг/л., отсутствие сероводорода в составе, концентрация CO_2: 81 мг/л., концентрация SO_4: 78 мг/л. Классификация по системе Сулина: гидрокарбонатно-натриевый тип.

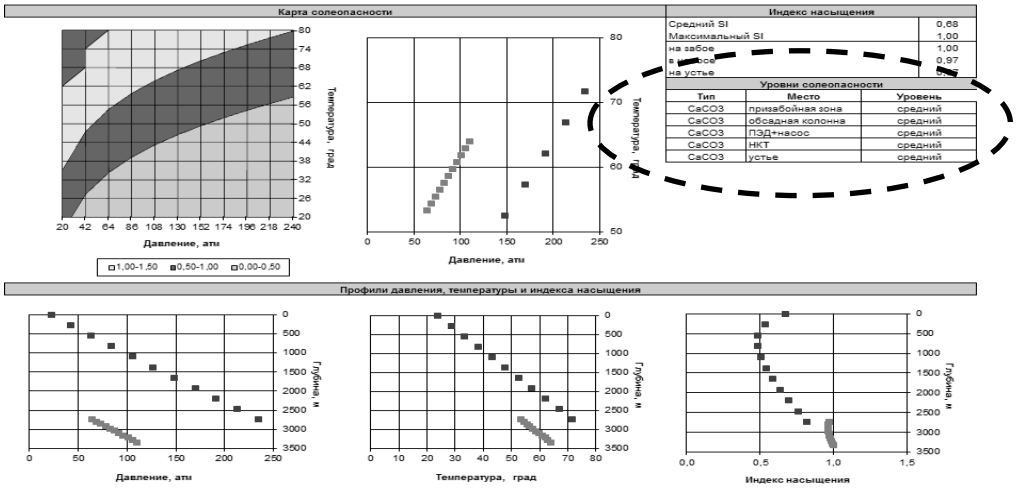


Рис. 2 - Прогноз выпадения карбонатов

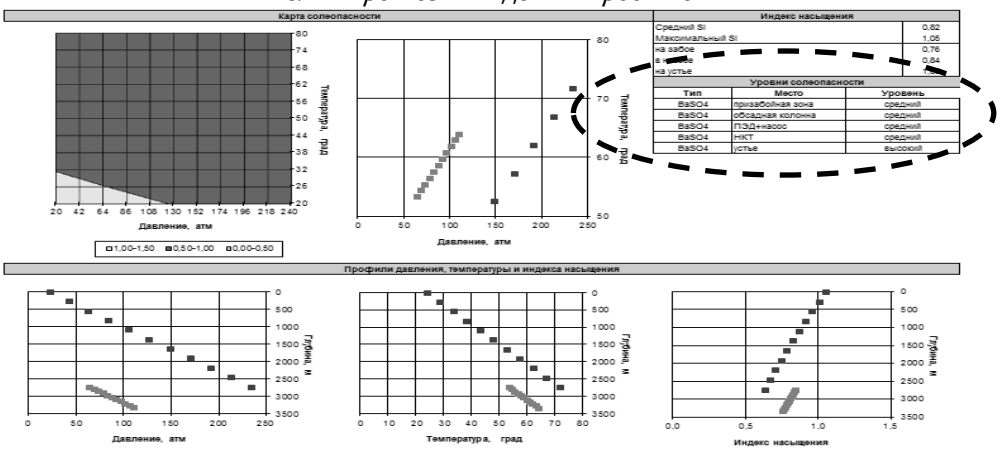


Рис. 3 - Прогноз выпадения сульфатов

Вывод: соли карбонатного типа прогнозируются со средним риском образования, выпадение сульфатов бария прогнозируется со средним риском.

Характеристика пластовой воды пласта АС12. Физико-химические показатели: степень минерализации: слабоминерализованная (8,3 г/л), активная реакция среды: щелочная (pH 7,9). Концентрации основных компонентов: суммарное содержание натрия и калия: 2564 мг/л., концентрация хлора: 1787 мг/л., содержание гидрокарбонат-ионов: 3818 мг/л., отсутствие сероводорода в составе, концентрация CO_2: 75 мг/л., концентрация SO_4: 51 мг/л. Классификация по системе Сулина: гидрокарбонатно-натриевый тип.

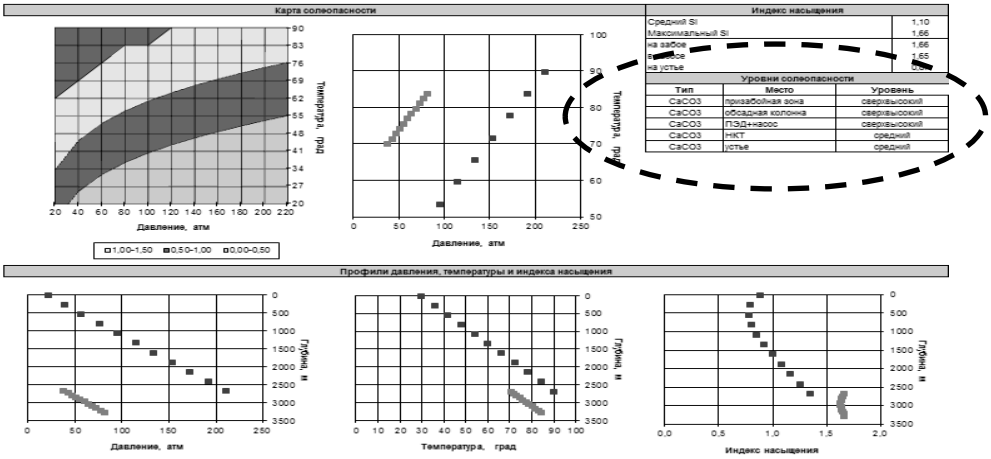


Рис. 4 - Прогноз выпадения карбонатов

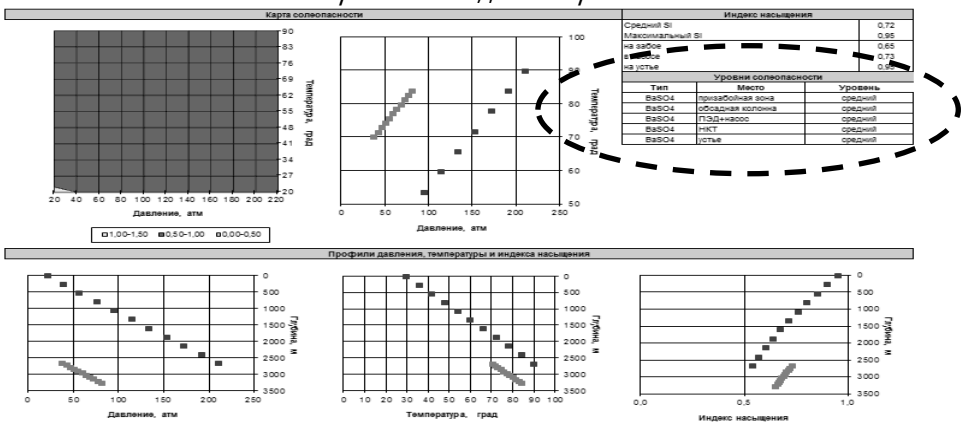


Рис. 5 - Прогноз выпадения сульфатов

Вывод: соли карбонатного типа прогнозируются со сверхвысоким риском образования, выпадение сульфатов бария прогнозируется со средним риском.

Анализ полученных результатов. Результаты прогнозирования солеотложения на объектах Кондинского месторождения демонстрируют следующую картину, выявлено формирование двух типов солевых отложений – карбонатного и сульфатного типа. Выполнен комплексный расчет вероятности солеотложения на ГНО с учетом: динамики роста обводненности продукции, диапазона дебитов от 50 до 200 м^3/сутки. Полученные результаты систематизированы и представлены в аналитическом виде. Количественная оценка рисков отражена в таблице 1. Важно отметить, что прогнозируемые риски формирования солевых отложений сохраняются на стабильно высоком уровне независимо от степени обводненности скважинной продукции, величины дебита скважины.

Таблица 1. Расчет прогнозирования отложения солей на ГНО с учетом роста % воды (В – высокий, С – средний)

Риск проявления	% обводненности									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Карбонаты	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В
Сульфаты	С	С	С	С	С	С	С	С	С	С

Рекомендации по организации системы поддержания пластового давления (ППД): Ключевой аспект – правильный выбор источников воды для заводнения, который должен учитывать использование пресных вод, применение попутно-добываемой воды. Основное требование к выбранным источникам – их полная совместимость с пластовыми водами для предотвращения: конфликтных ситуаций при смешивании вод,

образования нежелательных твердых осадков, ухудшения фильтрационных характеристик пласта. Такой подход позволит обеспечить эффективную и безопасную работу системы ППД при разработке месторождения.

Заключение. Проведенные исследования позволили комплексно оценить состояние объектов разработки Кондинского месторождения и выявить основные риски при их эксплуатации. Можно сделать вывод о необходимости обеспечения тщательного контроля за процессами солеотложения, о правильном подборе совместимых вод для системы ППД, важно разрабатывать комплекс профилактических мероприятий против абразивного износа оборудования, следует организовать регулярный мониторинг состояния скважинного оборудования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

Нормативная документация ООО «РН-БашНИПИнефть» по проведению научно-исследовательских работ в области нефтедобычи: внутренние регламенты. – Уфа: ООО «РН-БашНИПИнефть», 2021. – 120 с.

Исследовательская документация ООО «РН-БашНИПИнефть» по результатам анализа проб пластовых вод Кондинского месторождения: отчёт о НИР № 45-НИР/2023. – Уфа: ООО «РН-БашНИПИнефть», 2023. – 92 с.

Отчёты о научно-исследовательских работах по изучению твёрдых отложений с глубинно-насосного оборудования: сборник отчётов / под ред. И. И. Петрова. – М.: ВНИИБТ, 2021. – Т. 1. – 145 с.

Технические отчёты по результатам исследований химического состава пластовых флюидов: отчёт лаборатории физико-химических исследований / ООО «Тюменский научно-исследовательский центр». – Тюмень: ООО «ТНИЦ», 2022. – 76

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ ВИНТОВЫМ ЗАБОЙНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ В РЕЖИМЕ ВРАЩЕНИЯ-СЛАЙДИРОВАНИЯ БУРИЛЬНОЙ КОЛОННЫ

Али Яя Шиди

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, aliyayachidi@gmail.com

Совершенствование технологии бурения винтовым забойным двигателем в режиме вращения–слайдирования бурильной колонны заключается в оптимизации соотношения режимов вращения и скольжения, параметров работы двигателя и компоновки низа бурильной колонны с целью повышения скорости проходки, точности геонавигации и снижения вибрационных и динамических нагрузок. Реализация оптимизированного режима обеспечивает устойчивое управление траекторией скважины в сложных геологических условиях, повышение ресурса бурового инструмента и улучшение технико-экономических показателей строительства скважин.

1. Суть и актуальность технологии

- **Режим вращения-слайдирования** – это комбинированный метод бурения, сочетающий вращение бурильной колонны (с помощью ротора или ВСП) и управляемое скольжение (слайдирование) за счет работы винтового забойного двигателя (ВЗД).
- **Актуальность** обусловлена необходимостью повышения точностипроводки горизонтальных и наклонно-направленных скважин в сложных геологических условиях при одновременном снижении затрат.
- Традиционный режим чистого слайдирования часто приводит книзкой механической скорости проходки, высокому износу оборудования и риску прихватов из-за плохого выноса шлама.

2. Основные результаты исследования

- **Повышение производительности:** Применение комбинированного режима позволяет увеличить механическую скорость бурения (МСБ)в среднем на **8–15%** (в некоторых случаях до 20-25%).
- **Снижение износа и вибраций:** Оптимизация режимов позволяетпродлить срок службы оборудования на **30%** и снизить уровень вибраций до **40%**.
- **Точность траектории:** Использование режима вращения- слайдирования обеспечивает очень высокую точность управлениятраекторией с отклонением всего **1-2%**.
- **Разработка моделей:** Создана модель выбора оптимального распределения долей вращения и слайдирования, учитывающая геомеханику пласта и параметры ВЗД.

3. Технические и технологические решения

- **Контроль нагрузки:** Предложена методика регулирования осевой нагрузки на долото по перепаду давления на ВЗД, что повышает устойчивость работы двигателя.
- **Оптимизация КНБК:** Рекомендуется использование компоновок низа бурильной колонны с **передвижными центраторами**, что стабилизирует зенитный угол.
- **Конструкция ВЗД:** Обосновано применение коротких ВЗД с малымуглом перекоса и оптимизированным циклоидальным зацеплением (повышение КПД на 18%).

4. Практическая апробация и эффективность

- **Опыт месторождения Румайла:** Сравнительный анализ показал, что комбинированный метод (ВСП + ВЗД) увеличил скорость проходки на **20%** и сократил время на спуско-подъемные операции(СПО) на **15%**.

- **Экономический эффект:** Предложенные меры позволяют снизитьобщие затраты на бурение на **10–15%** с окупаемостью внедрения втечение 1–2 лет.
- **Объект исследования:** Работа ориентирована на условия **Приобского месторождения** (ХМАО), характеризующегося сложным геологическим строением и необходимостью бурениясважин с большим отходом от вертикали.

5. Рекомендации для внедрения

- Соблюдение параметров для максимального эффекта: зенитный угол **20–45°**, интенсивность набора кривизны до **3–4° на 30 м**.
- Использование буровых растворов со стабилизированной реологией и обязательный мониторинг параметров в реальном времени с помощью систем MWD.

ВОДОГАЗОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ (ВГВ) НА МЕСТОРОЖДЕНИИ КИЗОМБА (АНГОЛА)
ALTERNATING WATER AND GAS INJECTION (WAG) IN THE KIZOMBA FIELD (ANGOLA)

Альберту А. Д.В.
Alberto A. D.V.
Россия, Российский государственный университет нефти и газа имени И. М. Губкина, adrinamaiza1@gmail.com
Russia, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), adrinamaiza1@gmail.com

Ангола – стратегическая страна на западном побережье Африки. Она стала членом ОПЕК в 2007 году и в настоящее время является вторым по величине производителем нефти в Африке к югу от Сахары. Нефть является буквально основой ангольской экономики, составляя около 20% ВВП и половину государственных доходов.

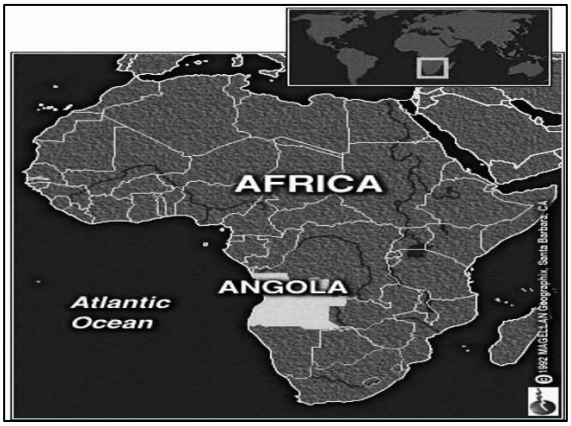


Рис. 1 - Расположение Анголы на карте Африки

В настоящее время Ангола добывает около 1,07 миллиона баррелей нефти в сутки, с прогнозом роста до 1,14 миллиона в 2026 году благодаря вводу в эксплуатацию новых проектов. Доказанные запасы составляют примерно 8,4 миллиарда баррелей.

Ангольская нефть классифицируется как лёгкая и сладкая, то есть высокого качества, с низким содержанием серы, аналогична североморскому Brent.

Основными покупателями являются Китай, Индия и Индонезия.

В Анголе работают крупнейшие нефтяные компании мира.

TotalEnergies лидирует с 41% долей рынка, управляя мегапроектами Kaombo в блоках 17 и 32. Chevron через CABGOC десятилетиями работает в Кабинде. ExxonMobil, оператор нашего исследуемого случая, владеет 19% рынка и управляет Блоком 15, где находится месторождение Кизомба.

Sonangol – государственная компания, контролирующая всю отрасль.

Нефтяные месторождения Анголы расположены в основном в бассейне Нижний Конго, на глубинах от 1300 до более 2000 метров.

Существуют три первоначальных проекта в Блоке 15:

- Кизомба А.
- Кизомба Б.
- Ксикомба.

Месторождение Кизомба В расположено в 80 км от побережья Анголы, на глубине воды 1300 метров. Добыча ведётся с помощью одной из крупнейших FPSO в мире, которая подаёт воду и газ на платформу SWHP через гибкие подводные линии.

Операционные условия – высокое давление: 230 бар для воды и 298 бар для газа.

Типы манифольдных станций

В составе SMS предусмотрены четыре типа манифольдных станций (Manifold Station – MS):

- Станции заводнения
- Станции закачки газа
- Производственные станции
- Станции, подготовленные для ВГВ (Future WAG)

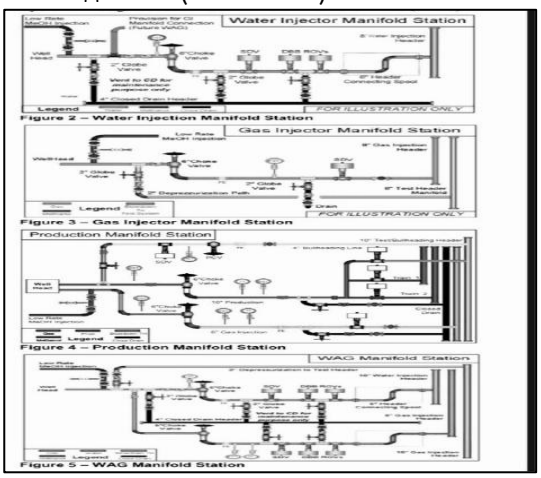


Рис. 2 - Четыре типа манифольдных станций (Manifold Station – MS)

FPSO спроектирована на следующие производственные параметры:

- добыча нефти — 265 тыс. барр. /сут при 5 % технологических простоев;
- приём и обработка газа — 275 млн куб. фут/сут (mmscfd);
- обработка воды — 150 тыс. барр. /сут.

Система заводнения обеспечивает подачу до 350 тыс. барр. /сут воды при:

- температуре 40 °C,
- давлении 230 бар(g).

Система закачки газа обеспечивает подачу до 275 млн куб. фут/сут при:

- температуре 65 °C,
- давлении 298 бар(g).

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОХОДИМОСТИ (FLOW ASSURANCE) ПРИ ВОДОГАЗОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Водогазовое воздействие (ВГВ) — это метод увеличения нефтеотдачи, при котором в нефтяной пласт нагнетается попутный нефтяной газ, смешанный с водой.

Задачи ВГВ:

1. увеличение коэффициента извлечения нефти, в том числе в пластах с нефтью повышенной вязкостью;
2. утилизация попутного нефтяного газа;
3. поддержание пластового давления.

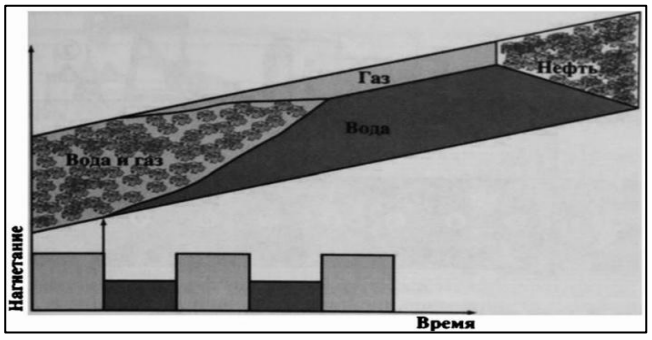


Рис. 3 - Принципиальная схема водогазового воздействия

На момент этого проекта в Анголе ещё не было инфраструктуры для экспорта природного газа. Поэтому лучшим техническим и экологическим решением была обратная закачка газа в пласт. Технология ВГВ позволяет чередовать циклы закачки воды и газа, улучшая извлечение нефти. Главной задачей стала конверсия скважины, которая закачивала газ, в водонагнетательную, без образования гидратов – твёрдых кристаллов, которые могут блокировать трубопроводы при смешивании воды и газа под высоким давлением и низкой температурой.

Скважина ZZ изначально планировалась для нагнетания воды, но была использована как газонагнетательная из-за неожиданно высокой добычи газа на других скважинах. Это создало необычную ситуацию: скважина, которая должна была быть простой в конверсии, стала сложной, потому что у неё не было специальной линии для сброса давления. Нашей целью было провести первую подобную конверсию в глубоководных условиях в Анголе, что стало важной вехой для ExxonMobil.

Скважина ZZ представляла собой:

- скважину с открытым забоем,
- с автономной компоновкой,
- оборудованную фонтанной арматурой двойного прохода, рассчитанной на 5000 psi.

Она эксплуатировалась как газонагнетательная скважина и использовала модифицированную станцию заводнения, не имевшую 2-дюймовой линии депрессии в испытательный коллектор.

В основании райзера, на глубине 1300 метров, давление составляет примерно 160 бар, а температура – всего 4 °C. Эти условия находятся точно в зоне образования гидратов. Если закачиваемая вода при 40 °C войдёт в контакт с газом под высоким давлением в этой холодной среде, могут образоваться твёрдые пробки.

МЕТОДОЛОГИЯ ПЕРЕКОНВЕРСИИ

Рассмотренные концепции были идентифицированы два основных подхода:

- «Горячая» переконверсия
- «Холодная» переконверсия

Выбрали холодную конверсию с метанолом

Основные факторы выбора:

- минимизация выбросов газа в атмосферу;
- использование существующей проектной концепции ВГВ;
- меньший объём модификации трубопроводов;
- снижение риска гидратообразования после остановки оборудования.

Концентрация 38% по массе метанола сдвигает кривую равновесия гидратов примерно на 5 °C, давая нам операционный запас безопасности.

Метанол растворим в воде, не образует стабильных эмульсий с нефтью и не снижает приёмистость пласта – в отличие от мёртвой нефти, которая была отвергнута именно по этой причине.

Конверсия была разделена на четыре основных этапа:

- Первый: мы установили забойные устройства, чтобы предотвратить подъём газа из пласта во время сброса давления.
- Второй: сбросили давление газа в насосно-компрессорной колонне в трёх контролируемых фазах.
- Третий: провели Lube & Bleed (Прокачка и стравливание) с 350 баррелями метанола, вытесняя остаточный газ.
- Четвёртый: запустили нагнетание воды как можно быстрее, с дебитом 40 тысяч баррелей в сутки, чтобы выйти из зоны гидратообразования.

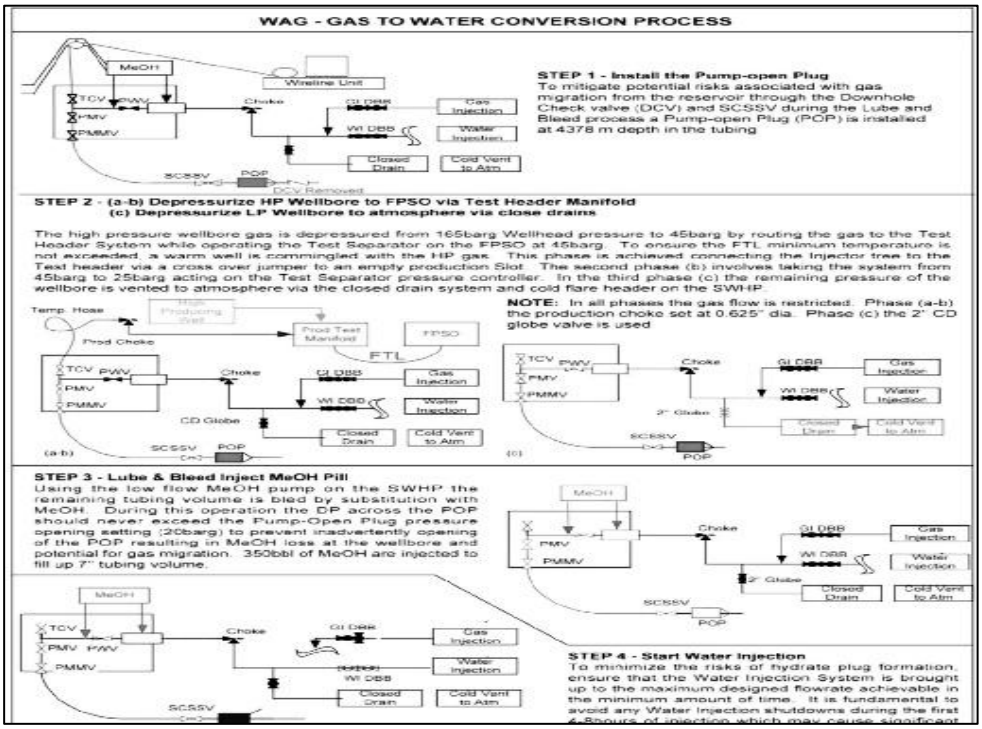


Рис. 4 - Конверсия скважины с нагнетания газа на нагнетание воды в рамках ВГВ

Цели моделирования

- Определить необходимость подачи метанола для предотвращения гидрат образования в испытательном коллекторе в первой фазе депрессии. Убедиться, что температура стали не опустится ниже −29 °C.
- Определить минимальный расход флюида через испытательный коллектор, обеспечивающий температуру FTL выше 20 °C при смешении с депрессируемым газом.
- Оценить безопасность атмосферного сброса газа через CDS.

Результаты

1.Гидратообразование.

Были построены кривые гидратообразования для:

- газа, испытательного флюида,
- смеси испытательного флюида с метанолом,
- смеси испытательного флюида с газом.

Минимальная температура в испытательном коллекторе составляла около 23 °C. Без подачи метанола температура оставалась примерно на 10 °C выше границы гидратообразования. При добавлении метанола запас увеличивался до 26 °C.

2. Температура трубопроводов.

В ходе первой стадии депрессии (160 ⟶ 45 бар) минимальная прогнозная температура после клапана составила −23 °C, что выше допустимого предела −29 °C. Если бы давление снижалось адиабатически с 160 до 25 бар, температура могла бы опуститься до −33 °C, что ниже допустимого значения.

3. Минимальный расход через THM было определено, что минимальный расход испытательного коллектора должен составлять: 9 кг/с для поддержания температуры FTL выше 20 °C. Температура 20 °C была выбрана с большим запасом безопасности, учитывая критичность FTL.

4. Дисперсия газа.

Для анализа атмосферного сброса газа использовалось программное обеспечение PHAST.

Моделировались концентрации газа:

25 % НКПВ (LFL),50 % НКПВ.

Во всех сценариях концентрация газа на рабочей площадке оставалась ниже нижнего концентрационного предела воспламенения.

Водогазовое Воздействие (Вгв) на месторождении Кизомба (Ангола)

Цикл ВГВ:

Фаза 1 – Нагнетание газа: Сжатый газ с FPSO закачивается в пласт ⟶ вытесняет нефть и поддерживает давление.

Фаза 2 – Нагнетание воды: Очищенная морская вода закачивается ⟶ улучшает эффективность заводнения и предотвращает прорывы газа.

Цикл ВГВ на Кизомба В состоит из двух основных фаз.

- До конверсии месторождение добывало около 200–230 тысяч баррелей нефти в сутки только за счёт нагнетания газа.
- После конверсии скважины ZZ в ВГВ добыча выросла до 250–265 тысяч баррелей в сутки, достигнув максимальной мощности FPSO. Это представляет собой оценочный прирост в 15–20% добычи нефти.

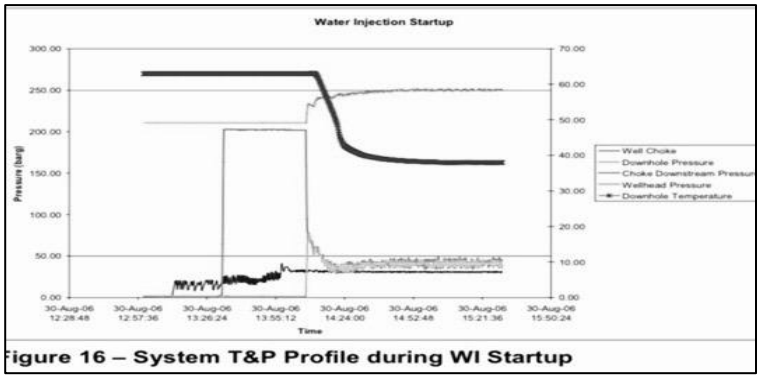


Рис. 5 - Профиль T&P при запуске нагнетания воды

Результаты, предсказанные моделью, сравнивались с реальными промысловыми данными. Модель была консервативной, предсказывая более суровые условия, чем наблюдались на практике. Минимальная температура стали по модели составляла −23 °C, но на практике не опустилась ниже −3 °C, что значительно выше безопасного предела.

Операция прошла успешно. Мы конвертировали скважину ZZ, сделав её первой наземной скважиной в глубоководных условиях для ВГВ в Анголе и первой в глубоководном портфолио ExxonMobil.

Методология холодной конверсии с метанолом показала себя безопасной, реализуемой и экономически выгодной. Оценённый прирост добычи составил от 15% до 20% по сравнению с только нагнетанием газа. Этот случай служит эталоном для будущих проектов ВГВ в глубоководных условиях по всему миру.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Кизомба.20.2007.pdf. [Electronic resource] // Offshore Technology. — URL: https://www.offshore-technology.com/projects/kizomba-offshore-field-deepwater-project/. — (Date of access: 05.12.2025).
2. Bates, G. B. Обзор установки Kizomba A и B / G. B. Bates, G. O. Gernon, M. D. A. Gillette et al. // OTC. — 2006. — № 17941.

3. Дроздов, А. Н. Водогазовое воздействие на пласт: механизм действия, известные технологии. / А. Н. Дроздов, В. П. Телков, Ю. А. Егоров. — [Б. м.: б. и.], [б. г.].
4. Kizomba Offshore Field Deepwater Project [Electronic resource] // Offshore Technology. — URL: https://www.offshore-technology.com/projects/kizomba-offshore-field-deepwater-project/. — (Date of access: 02.04.2026).
5. Назарова, Л. Н. Разработка нефтяных месторождений с трудноизвлекаемыми запасами / Л. Н. Назарова. — М.: РГУ нефти и газа им. Губкина, 2019. — 338 с.
6. SPE International [Electronic resource]. — URL: https://search.spe.org/i2kweb/SPE/doc/onepetro:FC8BC912. — (Date of access: 02.04.2026)

ПОЛУЧЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ИЗ ПАРАФИНОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЦАГААН-ЭЛС КАК НАПРАВЛЕНИЕ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СЫРЬЯ МОНГОЛИИ
SYNTHESIS OF FATTY ACIDS FROM TSAGAAN-ELS PARAFFINS AS IMPORT SUBSTITUTION OF PETROCHEMICAL FEEDSTOCK IN MONGOLIA

Амгаланбаатар М.
Amgalanbaatar M.
Россия, Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, e-mail: ilymisheel@gmail.com

Современный этап развития экономики Монголии требует формирования суверенной нефтехимической отрасли. На сегодняшний день страна обладает значительными ресурсными активами (категория промышленных запасов — 43,4 млн тонн), однако глубокая переработка углеводородов остается на начальной стадии. Одним из наиболее перспективных направлений является производство синтетических жирных кислот (СЖК) — критически важного компонента для выпуска моющих средств, ПАВ и полимеров. Месторождение Цагаан-Элс характеризуется специфическим высокопарафинистым составом нефти, что открывает уникальные возможности для получения СЖК через деструктивные процессы переработки тяжелых остатков.

Объектом исследования являлись пробы сырой нефти и атмосферного остатка (далее — АР) месторождения Цагаан-Элс. Физико-химические характеристики сырья, полученные в ходе лабораторных испытаний, представлены в таблице 1. Высокая температура застывания (29°C) и плотность подтверждают парафинистый характер нефти.

Таблица 1. Характеристика сырой нефти и атмосферного остатка

№	Показатель	Нефть	АР (>350°C)
1	Плотность при 20°C, кг/м³	0.884	890.7
2	Кинетическая вязкость, мм²/с	40.16 (50°C)	6.43 (75°C)
3	Температура вспышки, °C	58	184
4	Температура застывания, °C	29	34

Анализ данных таблицы 1 показывает, что низкое содержание асфальтенов (0,99%) существенно снижает вероятность коксообразования, что повышает эффективность термических процессов. В отличие от высокосернистых нефтей других регионов, сырье Цагаан-Элс (S = 0,02%) характеризуется более благоприятным составом для нефтехимической переработки, поскольку минимизирует дезактивацию катализаторов на стадии окисления.

Технологическая схема получения СЖК включает стадию предварительной подготовки сырья. В данной работе термический крекинг атмосферного остатка (450°C, 4 атм) рассматривается как подготовительный этап. Полученные н-алканы фракции C12–C30 являются целевым сырьем для последующего окисления с образованием синтетических жирных кислот.

Выход жидкого продукта составил 55,22%. Проведенный газохроматографический анализ (Рис. 1) показал распределение углеводородов. Как видно из рисунка 1, в составе преобладают н-алканы фракции C16–C24, что соответствует оптимальному сырьевому профилю для получения СЖК высокого качества.

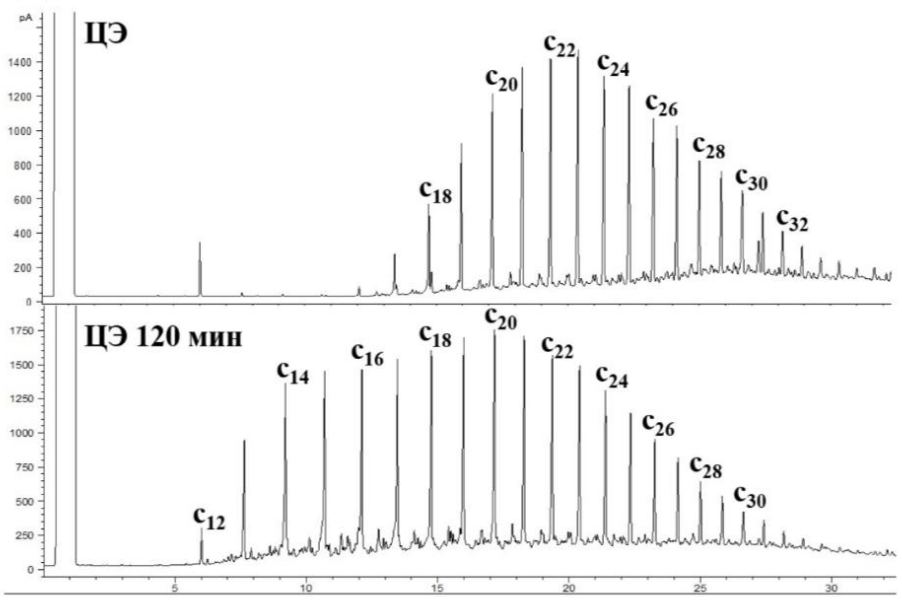


Рис. 1 - Распределение н-алканов в продуктах переработки. (ЦЭ-Цагаан-Элс)

По оценочным расчетам, переход на отечественное сырье для производства СЖК позволит Монголии заместить до 30% импортируемого нефтехимического сырья. Комплексный подход повышает рентабельность нефтепереработки на 12–15%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Установлено, что парафинистое сырье месторождения Цагаан-Элс пригодно для получения н-алканов, используемых в синтезе СЖК. Результаты подтверждают перспективность создания локального производства импортозамещающих химических реагентов в Монголии.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. МОНГОЛ ОРНЫ ГАЗРЫН ТОСНЫ ХАЙГУУЛ, НӨӨЦИЙН МЭДЭЭЛЭЛ. URL: https://www.mrpam.gov.mn/article/49/.
2. Баянмөнх М., Оргилбулаг М. и др. Монгол орны Тамсагбулаг, Цагаан-Элсний ордуудын нефтийн атмосфер үлдэгдлийн дулааны крекингийн харьцуулсан судалгаа // Bulletin of Institute of Chemistry and Chemical Technology. — 2023. — № 11. — С. 21–27.
3. ГОСТ Р 7.0.11-2011. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления.

НЕФТЬ И ГАЗ В АНГОЛЕ. "НЕФТЕГАЗОВАЯ ИНДУСТРИЯ В АНГОЛЕ: ЗНАЧЕНИЕ, ВЫЗОВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ" OIL AND GAS IN ANGOLA.THE OIL AND GAS INDUSTRY IN ANGOLA: IMPORTANCE, CHALLENGES, AND OPPORTUNITIES

Антониу Рибейру Алешандре
Antonio Ribeiro Alexandre
Российский государственный геологоразведочный университет имени С. Орджоникидзе (МГРИ), antonioalexandrejose@icloud.com

Введение

Ангола, расположенная на западном побережье Южной Африки, обладает одними из самых значительных запасов углеводородов на африканском континенте. Нефтегазовая индустрия страны играет ключевую роль в экономическом развитии и стабильности региона, являясь основным источником государственных доходов и двигателем социально-экономического прогресса.

Настоящий доклад представляет комплексный анализ нефтегазовой индустрии Анголы, рассматривая её значение для национальной экономики, историческое развитие после окончания гражданского конфликта в 2002 году, текущее положение страны как второго крупнейшего производителя нефти в Африке, а также перспективы развития газовой отрасли на примере завода Angola LNG.

Особое внимание уделяется анализу вызовов, с которыми сталкивается отрасль, и возможностей для дальнейшего развития и диверсификации экономики страны в контексте глобальной энергетической трансформации.

Значение нефтегазовой индустрии в Анголе

Нефть как основной источник доходов бюджета

Нефтяной сектор является краеугольным камнем ангольской экономики и главным источником доходов государственного бюджета. С момента прекращения внутреннего военного конфликта в 2002 году нефтегазовая индустрия стала опорой национального восстановления и экономического роста страны.

Петролеум представляет собой основной вкладчик в Общий государственный бюджет (OGE - Orcamento Geral do Estado). По данным различных источников, нефтяной сектор обеспечивает около 90% экспортных доходов страны и более 60% государственных доходов. Эта зависимость подчеркивает критическую роль, которую играет нефтедобыча в экономической стабильности Анголы.

В период с 2002 по 2014 год, когда мировые цены на нефть оставались относительно высокими, Ангола смогла значительно нарастить объемы добычи и привлечь иностранные инвестиции в разведку и разработку новых месторождений. Это позволило стране провести масштабные программы инфраструктурного развития и социальных инициатив.

Роль в национальном восстановлении

После окончания длительного гражданского конфликта, длившегося с 1975 по 2002 год, Ангола столкнулась с огромными вызовами в области восстановления разрушенной инфраструктуры, реинтеграции военных и возвращения миллионов перемещенных лиц. В этих условиях нефтегазовая индустрия стала катализатором национального восстановления.

Доходы от нефтедобычи были направлены на финансирование ключевых секторов экономики и социальной сферы. Были реализованы масштабные проекты по восстановлению транспортной инфраструктуры, включая строительство и ремонт дорог, мостов и портов. Значительные инвестиции были вложены в развитие энергетического сектора, здравоохранения и образования.

Нефтяной сектор также стал источником создания рабочих мест как непосредственно в отрасли, так и в смежных секторах экономики. Развитие нефтегазовой индустрии способствовало формированию нового класса

квалифицированных специалистов и передаче технологий, что имело долгосрочное положительное влияние на человеческий капитал страны.

Ангола как второй крупнейший производитель нефти в Африке

На континентальном уровне Ангола занимает второе место по объемам добычи нефти в Африке, уступая только Нигерии. Этот статус был достигнут благодаря значительным инвестициям в разведку и разработку месторождений, а также благоприятной геологической структуре шельфовой зоны страны.

Основные нефтяные месторождения Анголы расположены в офшорной зоне, что делает их разработку технологически сложной, но экономически эффективной благодаря высокому качеству сырья и относительно невысоким затратам на добычу. Ключевые бассейны включают Блок 0, Блок 14, Блок 15, Блок 17 и Блок 18, разрабатываемые крупнейшими международными нефтегазовыми компаниями.

Добыча нефти в Анголе достигла пика в 2008 году, когда страна производила около 1,9 миллиона баррелей в сутки. После этого объемы добычи начали снижаться из-за естественного истощения существующих месторождений и недостаточных инвестиций в разведку новых. Однако в последние годы правительство предприняло ряд мер для стимулирования инвестиций и остановки спада добычи.

Таблица 1: Основные показатели нефтедобычи в Анголе

Показатель	Значение	Год
Добыча нефти	1,1 млн баррелей/сутки	2023
Доказанные запасы	7,8 млрд баррелей	2023
Доля в ВВП	Около 30%	2023
Доля в экспорте	Около 90%	2023

Важно отметить, что ангольская нефть отличается высоким качеством и низким содержанием серы, что делает её привлекательной для европейских и азиатских рынков. Основными потребителями ангольской нефти являются Китай, США и европейские страны.

Завод сжиженного газа Angola LNG

Одним из самых значительных достижений ангольской нефтегазовой индустрии за последние десятилетия стало создание завода по производству сжиженного природного газа Angola LNG. Этот проект представляет собой важный шаг в направлении диверсификации энергетического сектора страны и более эффективного использования газовых ресурсов.

Завод Angola LNG, расположенный в районе Сойо на севере страны, был официально открыт в 2013 году. Проект реализован консорциумом международных компаний во главе с американской Chevron, которая владеет 36,4% долей. Другими участниками являются BP, Eni и Total, каждая из которых владеет 13,6% долей, а также ангольская государственная нефтяная компания Sonangol с 22,8% долей.

Проектная мощность завода составляет 5,2 миллиона тонн сжиженного природного газа в год. Кроме того, завод производит пропан, бутан и конденсат, что позволяет максимально эффективно использовать сырьевую базу. Стоимость проекта превысила 10 миллиардов долларов США, что делает его одним из крупнейших инвестиционных проектов в истории Анголы.

Создание Angola LNG имеет стратегическое значение для экономики страны. Ранее попутный газ, добываемый при нефтедобыче, часто сжигался на факелах, что представляло собой неэффективное использование

ресурсов и негативно влияло на окружающую среду. Теперь этот газ перерабатывается в ценный продукт, создающий дополнительную стоимость и доходы для государственного бюджета.

Таблица 2: Характеристики завода Angola LNG

Характеристика	Значение
Расположение	Сойо, провинция Заире
Проектная мощность	5,2 млн тонн СПГ/год
Стоимость проекта	Более $10 млрд
Год запуска	2013
Оператор	Chevron (36,4%)

Завод также способствует развитию местной инфраструктуры и созданию рабочих мест. Во время строительства было занято более 10 тысяч работников, а в эксплуатационный период завод обеспечивает постоянную занятость для более чем 800 квалифицированных специалистов. Кроме того, проект стимулирует развитие смежных отраслей и местных поставщиков услуг.

Вызовы нефтегазовой индустрии

Несмотря на значительные достижения, нефтегазовая индустрия Анголы сталкивается с рядом серьезных вызовов, которые требуют внимательного анализа и принятия эффективных мер. Эти вызовы носят как внутренний, так и внешний характер.

Волатильность мировых цен на нефть

Наиболее острым вызовом является зависимость экономики от мировых цен на нефть. Падение цен в 2014-2016 годах и в 2020 году в связи с пандемией COVID-19 серьезно ударило по государственным финансам Анголы, вызвав дефицит бюджета, снижение инвестиций и социальную напряженность. Эта волатильность подчеркивает необходимость диверсификации экономики.

Естественное истощение месторождений

Многие крупные месторождения Анголы находятся на поздней стадии разработки, что приводит к естественному снижению добычи. Для компенсации этого спада требуются значительные инвестиции в разведку новых месторождений и внедрение технологий повышения нефтеотдачи на существующих.

Необходимость привлечения иностранных инвестиций

Разработка офшорных месторождений требует значительных капиталовложений и передовых технологий, которые превышают возможности национальной нефтяной компании Sonangol. Привлечение иностранных инвесторов становится все более сложным на фоне конкуренции с другими нефтедобывающими регионами и растущей приверженности мировой энергетической отрасли к декарбонизации.

Инфраструктурные ограничения

Развитие нефтегазовой индустрии ограничено недостаточно развитой инфраструктурой, особенно внутри страны. Необходимы инвестиции в трубопроводы, терминалы, электроснабжение и транспортную сеть для обеспечения эффективной работы отрасли.

Возможности развития

Наряду с вызовами, перед ангольской нефтегазовой индустрией открываются значительные возможности для развития и трансформации. Эти возможности связаны как с традиционной нефтегазовой деятельностью, так и с энергетическим переходом.

Разведка недоисследованных бассейнов

Ангола обладает значительным потенциалом для открытия новых месторождений, особенно в глубоководных и ультраглубоководных зонах. Правительство активно работает над привлечением инвесторов для разведки в перспективных, но недостаточно изученных бассейнах, таких как бассейн Кванза и бассейн Намибе.

Развитие газовой отрасли

Природный газ представляет собой важное направление для диверсификации энергетического сектора. В отличие от нефти, газ рассматривается как переходное топливо в контексте глобальной декарбонизации, что открывает перспективы для долгосрочного спроса. Ангола имеет значительные запасы газа, которые могут быть использованы как для внутреннего потребления, так и для экспорта.

Внутреннее энергоснабжение

Развитие нефтегазовой индустрии может способствовать решению проблемы энергодефицита внутри страны. В настоящее время значительная часть населения Анголы не имеет доступа к электроэнергии. Использование попутного газа и развитие газовой генерации могут улучшить ситуацию с энергоснабжением и стимулировать экономический рост.

Развитие человеческого капитала

Нефтегазовая индустрия может стать платформой для развития национального человеческого капитала. Усиление программ обучения и переподготовки местных кадров, стажировки в международных компаниях и развитие научно-исследовательской базы создадут основу для устойчивого развития отрасли и экономики в целом.

Заключение

Нефтегазовая индустрия Анголы представляет собой сложную и многоаспектную систему, которая на протяжении двух десятилетий остается основой экономики страны. С момента окончания гражданского конфликта в 2002 году этот сектор стал катализатором национального восстановления и социально-экономического развития.

Петролеум продолжает оставаться основным источником доходов государственного бюджета, обеспечивая финансирование ключевых социальных программ и инфраструктурных проектов. Статус Анголы как второго крупнейшего производителя нефти в Африке подчеркивает значимость страны на континентальном и глобальном энергетическом рынке.

Создание завода сжиженного газа Angola LNG стало важным шагом в направлении диверсификации энергетического сектора и более эффективного использования природных ресурсов. Этот проект демонстрирует потенциал газовой отрасли и открывает новые возможности для экономического роста.

Вместе с тем, перед индустрией стоят серьезные вызовы, включая волатильность мировых цен, естественное истощение месторождений и необходимость привлечения инвестиций. Успешное преодоление этих вызовов требует комплексного подхода, включающего улучшение инвестиционного климата, развитие инфраструктуры и укрепление человеческого капитала.

Перспективы развития нефтегазовой индустрии Анголы связаны с разведкой новых месторождений, развитием газовой отрасли и интеграцией в глобальные энергетические цепочки создания стоимости. В условиях

глобального энергетического перехода важным становится поиск баланса между использованием традиционных углеводородов и развитием возобновляемых источников энергии.

Таким образом, нефтегазовая индустрия Анголы продолжает играть ключевую роль в экономическом развитии страны, однако её устойчивое развитие требует адаптации к меняющимся глобальным условиям и активной реализации имеющихся возможностей для диверсификации и модернизации.

ПРИМЕНЕНИЕ УСТАНОВКИ МОБИЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ НЕФТИ В РАМКАХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Астафьева К.И.
Россия, НШПП «Яреганефть» ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ», karina.kodaneva@lukoil.com

ВВЕДЕНИЕ

Нефтедобывающая отрасль России в условиях современных геополитических и экономических вызовов столкнулась с необходимостью ускоренного импортозамещения критически важного технологического оборудования. Особую актуальность эта задача приобретает на месторождениях с трудноизвлекаемыми запасами, где добыча и подготовка нефти сопряжена с рядом технологических сложностей.

НШПП – первое и единственное в России предприятие, которое извлекает запасы нефти шахтным способом, и на сегодняшний день не имеет аналогов в мировом масштабе.

Освоение трудноизвлекаемых запасов, к которым относятся месторождения сверхвязкой нефти, является стратегическим направлением для нефтедобывающей отрасли России. Характеризуясь высокой плотностью (до 950 кг/м^3) и вязкостью (порядка 3600 мПа·с), нефть месторождения требует применения специальных технологий на всех этапах — от добычи до подготовки. Особенности данной нефти, такие как склонность к образованию стойких эмульсий и высокое содержание механических примесей (до 1350 мг/дм^3), предъявляют исключительные требования к оборудованию для ее подготовки к транспортировке.

Ключевым технологическим звеном, отвечающим за доведение качества нефти до товарных кондиций, является Пункт подготовки и сбора нефти (ППСН). Именно на ППСН решается комплексная задача обезвоживания.

Наш пункт подготовки и сбора нефти (ППСН) введен в эксплуатацию в 2016 году. Его проектная мощность составляет колоссальные 29,324 млн. тонн водонефтяной эмульсии в год, в том числе 3,5 млн. тонн нефти в год. Это непрерывный, круглосуточный, процесс.

1.Первоначально, водонефтяная эмульсия, поступающая с 2 направлений по нескольким входным манифольдам, подвергается нагреву и последующей деэмульсации посредством гравитационного разделения в системе резервуаров-отстойников. На данном этапе происходит первичный сброс воды, снижающий обводненность эмульсии до 10%.

2.Далее эмульсия направляется насосной станцией через комплекс теплообменников в сердце системы - блок подготовки нефти с центробежными сепараторами.

Тут происходит ключевой процесс – 16 сепараторов создают огромные центробежные силы, которые разделяют эмульсию на товарную нефть, пластовую воду и мех. примеси.

3.Полученная товарная нефть направляется в буферные резервуары для стабилизации и последующей подачи на узел учета. Отделившаяся вода, в свою очередь, поступает в резервуары-отстойники пластовой воды для дальнейшей очистки и подготовки к повторному использованию или утилизации.

Система функциональна и обеспечивает подготовку нефти до 1 группы качества. Однако используемая технология центробежных сепараторов, хоть и обеспечивает подготовку нефти до 1 группы качества, имеет ряд критических недостатков:

- высокие эксплуатационные затраты и зависимость от импортных комплектующих;
- энергозатратность для создания необходимого центробежного ускорения;
- чувствительность к составу нефти и механическим примесям;

- сложность контроля: Использование большого количества центробежных сепараторов требует высокой точности настройки и постоянного контроля для поддержания оптимального режима работы. Отклонения от параметров ведут к неполному разделению фаз и загрязнению товарной нефти."

Таким образом только ежегодные операционные затраты на центробежные сепараторы составляют 334,5 млн рублей.

Таблица 1. Операционные затраты на обслуживание БЦС

Параметр		**Итог, руб./год**
ТО	3000	97 518 800
	6000	66 413 526
Дополнительные ЗИПы		4 666 200
Капитальный ремонт барабанов		117 905 000
Электроэнергия		8 265 753,5
Вывоз и утилизация нефтешлама		2 761 406,2
Всего		**294 530 685**

1. Цели и задачи

Основная цель работы – замена импортного Блока центробежных сепараторов на отечественную установку, обеспечивающую выполнение технологических требований по подготовке нефти.

Для достижения поставленной цели были сформированы следующие задачи:

- Проанализировать особенности и преимущества установок хитер-тритер и выявить возможные трудности;
- Определить наиболее подходящий для НШПП типа МУПН;
- Сделать сравнительный анализ потенциальных контрагентов, выбрать оптимального;
- Выполнить расчет экономической эффективности;
- Определить возможность дальнейшего тиражирования в другие структурные подразделения Общества.

2. Определение наиболее подходящего для НШПП типа МУПН

2.1 Опыт использования МУПН

Для достижения поставленной цели был проведен анализ успешного опыта применения технологий подготовки высоковязкой нефти на других предприятиях. Ярким примером является Установка подготовки нефти (УПН), где ведется подготовка нефти со схожими характеристиками: высокой вязкостью и сложным компонентным составом. Для обеспечения проектной производительности на УПН успешно эксплуатируется шесть установок типа «Хитер-Тритер». Важно отметить, что проектная мощность каждой такой установки составляет порядка 350 тонн в час, что демонстрирует их высокую производительность и надежность в непрерывном режиме работы.

Данный опыт служит весомым практическим доказательством того, что технология подготовки, основанная на комбинации нагрева, гравитационного отстоя и коалесценции, является эффективной и апробированной для задач, аналогичных стоящим перед ППСН. Она позволяет стабильно достигать требуемых товарных показателей качества нефти в реальных производственных условиях.

На основании этого анализа, а также с учетом задач импортозамещения, в качестве основного решения для замены импортного Блока центробежных сепараторов предлагается к внедрению отечественная Мобильная установка подготовки нефти (МУПН), принцип действия которой аналогичен установкам «Хитер-Тритер» и адаптирован для работы со сверх вязкой нефтью.

Сравнительный анализ технологий представлен в Таблице 2.

Таблица 2. Сравнительная характеристика технологий подготовки нефти

Параметр	**Центробежные сепараторы**	**Установка Хитер-тритер**
Страна производства	Германия	Россия
Используемые методы подготовки	- Использование центробежных сил	-Нагрев поступающей жидкости; -Гравитационный отстой; -Коалесцентные методы
Эффективность разделения	Средняя (зависит от стабильности потока)	Высокая
Чувствительность к составу входящей НСЖ	Высокая	Низкая
Сложность обслуживания	Высокая	Средняя

2.2 Принцип работы МУПН типа «Хитер-Тритер»

Мобильная установка подготовки нефти УПН типа «Хитер Тритер» предназначена для разделения продукции нефтедобывающих скважин и подготовки нефти до требуемых норм качества. Установка используется для эффективного нагрева, обезвоживания и обессоливания нефтяных эмульсий и подготовки товарной нефти.

В отличие от центробежного разделения, МУПН использует гравитационные и коалесцентные методы, которые, как показывают научные исследования, более эффективны для обработки широкого спектра нефтей, особенно с высоким содержанием мехпримесей и пластовой воды.

1. Эмульсия поступает через верхний штуцер в нагревательную камеру, где происходит ее интенсивный нагрев.

Нагрев решает две основные задачи:

- уменьшает вязкость нефти;
- увеличивает разность плотностей нефти и воды;

2. Нагретая смесь поступает в отстойную зону, где под действием гравитации происходит разделение на нефть, воду и мех. примеси;

3. Далее происходит процесс тонкой очистки. Нефть проходит через коалесцентные блоки для финального обезвоживания;

4. Обезвоженная нефть поступает после секции коалесцера попадает в отстойную камеру и через перегородку переливается в сборник нефти, расположенный на правом днище. В сборнике нефти поддерживается постоянный уровень.

2.3 Преимущества МУПН типа «Хитер-Тритер»

- многофункциональность – установка может выполнять сразу несколько функций по переработке нефти;
- сепарация первичного сырья в неограниченном объеме вне зависимости от давления;

- низкая концентрация воды (менее 5%) за счет модернизированных систем фильтрации;
- повышенный уровень пожаробезопасности;
- автоматическая система контроля безопасности.

2.4 Предлагаема технологическая схема подготовки нефти с МУПН

Потоки водонефтяной эмульсии поступают на ППСН через входные манифольды. В новой схеме они сразу направляются в блок предварительной подготовки- МУПН. Здесь происходит:

- интенсивный нагрев эмульсии до оптимальной температуры;
- обезвоживание нефти до 5% обводненности;
- предварительное отделение механических примесей.

Далее полученная НСЖ доготавливается в резервуарах-отстойниках и далее направляется в буферные резервуары после чего поступает на узел учета и подается на ПСП.

Отделенная вода:

- перекачивается на установки водоподготовки;
- проходит окончательную очистку.

Ключевые особенности новой схемы:

- линейный последовательный процесс без циклических операций;
- полное исключение центробежных сепараторов.

3. Анализ отечественного рынка поставщиков МУПН

В рамках исследования возможностей импортозамещения был проведен анализ российских производителей оборудования для подготовки нефти. На текущий момент на рынке присутствует ряд компаний, обладающих необходимым техническим и производственным потенциалом для создания мобильных установок подготовки нефти (МУПН), адаптированных к работе со сверхвязкими нефтями.

Среди ключевых игроков можно выделить компании, такие как «МодульНефтеГазИнжиниринг», «Бантер Групп» и «НефтеХимМаш», которые демонстрируют соответствие высоким отраслевым стандартам. Анализ проводился по трем основным критериям:

1. Техническая компетентность и опыт. Рассматриваемые компании имеют подтвержденный опыт в проектировании и изготовлении нефтегазоводоразделительного оборудования, а также портфель реализованных проектов. Их компетенции включают способность адаптировать решения к специфическим условиям, таким как нетипичные свойства сырья.

2. Производственные возможности. Компании располагают собственными производственными мощностями, оснащенными современным оборудованием, и внедряют сертифицированные системы контроля качества. Обладают компетенциями в организации опытно-промышленных испытаний.

3. Финансовая устойчивость и репутация. Представленные на рынке поставщики демонстрируют стабильное финансовое положение и имеют положительную деловую репутацию, что является важным фактором минимизации рисков при реализации крупных проектов.

Проведенный анализ показал, что отечественный рынок обладает достаточным потенциалом и предлагает технологические решения, которые в целом соответствуют требованиям для модернизации технологической цепи на ППСН. Наличие нескольких конкурентоспособных поставщиков создает благоприятные условия для дальнейшего технико-коммерческого сравнения и выбора оптимального решения.

4. Технико-экономический расчет

Сейчас на нашем производстве ежегодные операционные затраты на сепараторы составляют 334,5 млн рублей.

Таблица 3. Операционные затраты на обслуживание БЦС

Параметр	Итог, руб./год
ТО	323 537 765,9
Электроэнергия	8 265 753,5
Вывоз и утилизация нефтешлама	2 761 406,2
Всего	**334 564 926,6**

Для перехода на НГВРП «Хитер-Тритер» потребуются единовременные вложения в размере 1195 млн рублей. Сюда входит: Закупка оборудования, Монтаж и настройка, Обучение персонала, доставка до производства.

Таблица 4. Капитальные затраты на внедрение проекта

Параметр	Стоимость, руб.
Закупка оборудования	1 116 млн.
Монтаж и настройка оборудования	
Обучение персонала	
Транспортные расходы	79 млн
ИТОГ	**1 195 млн.**

Главный экономический эффект – сокращение ОЗ на 206,7 млн рублей ежегодно (с 320,8 до 148,350 млн руб.).

Эти 60,3% экономии достигаются при переходе на отечественный нефтегазоводоразделитель, за счет комплекса факторов, вытекающих из локализации производства и оптимизации технологических решений. В первую очередь, упрощение логистических цепочек играет ключевую роль: благодаря территориальной близости завода-изготовителя, доставка оборудования и запасных частей осуществляется в кратчайшие сроки, минимизируя простои и снижая транспортные издержки. Во-вторых, полный цикл производства комплектующих на одном предприятии обеспечивает строгий контроль качества и позволяет оперативно реагировать на потребности заказчика, исключая зависимость от сторонних поставщиков и колебаний цен на импортные компоненты. И наконец, более простая и надежная конструкция нефтегазоводоразделителя, в сравнении со сложными центробежными системами, предполагает меньшую вероятность поломок и, как следствие, сокращение расходов на ремонт и техническое обслуживание, обеспечивая стабильную и бесперебойную работу всего технологического процесса.

Таблица 5. Снижение операционных затрат после внедрения проекта

Параметр	Итог
ТО	↓60%
Электроэнергия	↓20%
Вывоз и утилизация нефтешлама	0%
Общее снижение операционных затрат	**↓60,3%**
	~201,6 млн.

4.2 Расчет сроков окупаемости

Срок окупаемости численно равен отношению капитальных затрат и годовой экономии. Соответственно: 1195 млн руб. / 201,7 млн руб. = 5,11 лет

$$\text{PP} = \frac{CAPEX}{OPEX_{\text{БЦС}} OPEX_{\text{МУПН}}} = \frac{1\ 195 \text{ млн. руб}}{201{,}64 \text{ млн. руб/год}} = 5{,}93 \sim 5 \text{ лет } 11 \text{ месяцев}$$



Рис. 1 – Окупаемость проекта

5. Анализ рисков

Внедрение любого нового технологического решения сопряжено с определенными рисками. Для проекта замены импортного Блока центробежных сепараторов (БЦС) на отечественную Мобильную установку подготовки нефти (МУПН) был проведен комплексный анализ потенциальных угроз, который позволил выработать меры по их минимизации. Риски сгруппированы по следующим категориям: технические, технологические, экономические и организационные.

Категория риска	Конкретный риск	Вероятность	Влияние	Степень риска	Меры по минимизации
Технические	Несоответствие фактической производительности МУПН проектным показателям.	Средняя	Высокое	Высокий	Проведение ОПИ перед заключением контракта на поставку.
	Недостаточная эффективность разделения стойких эмульсий.	Средняя	Высокое	Высокий	Подбор необходимой дозировки деэмульгаторов и оптимизация температурного режима в ходе ОПИ.

	Низкая надежность оборудования, частые простои.	Низкая	Высокое	Средний	Выбор поставщика с подтвержденной репутацией, заключение договора, создание запаса критически важных запчастей.
Технологические	Нестабильность входных параметров НСЖ	Высокая	Среднее	Высокий	Разработка гибкой технологической схемы, допускающей колебания параметров.
	Сложность интеграции МУПН в существующий технологический цикл ППСН.	Средняя	Среднее	Средний	Детальное предпроектное обследование, разработка комплексной схемы обвязки и автоматизации.
Экономические	Превышение бюджета проекта (CAPEX).	Средняя	Среднее	Средний	Жесткий контроль сметы на этапе закупки, выбор конкурентоспособных предложений, фиксированная цена в контракте.
	Рост операционных расходов (OPEX) выше прогнозируемого уровня.	Низкая	Среднее	Низкий	Тщательный расчет энергопотребления и затрат на реагенты на этапе ТЭО. Мониторинг эксплуатационных затрат после внедрения.
	Недостижение планового экономического эффекта из-за скрытых затрат.	Средняя	Среднее	Средний	Полный учет всех статей затрат в ТЭО (логистика, обучение персонала, утилизация отходов).
Организационные	Неготовность персонала к эксплуатации и ТО нового оборудования.	Высокая	Среднее	Высокий	Разработка и реализация подробной программы обучения оперативного и ремонтного персонала совместно с поставщиком МУПН.
	Нарушение графика поставки и ввода в эксплуатацию.	Средняя	Высокое	Высокий	Включение в контракт штрафных санкций за срыв сроков, регулярный мониторинг этапов производства.

Заключение

Применение МУПН на входе ППСН позволит решить ряд вопросов:

- Снижение операционных затрат на обслуживание ППСН;
- Экономия пара на подогрев входящей НСЖ на ППСН;
- Увеличение полезного объема резервуаров входной группы для размещения менее обводненной эмульсии и увеличение времени отстоя;
- Охлаждение потока пластовой воды, поступающего на участок недр;
- Вывод мех. примесей из поступающего потока НСЖ уже на этапе предварительного сброса. Снижение количества мех. примесей, осаждаемых в резервуарах;
- Стабилизация качества поступающей воды на установку подготовки пластовой воды за счет исключения «пробросов» с высоким содержанием нефтепродуктов.

Внедрение МУПН на входе ППСН – это не просто замена устаревшего оборудования, а переход к более эффективной и устойчивой системе подготовки нефти. Этот проект имеет большой потенциал для масштабирования и применения на других месторождениях компании, где требуются экономичные и экологически безопасные решения для подготовки нефти.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБВЯЗКИ КОМПРЕССОРА
MODERNIZATION OF THE TECHNOLOGICAL AUXILIARY SYSTEMS OF COMPRESSOR

Ахмеров Р.Ф.
Akhmerov R.F.
ПАО «Сургутнефтегаз» Управление по переработке газа, rinat_akhmerov@vk.com

Управление по переработке газа ПАО «Сургутнефтегаз» представляет собой современный газоперерабатывающий завод, в состав которого входят несколько ключевых производственных объектов, а именно: установки компримирования и переработки газа №1, 2 (далее – УКПГ–1, 2) предназначенные для приема и переработки попутного нефтяного газа и газа «низкого» давления, а также установка переработки газа №3 (далее – УПГ–3) предназначенная для приема и переработки компримированного попутного нефтяного газа. Каждая из этих установок играет важную роль в общем технологическом процессе, обеспечивая стабильную и бесперебойную работу всего комплекса [4, 6].

Для обеспечения компримирования и приема попутного нефтяного газа «низкого» давления на УКПГ– 1, 2 используются две группы компрессоров («А» и «В») с тремя ступенями компримирования каждая: компрессор №1А/В – I ступень, №6А/В – II ступень и №2А/В - III [5].

Компрессор №3А предназначен для приема компримированного газа в период проведения планово-предупредительного ремонта УПГ–3.

Компрессорное оборудование является одним из наиболее энергоёмких и критически важных узлов газоперерабатывающих производств. От стабильности его работы зависит непрерывность технологической цепочки, соблюдение контрактных обязательств по поставке газа, а также энергетическая эффективность всего комплекса. Многоступенчатая структура компримирования позволяет обеспечить требуемые параметры давления, однако приводит к высокой загрузке электродвигателей и увеличенным эксплуатационным затратам. В этих условиях поиск рациональных схем работы компрессоров без изменения их конструктивных элементов является актуальной инженерной задачей [1, 3].

Производимый на УКПГ– 1, 2 и УПГ–3 сухой газ используется на собственные нужды потребителями. При этом для обеспечения поставки сухого газа на дальние расстояния используется третья ступень компримирования группы «В» УКПГ– 1, 2 (компрессор №2В). Прием попутного нефтяного газа на УКПГ– 1, 2 и подача сухого газа потребителям осуществляется по схеме, указанной на рисунке 1.

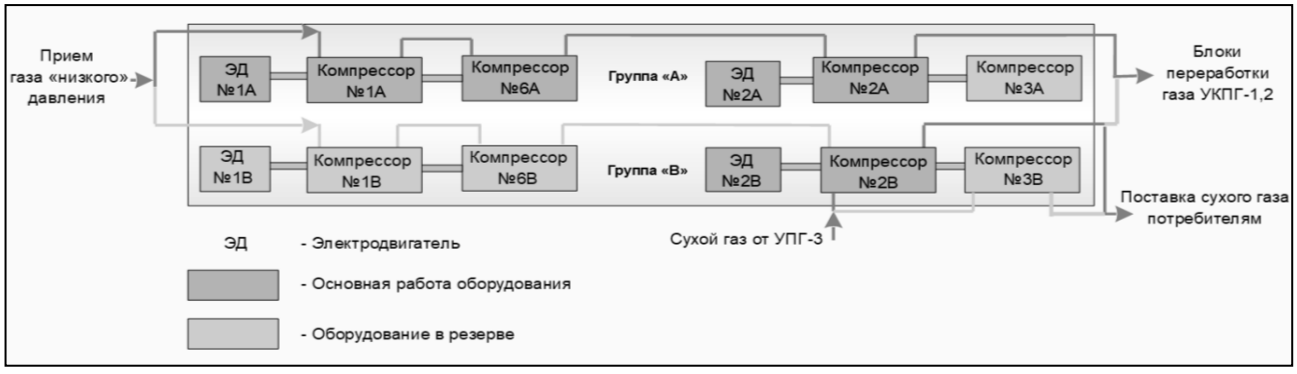


Рис. 1 - Существующий режим работы

В данном режиме в работе одновременно находится группа «А» и компрессор №2В с 3 электродвигателями (ЭД №1А, ЭД №2А – режим компримирования попутного нефтяного газа и ЭД №2В – режим поставки сухого газа потребителям).

В таком случае, вопрос оптимизации производственных мощностей, без конструктивных изменений проточной части, является одной из перспективных и актуальных задач на сегодняшний день [2].

В соответствии с технологической схемой УКПГ-1, 2 существует дополнительная возможность транспортировки сухого газа потребителям с использованием компрессора №3В. Данный компрессор конструктивно объединен с компрессором №2В располагаясь с ним на общем фундаменте и раме, имеют общий привод от одного электродвигателя ЭД №2В через зубчатую передачу. При этом параметры его работы не позволяют обеспечить поставку сухого газа от УПГ – 3 потребителям в требуемых объемах.

В соответствии с производственной программой, на рисунке 2 представлена информация о запланированных объемах поставок сухого газа, поступающего от Управления по переработке газа ПАО «Сургутнефтегаз» к потребителям.

Проведенный анализ выявил выраженную сезонную неравномерность, обусловленную изменением температурных условий в течение года. В зимний период, когда температура наружного воздуха существенно снижается, потребность в сухом газе возрастает, что приводит к увеличению его часового расхода. В летний период напротив, снижение температурной нагрузки приводит к уменьшению спроса, в результате чего часовой расход сухого газа сокращается. Данная тенденция наглядно отражена на рисунке 2, где прослеживается корреляция между температурой окружающей среды и объемами поставок сухого газа.

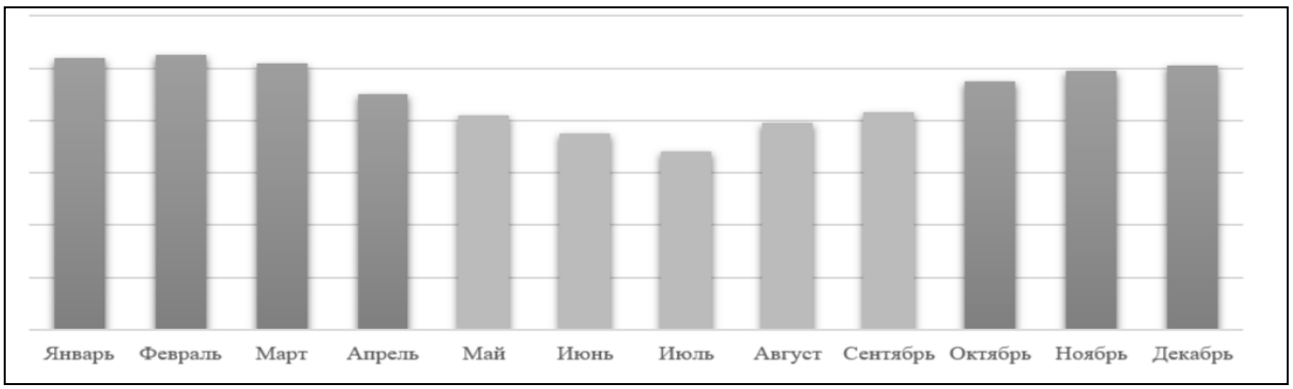


Рис. 2 - План поставки сухого газа, тыс. м³/ч

С целью оптимизации производственных мощностей предлагается рассмотреть возможность применения в летний период для компримирования сухого газа от УПГ – 3 и дальнейшей поставки потребителям компрессор №3В, а группу «В» с компрессором №2В для приема попутного нефтяного газа (Рис. 3).

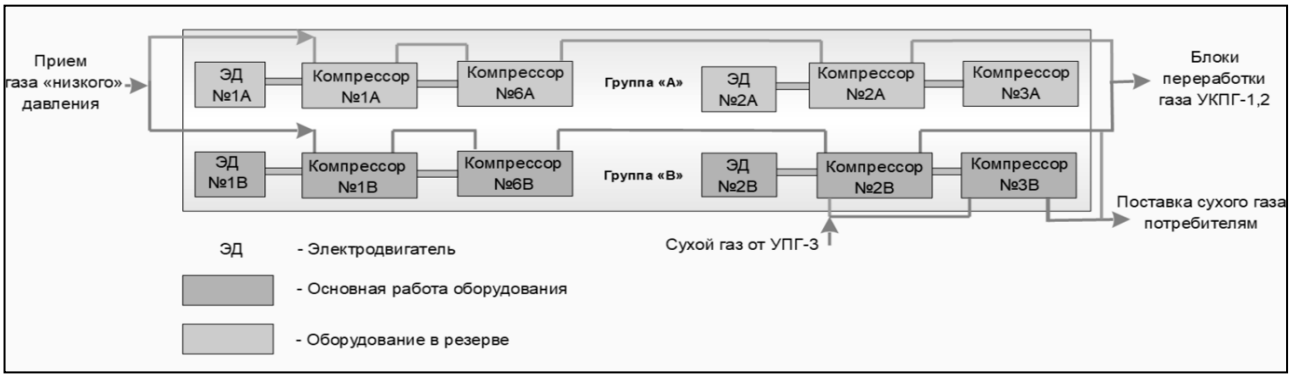


Рис. 3 - Предлагаемый режим работы

В таблице 1 приведены технические характеристики компрессоров №2В и №3В. Для корректного сравнительного анализа двух компрессоров, все количественные параметры были приведены к безразмерному виду. За базовые значения (100 %) были приняты номинальные параметры компрессора №2В. Такой подход позволяет провести анализ технологической и энергетической эффективности, не раскрывая конкретных коммерческих и проектных значений.

Таблица 1. Сравнительная характеристика компрессоров №2В и №3В

Параметр	№2В	№3В	Относительное изменение
Производительность	100 %	87,2 %	- 12,8 %
Давление на входе	100 %	212,5 %	+ 112,5 %
Давление на выходе	100 %	96,6 %	- 3,4 %
Потребляемая мощность	100 %	44,7 %	- 55,3 %

Исходя из данных таблицы 1, входное давление компрессора №3В в 2 раза превышает входное давление №2В. Соответственно, для использования компрессора №3В в режиме поставки сухого газа от УПГ-3 потребуется дополнительная проработка данного вопроса.

Компрессоры №3В предназначены для компримирования сухого газа с УКПГ-1, 2, фактическое давление сухого газа с УПГ–3 меньше на 37 %, следовательно, для применения компрессора №3В в режиме поставки сухого газа от УПГ–3, требовалось проработать вопрос снижения входного давления компрессора №3В с производителями (поставщиками) компрессорного оборудования.

По итогам проведенных консультаций с производителями (поставщиками) компрессорного оборудования получены рекомендации о возможности снижения входного давления на 58 % без изменения проточной части при условии снижения выходного давления на 47 % и уменьшении производительности на 20 %.

В данном режиме работы на УКПГ-1, 2 прием попутного нефтяного газа и поставка сухого газа обеспечивается работой компрессоров группы «В» с двумя электродвигателями ЭД №1В и ЭД №2В. Компрессор №2В обеспечивает компримирование попутного нефтяного газа (третья ступень компримирования группы «В»), компрессор №3В, подключенный через промежуточный вал к электродвигателю ЭД №2В.

Для проверки работоспособности компрессора №3В в новых условиях была проведена пробная загрузка в режиме компримирования сухого газа от УПГ–3. Полученные результаты показали, что с учетом сниженной производительности оборудование способно обеспечить бесперебойные поставки сухого газа в период с мая по сентябрь.

Сравнение базового режима эксплуатации и предложенной схемы показало, что перераспределение нагрузки между группами «А» и «В» позволяет снизить суммарную потребляемую мощность на 55 %.

В ходе опытно-промышленной эксплуатации особое внимание уделялось контролю вибрационных характеристик компрессора №3В и температурному состоянию подшипников. Данные значения не превышали предельно допустимых значений, что свидетельствует об отсутствии повышенной динамической нагрузки при работе на сниженных параметрах.

Снижение количества одновременно работающих электродвигателей с трёх до двух приводит к уменьшению годового энергопотребления. По предварительным расчётам, снижение потребления электроэнергии в летний период составляет до 55 %, что обеспечивает значительный экономический эффект даже при учёте сезонного характера применения предлагаемого решения.

Научная новизна работы состоит в разработке и экспериментальном подтверждении технологии сезонной оптимизации работы компрессоров без изменения проточной части и без вывода оборудования из эксплуатации.

Практическая значимость заключается в возможности внедрения предложенного режима на аналогичных предприятиях без капитальных затрат.

Таким образом, предложенная оптимизация режима работы компрессоров представляет собой эффективное решение задачи рационального использования технологических мощностей без внесения конструктивных изменений в оборудование. Полученные результаты могут быть использованы при дальнейшем совершенствовании системы компримирования газа предприятия и разработке программ повышения энергоэффективности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Бекиров Т.М. Первичная переработка природных газов. – М.: Химия, 1987. – 256 с.
2. Мурин В.И., Кисленко Н.Н., Ю.В. Сурков Ю.В. Технология переработки природного газа и конденсата: справочник. — М. — 2002. — 512 с.
3. Калачев В.В., Беляев И.Н. Процессы и аппараты нефтегазоперерабатывающей промышленности. — СПб.: Профессионал, 2019. — 368 с.
4. Меркулов А.П. Газоперерабатывающие заводы: технология и оборудование — М.: Недра, 2018. — 412 с.
5. Чуракаев А.М. Газоперерабатывающие заводы и установки. — М.: Недра, 1994. — 128 с.
6. Лыткин Н.П. Компримирование и подготовка углеводородных газов. — М.: Химия, 2018. — 288 с.

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ ПРОМЫСЛОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ САМОТЛОРА

APPLICATION OF AUTOMATED COMPLEXES FOR MONITORING AND CORROSION PROTECTION OF SAMOTLOR FIELD PIPELINES

Буркин Я.А.
Burkin Ya.A.
Россия, НефтИн (филиал) ФГБОУ ВО ЮГУ Нефтяной институт, yaroslavburkin570@mail.ru
Russia, NeftIn (branch) of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, the Russian Petroleum Institute, yaroslavburkin570@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается проблема коррозионного разрушения трубопроводов системы сбора продукции на поздней стадии разработки Самотлорского месторождения. Показано, что традиционные методы защиты становятся недостаточно эффективными из-за высокой изменчивости параметров добычи. Предложена концепция автоматизированной системы антикоррозийной защиты (АСАКЗ), реализующей замкнутый цикл управления коррозией на основе непрерывного мониторинга и адаптивного дозирования ингибиторов. Описана трехуровневая структура системы и приведены основные преимущества ее внедрения.

Ключевые слова: коррозия, автоматизированная система, ингибиторная защита, Самотлорское месторождение, система сбора, трубопроводы, промышленная безопасность.

Введение

Самотлорское месторождение, одно из крупнейших в России, находится на поздней стадии разработки, что сопровождается существенным изменением состава добываемой продукции. Долгосрочная эксплуатация привела к повышению обводненности, увеличению минерализации пластовых вод и росту концентрации агрессивных компонентов, таких как сероводород и углекислый газ. Эти факторы создают крайне агрессивную коррозионную среду внутри промысловых трубопроводов системы сбора нефти и газа.

Традиционные методы защиты от коррозии, основанные на периодической закачке ингибиторов по фиксированному регламенту, не учитывают оперативных изменений коррозионной обстановки. Высокая динамика технологических параметров (дебит, обводненность, давление, температура) делает такие методы недостаточно эффективными и приводит к либо недостаточной защите, либо перерасходу реагентов. В этих условиях особую актуальность приобретает внедрение автоматизированных систем антикоррозийной защиты (АСАКЗ), способных в реальном времени адаптировать процесс ингибирования к фактическому состоянию трубопроводов.

Концепция АСАКЗ: замкнутый цикл управления коррозией

Автоматизированная система антикоррозийной защиты представляет собой комплекс технических и программных средств, обеспечивающих замкнутый цикл управления коррозией, включающий четыре основных этапа: измерение, анализ, принятие решения и воздействие.

Измерение. На трубопроводах системы сбора устанавливаются датчики коррозии (электрохимические, резистометрические или ультразвуковые), которые непрерывно регистрируют скорость коррозии, а также датчики технологических параметров (расход, давление, температура, pH, содержание агрессивных газов). Эти данные в режиме реального времени поступают в систему сбора информации.

Анализ. Полученная информация обрабатывается программным обеспечением, которое выполняет математический анализ коррозионной обстановки, выявляет тренды, прогнозирует развитие повреждений и оценивает эффективность текущей защиты.

Принятие решения. На основе анализа система автоматически формирует оптимальное управляющее воздействие – определяет необходимую дозировку ингибитора коррозии для каждого участка или всего трубопровода в целом. Возможно также формирование рекомендаций для оператора.

Воздействие. Исполнительные устройства – дозирующие насосы с частотным регулированием – изменяют подачу ингибитора в соответствии с полученными командами. Таким образом, реагент подается не по жесткому регламенту, а строго в зависимости от фактической потребности, что позволяет поддерживать скорость коррозии в заданных пределах.

Структура автоматизированной системы

Структурно АСАКЗ строится по иерархическому принципу и включает три основных уровня:

Полевой уровень (нижний уровень). Состоит из первичных измерительных преобразователей (датчиков коррозии и технологических параметров), устанавливаемых непосредственно на трубопроводах, а также исполнительных механизмов – дозирующих насосов и регулирующей арматуры. Датчики обеспечивают непрерывный мониторинг коррозионной активности и передают данные на верхние уровни.

Уровень контроллеров (средний уровень). Включает программируемые логические контроллеры (ПЛК), которые осуществляют сбор данных с датчиков, их первичную обработку, а также локальное регулирование подачи ингибитора по заданным алгоритмам. Контроллеры могут работать автономно или по командам с верхнего уровня, обеспечивая надежность и быстродействие управления.

Диспетчерский уровень (верхний уровень). Реализован на базе SCADA-системы, установленной на автоматизированном рабочем месте оператора. Здесь выполняется комплексный анализ коррозионной обстановки по всему месторождению, визуализация данных, ведение архива, прогнозирование развития коррозионных процессов и формирование оптимальных стратегий защиты. SCADA-система обеспечивает интерфейс для взаимодействия оператора с системой и возможность ручного управления при необходимости.

Такая трехуровневая архитектура обеспечивает гибкость, масштабируемость и высокую надежность управления коррозией в системе сбора.

Преимущества внедрения АСАКЗ

Опыт внедрения подобных систем на объектах нефтедобычи демонстрирует значительные технико-экономические и экологические эффекты:

- **Снижение скорости коррозии в системе сбора на 85–95 %.** Непрерывный контроль и адаптивное дозирование ингибитора позволяют практически полностью подавить коррозионные процессы, предотвращая аварийные разрушения трубопроводов.
- **Сокращение расхода ингибиторов на 15–30 %.** Подача реагента только по фактической необходимости исключает его перерасход, что дает существенную экономию средств при сохранении высокой эффективности защиты.
- **Увеличение межремонтного периода трубопроводов.** Замедление коррозионного износа продлевает срок службы труб, сокращает частоту ремонтов и замен, снижает эксплуатационные затраты.
- **Снижение риска разливов и экологических нарушений.** Предотвращение коррозионных разрывов исключает аварийные разливы нефти и пластовых вод, что особенно важно для экологически чувствительных районов Западной Сибири.
- **Исключение влияния человеческого фактора.** Автоматизация исключает ошибки персонала при дозировании реагентов и оценке коррозионной ситуации, повышая надежность защиты.
- **Повышение промышленной и экологической безопасности.** Комплексный эффект от внедрения АСАКЗ способствует соответствию современным требованиям в области охраны труда, промышленной безопасности и охраны окружающей среды.

Заключение

Автоматизированная система антикоррозийной защиты является эффективным инструментом повышения надежности и безопасности эксплуатации системы сбора продукции на зрелых месторождениях, таких как Самотлорское. Переход от регламентного обслуживания к адаптивному управлению на основе непрерывного мониторинга позволяет не только снизить затраты на ингибиторы и ремонты, но и минимизировать экологические риски. Внедрение АСАКЗ следует рассматривать как приоритетное направление технического перевооружения объектов нефтедобычи, обеспечивающее долгосрочную и безаварийную эксплуатацию трубопроводных систем.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Савельева, Н. Н. Нефтегазовое оборудование. Оборудование скважин / Н. Н. Савельева. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2020. – 102 с. – ISBN 978-5-9961-2223-3.
2. Маркин, А.Н. Автоматизация процессов ингибиторной защиты / А.Н. Маркин // Нефтяное хозяйство. – 2023. – № 7. – С. 58–62.
3. ГОСТ Р 58367-2019. Оборудование нефтепромысловое. Защита от коррозии. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2019.
4. Техническая документация по эксплуатации системы сбора Самотлорского месторождения / АО «Самотлорнефтегаз». – Нижневартовск, 2024.
5. Савельева, Н. Н. Нефтегазопромысловое оборудование: Учебно-методическое пособие для студентов направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело» (уровень бакалавриата) всех форм обучения / Н. Н. Савельева, И. Ю. Соколова, О. В. Беляев. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2018. – 100 с.
6. Application of PCIU for protection of emergency pipelines against corrosion / N. N. Saveleva, A. R. Salyakhova, K. E. Koretskiy, P. E. Koretskiy // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Tyumen, 24–25 августа 2020 года. – Tyumen, 2020. – P. 012030. – DOI 10.1088/1757-899X/952/1/012030.

ВЫБОР СХЕМЫ И РАСЧЕТ УСТАНОВКИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ДАВЛЕНИЙ В НЕФТЯНЫХ ДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИНАХ

SELECTION OF A SCHEME AND CALCULATION OF AN INSTALLATION FOR REDUCING LINEAR PRESSURE LOSSES IN OIL PRODUCTION WELLS

Дитирва Н.Д.
Ditirwa N.J.
Россия, Российский государственный университет нефти и газа имени И. М. Губкина, julietneo01@gmail.com
Russia, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), julietneo01@gmail.com

Поддержание пластового давления (ППД) на нефтяных залежах

Система ППД представляет собой комплекс технологического оборудования, необходимый для подготовки, транспортировки, закачки рабочего агента в пласт нефтяного месторождения с целью поддержания пластового давления и достижения максимальных показателей отбора нефти из пласта.

Система поддержания пластового давления должна обеспечивать:

а) объемы закачки воды в продуктивные пласты и давления ее нагнетания по скважинам участка, объектам разработки и месторождению в целом в соответствии с технологическими схемами и проектами разработки;

б) подготовку закачиваемой воды до кондиций (по составу, физико-химическим свойствам, содержанию мехпримесей, кислорода и микроорганизмов), удовлетворяющих требованиям технологических схем и проектов разработки;

в) возможность систематических замеров приемистости скважин, учета закачки воды как по каждой скважине, их группам, по пластам и объектам разработки, так и по месторождению в целом, контроль ее качества;

г) герметичность и надежность эксплуатации, применение замкнутого цикла водоподготовки и заводнения с использованием сточных вод;

д) возможность изменения режимов закачки воды в скважины, проведение ГРП и ОПЗ с целью повышения приемистости пластов, охвата их заводнением, регулирования процесса вытеснения нефти к забоям эксплуатационных скважин

Система ППД включает в себя следующие технологические узлы (см. рис 1):

- систему нагнетательных скважин;
- систему трубопроводов и распределительных блоков (ВРБ);
- станции по закачке агента (БКНС);
- оборудование для подготовки агента для закачки в пласт.

Схема системы ППД для подготовки, транспортировки, закачки рабочего агента показано на рисунке 1.

Проблемы эксплуатации насосных скважин при высоких линейных и затрубных давлениях

Постановка проблемы

В процессе механизированной насосной эксплуатации добывающих нефтяных скважин свободный газ на приеме насоса вследствие естественной или искусственной (при установке газосепаратора у входа в насос) сепарации частично отделяется от жидкости и поступает в затрубное пространство. При накоплении газа в затрубном пространстве давление в нем постепенно повышается. Увеличение давления затрубного газа при эксплуатации скважин повышает забойное давление, депрессия на продуктивный пласт снижается, и добыча нефти падает. При высоком линейном давлении увеличение затрубного давления вследствие накопления газа приводит к оттеснению и снижению динамического уровня вплоть до приема насоса, что вызывает срыв подачи и

преждевременные отказы оборудования. Недостаточный уровень жидкости над насосом приводит к существенным осложнениям в работе скважинных насосных установок и снижению их КПД.

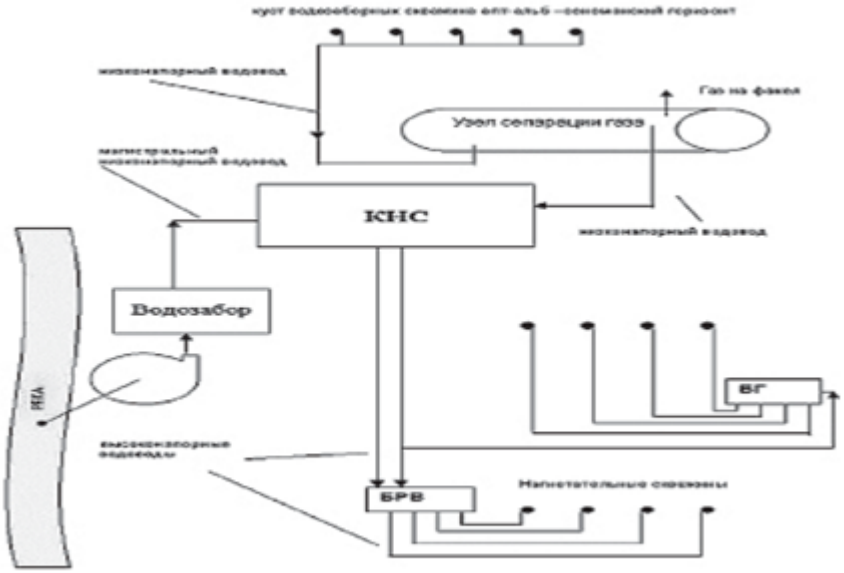


Рис. 1

Рост газового фактора

Следует отметить еще одно важное обстоятельство, установленное на основе анализа промысловых данных. При разработке нефтяных месторождений с заводнением газовый фактор существенно возрастает (может повыситься даже в два раза). Это происходит за счет перехода компонентов попутного нефтяного газа (метана-этана-пропана) из нефти в воду. Такое повышение газового фактора, несомненно, способствует росту проблем, связанных с увеличением влияния свободного газа на работу погружных центробежных и штанговых глубинных насосов, накоплением газа и повышением давления в затрубных пространствах добывающих скважин.

Способы решения высоких линейных давлений

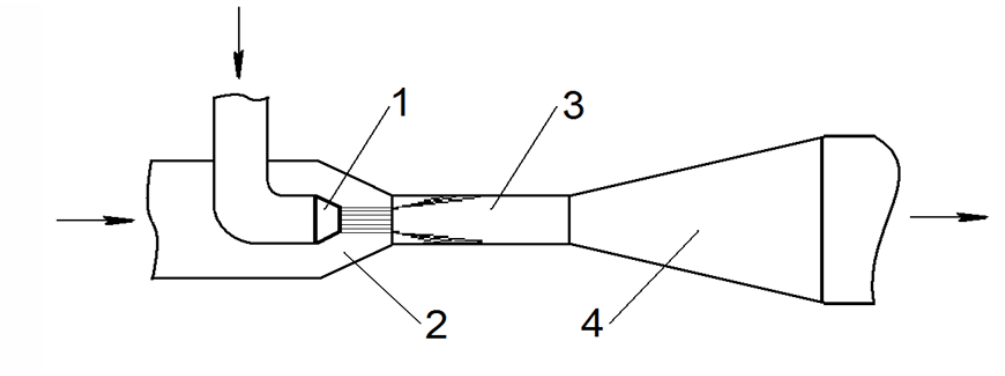
- использование струйного аппарата (эжектора);
- Схема систем «ТАНДЕМ» для добычи нефти из скважин с осложнёнными условиями;
- реализация водогазового воздействия на пласт с использованием ПНГ из затрубных пространств добывающих скважин;
- перепуск затрубного газа в НКТ через газлифтный клапан (оказался неэффективным);
- откачка затрубного газа компрессором в коллектор.

1. Схема струйного аппарата

Струйными аппаратами (струйными насосами, эжекторами) называются устройства, в которых происходит смешение и энергообмен двух потоков разных давлений с образованием смешанного потока.

2. Реализация водогазового воздействия на пласт с использованием ПНГ из затрубных пространств добывающих скважин

3.Технологическая схема насосно-эжекторной системы для водогазового воздействия на пласт с использованием попутного нефтяного газа из затрубных пространств добывающих скважин была разработана с учетом опыта внедрения установки ВГВ на Самодуровском месторождении.



1 – рабочее сопло, 2 – приемная камера, 3 - камера смешения, 4 – диффузор.

Рис. 2 - Схема струйного аппарата

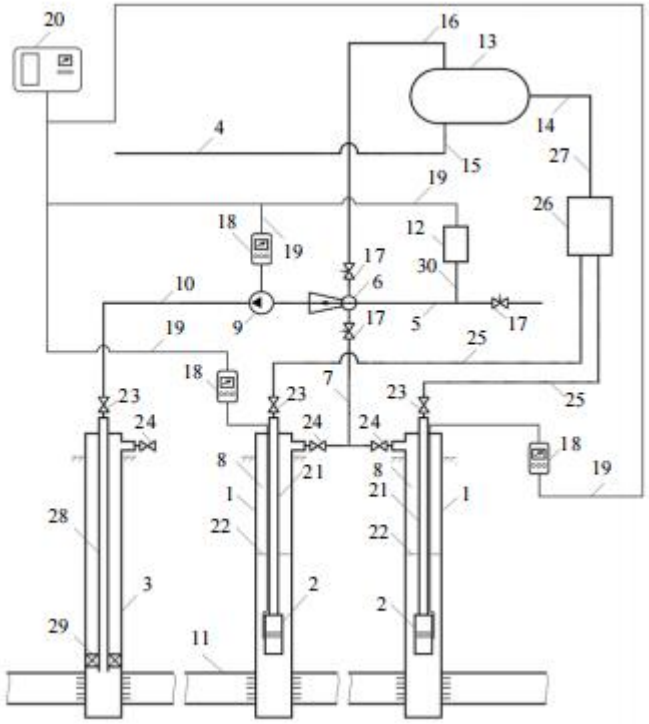


Рис. 1. Принципиальная схема насосно-эжекторной системы

1 – нефтяные добывающие скважины куста;
2 – установки погружных насосов;
3 – нагнетательная скважина;
4 – нефтесборный коллектор;
5 – линия нагнетания воды;
6 – эжектор;
7 – линия отбора газа;
8 – затрубные пространства;
9 – дожимной насос;
10 – линия закачки водогазовой смеси;
11 – пласт;
12 – установка дозирования реагентов;
13 – сепаратор;
14 – линия подачи водонефтегазовой смеси;
15 – выходная жидкостная линия;
16 – выходная газовая линия;
17 – регулируемые задвижки;
18 – частотно-регулируемые приводы;
19 – питающие кабели;
20 – автономная энергоустановка на возобновляемых источниках энергии;
21 – НКТ добывающих скважин;
22 – динамические уровни в добывающих скважинах;
23 – трубные задвижки;
24 – затрубные задвижки;
25 – выкидные линии;
26 – групповая замерная установка;
27 – выходная линия;
28 – НКТ нагнетательной скважины;
29 – пакер;
30 – трубка

Рис. 3 - Принципиальная схема насосно-эжекторной системы

Эжектор, в сопло которого нагнетают воду, откачивает попутный нефтяной газ из затрубных пространств нефтяных добывающих скважин. За счет откачки газа снижается значение затрубного давления. При этом создают, диспергируют и повышают давление нагнетания водогазовой смеси дожимным насосом с последующей закачкой смеси в пласт. Также осуществляют дозирование реагентов (пенообразователей, ингибиторов и т.п.). Увеличение расхода газа, направляемого на водогазовое воздействие, и газосодержания водогазовой смеси производят путем откачки эжектором попутного нефтяного газа, отделенного сепаратором на поверхности из водонефтегазовой смеси, откачиваемой установками погружных насосов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. https://neftegaz.ru/science/booty/331582-podderzhanie-plastovogo-davleniya-ppd-na-neftyanykh-zalezhakh/25.07.2026
2. Системы поддержания пластового давления заводнением. https://studfile.net/preview/12640435/page:13/
3. Дроздов А.Н., Горелкина Е.И Разработка насосно-эжекторной системы для реализации водогазового воздействия на пласт с использованием попутного нефтяного газа из затрубных пространств добывающих скважин
4. Дроздов А.Н., Горелкина Е.И. Разработка насосно-эжекторной системы для реализации водогазового воздействия на пласт с использованием попутного нефтяного газа из затрубных пространств добывающих скважин // Записки Горного института. 2022. Т. 254. С. 191-201. DOI: 10.31897/PMI.2022.34
5. Дроздов А.Н. Проблемы эксплуатации насосных скважин при высоких линейных и затрубных давлениях

ПРИМЕНЕНИЕ БЕЗУЛЕКСИТНЫХ СШИВАТЕЛЕЙ ПРИ ГИДРАВЛИЧЕСКОМ РАЗРЫВЕ ПЛАСТА
THE USE OF FLEXITLESS STAPLERS IN HYDRAULIC FRACTURING

Дударева А.И.
Dudareva A.I.
ПАО «Сургутнефтегаз» Сургутское управление по увеличению нефтеотдачи пластов и капитальному ремонту скважин, dudarevanastya2016@mail.ru

Гидравлический разрыв пласта (далее – ГРП) – это управляемый процесс развития естественных или образования искусственных трещин в горных породах путем нагнетания специализированных жидкостей и их смесей с расклинивающим материалом при давлениях, превышающих предел прочности горных пород.

Технология ГРП широко применяется в ПАО «Сургутнефтегаз», поскольку является одним из наиболее эффективных методов повышения нефтеотдачи пластов. Важную роль в процессе ГРП играет система химических реагентов, которая при взаимодействии с водой формирует жидкости разрыва – линейные и сшитые гели. Эти жидкости обеспечивают формирование необходимой геометрии трещины ГРП и транспортировку пропанта по трещине [1].

В ПАО «Сургутнефтегаз» в качестве преобладающих жидкостей ГРП применяются гуаро-боратные системы, в основе которых используются гелеобразователь, замедленный сшиватель, брейкер окислительного действия и функциональные добавки.

Каждый из вышеперечисленных реагентов является неотъемлемым компонентом жидкости ГРП. Удельная доля затрат на химические реагенты может достигать до 20% от общей стоимости операции. В связи с этим актуальной задачей является оптимизация применяемых рецептур геля ГРП за счёт снижения концентраций и внедрения новых химических реагентов.

Анализ компонентного состава применяемой рецептуры показал, что перспективным направлением является снижение концентрации суспензированного замедленного сшивателя – одного из наиболее дорогостоящих компонентов системы – без ухудшения реологических характеристик жидкости разрыва.

Достижение поставленной цели предполагает подбор альтернативного сшивателя, доступного на российском рынке химической продукции, и как следствие снижение операционных затрат на проведение ГРП.

В ходе анализа существующих решений и лабораторных исследований был рассмотрен ряд борсодержащих соединений, способных формировать устойчивые пространственные структуры для проведения операции ГРП.

По результатам испытаний в качестве перспективной альтернативы выбран сухой сшиватель на основе динатрия тетрабората пентагидрата. Данный реагент отличается высокой эффективностью сшивания, стабильностью при температурных колебаниях, а также способностью формировать гели с повышенной эластичностью и термостойкостью.

Сухой сшиватель представляет собой сыпучий порошок, обеспечивающий сшивку жидкостей разрыва на основе гуара и его производных. Данный сшиватель непрерывно добавляется в рабочую жидкость обеспечивая образование уникального геля, отличающегося эластичностью и термостойкостью.

Нами была построена пошаговая модель исследовательской работы. Финальная цель работы – разработать системы химических реагентов с сухим сшивателем с температурным диапазоном от +70 до +100 °С. Кроме того, технологическая жидкость должна соответствовать техническим требованиям ПАО «Сургутнефтегаз» по термостабильности, способности восстановления вязкости сшитого геля после динамических нагрузок и обеспечивать полное разрушение полимерных связей сшитого геля [2].

В рамках работы по подбору оптимальной рецептуры жидкости ГРП в химической лаборатории проведено более сотни реологических испытаний гелей ГРП. Были подобраны рецептуры систем химических реагентов для пластовых температур от +70 до +100 °С при частичной замене замедленного сшивателя на сухой сшиватель. Для

оценки сходимости результатов подобранная рецептура была протестирована на 10 основных регламентированных источниках технической воды.



Рис.1 - Реологические испытания сшитого геля с применением замедленного сшивателя и сухого сшивателя для пластовых температур от +70 до +78 °С

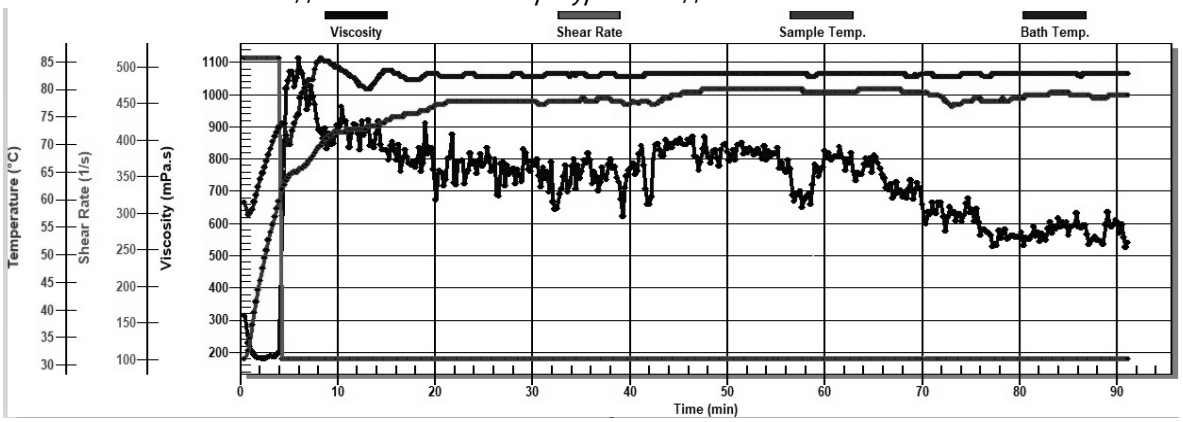


Рис. 2 - Реологические испытания сшитого геля с применением замедленного сшивателя и сухого сшивателя для пластовых температур от +78 до +86 °С

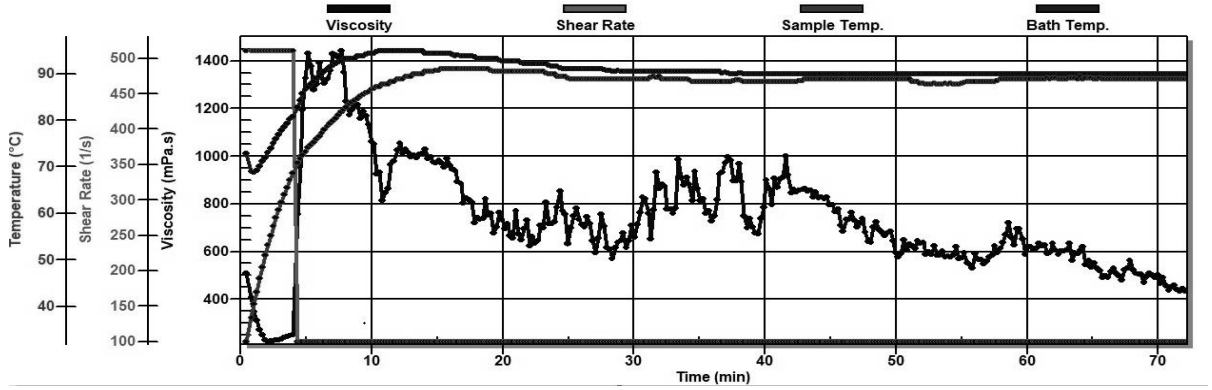


Рис. 3 - Реологические испытания сшитого геля с применением замедленного сшивателя и сухого сшивателя для пластовых температур от +86 до +100 °С

Подобраны и протестированы комбинированные рецептуры технологической жидкости ГРП, содержащие в себе сшиватель замедленного действия и сухой сшиватель. Данные системы химических реагентов удовлетворяют требования, предъявляемые к термостабильности технологической жидкости ГРП (Рис. 1, 2, 3). Средняя вязкость жидкости ГРП, приготовленной по данным рецептурам в течение 90 минут, находится в диапазоне 800–500 сП.

На втором этапе лабораторных испытаний нами были подобраны и протестированы на нескольких источниках рецептуры химических реагентов для пластовой температуры от +70 до +86 °С при полном переходе от замедленного сшивателя на сухой сшиватель.

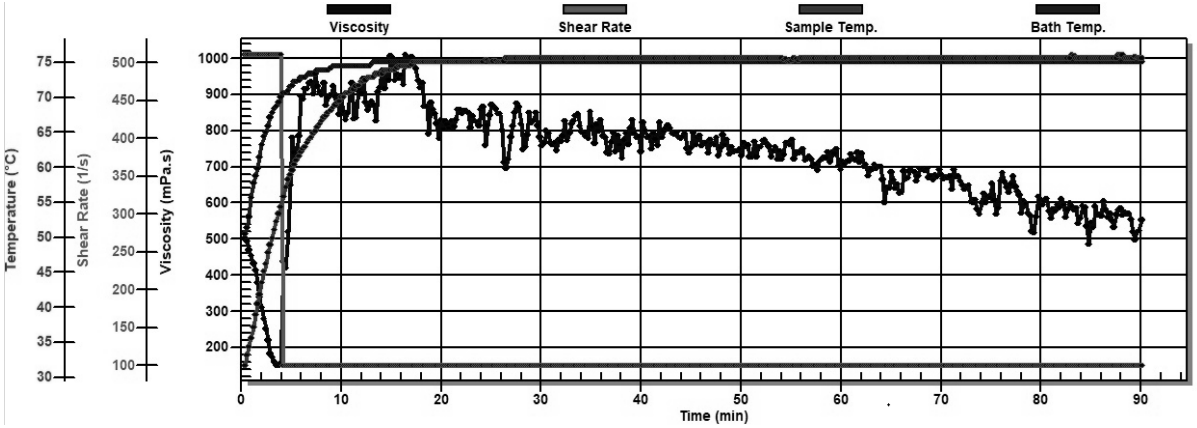


Рис. 4 - Реологические испытания сшитого геля с применением сухого сшивателя для пластовых температур от +70 до +78 °С

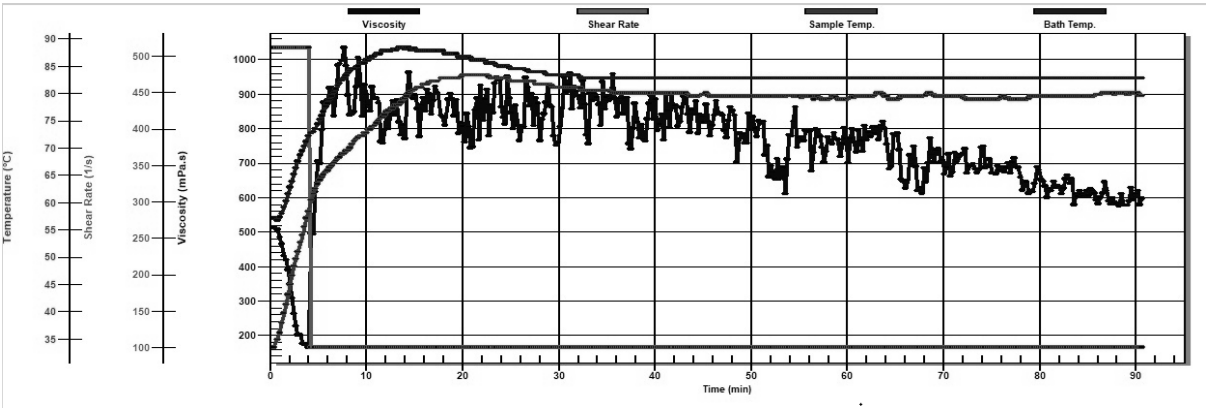


Рис. 5 - Реологические испытания сшитого геля с применением сухого сшивателя для пластовых температур от +78 до +86 °С

Система химических реагентов удовлетворяет требованиям, предъявляемые к термостабильности технологической жидкости ГРП с применением сухого сшивателя (Рис. №4, 5). Средняя вязкость технологической жидкости ГРП, приготовленной по данным рецептурам в течение 90 минут находится в диапазоне 700–500 сП.

Достигнув необходимой термостабильности жидкости ГРП, были проведены испытания по определению способности восстановления вязкости сшитого геля после динамических нагрузок, имитирующих прохождение через интервал перфорации.

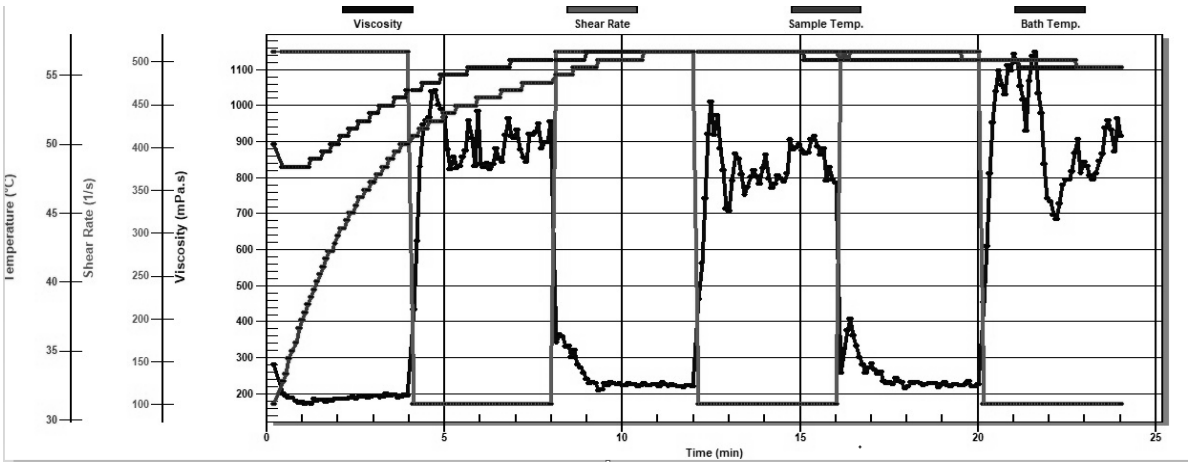


Рис. 6 - Восстановление вязкости сшитого геля после динамических нагрузок с применением замедленного сшивателя и сухого сшивателя для пластовых температур от +70 до +78 °С

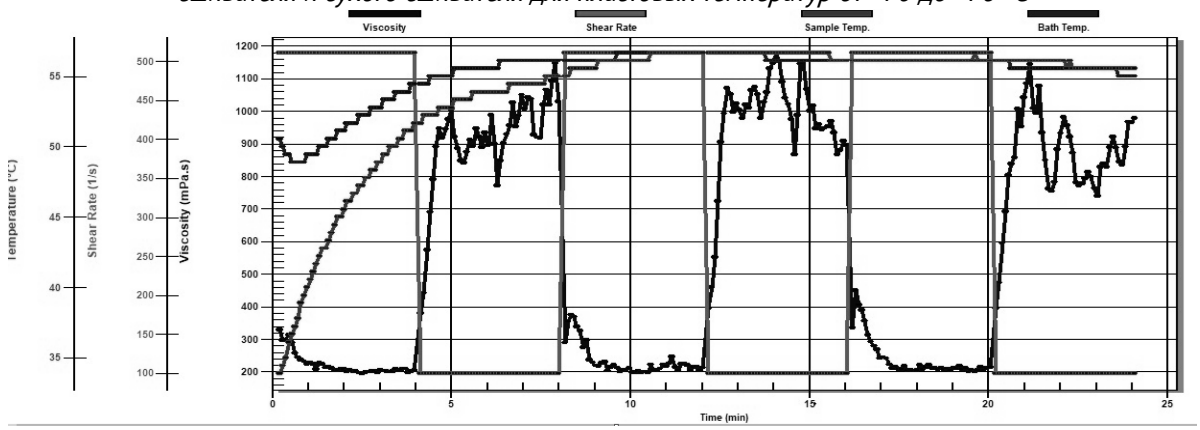


Рис. 7 - Восстановление вязкости сшитого геля после динамических нагрузок с применением замедленного сшивателя и сухого сшивателя для пластовых температур от +78 до +86 °С

Согласно техническим требованиям к способности восстановления вязкости сшитого геля после динамических нагрузок в количестве трех циклов минимальная вязкость составляет 400 сП. Время восстановления после сдвига до минимальной вязкости не более 80 секунд. Как мы видим, разработанные рецептуры химических реагентов обладают хорошими восстановительными свойствами после динамических нагрузок, что соответствует техническим требованиям ПАО «Сургутнефтегаз» (Рис. 6, 7).

Заключительным этапом проверки качества разработанных рецептур жидкости ГРП является проведение лабораторных работ по определению времени разрушения полимерных связей в условиях, соответствующих пластовым температурам. Полное разрушения полимерных связей сшитого геля происходит в течение 24 часов, что соответствует техническим требованиям ПАО «Сургутнефтегаз».

Закупленный объем сухого сшивателя позволил приготовить 120 000 м3 сшитого геля и выполнить более 600 операций ГРП в 2025 году. Экономический эффект от внедрения данного проекта составил более 55 млн рублей.

Заключение

1. По итогам проделанной работы разработаны системы химических реагентов с применением суспензированного замедленного сшивателя и сухого сшивателя для пластовых температур от +70 до +100 °С.

2. Разработанные системы химических реагентов соответствуют реологическим характеристикам геля ГРП.

3. Разработанные рецептуры в сторону снижения доли суспензированных реагентов способствуют уменьшению количества остаточных продуктов распада по сравнению со стандартной рецептурой. Данный факт

положительно влияет на величину остаточной проводимости пропантной пачки, что повышает эффективность проведения операции ГРП.

4. На сегодняшний день успешно проведены операции ГРП на более 600 скважинах.

5. Внедрение комбинированного сшивателя обеспечило снижение стоимости 1 м3 жидкости загеливания на 12,8 % по сравнению с базовой рецептурой.

6. Экономический эффект от внедрения данного проекта в 2025 году составил более 55 млн руб.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Экономидес М., Олини Р., Валько П. Унифицированный дизайн гидроразрыва пласта: от теории к практике. – Москва; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2007. – 236 с
2. П233-2024. Порядок организации работ по подготовке и проведению гидравлического разрыва пластов на месторождениях ПАО «Сургутнефтегаз».

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ АСФАЛЬТЕНОВ В ПРОЦЕССЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДЕАСФАЛЬТИЗАТА ГУДРОНА С ФТАЛЕВЫМ АНГИДРИДОМ

CHANGES IN THE STRUCTURE OF ASPHALTENES DURING THE INTERACTION OF TAR DEASPHALTISATE WITH PHTHALIC ANHYDRIDE

Жумукова В.К., Белоус Д.Е.

Zhumukova V.K, Belouse D.E.

Россия, ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», zhumukova.valer@mail.ru

В настоящее время осуществляется активная добыча тяжёлых нефтей. Главной проблемой данного типа углеводородного сырья является наличие в них асфальтенов, образующих агрегаты, которые склонны неуправляемо осаждаться. Образующиеся отложения затрудняют хранение, добычу и транспортировку нефти [1]. Предполагаемые на данный момент механизмы и закономерности образования асфальтеновых агрегатов не позволяют прогнозировать формирование асфальтенсодержащих отложений в нефтяных дисперсных системах.

Существующий метод борьбы с нефтяными отложениями представляет собой добавление в систему синтетических поверхностно-активных веществ и направлен в основном на ингибирование АСПО парафинового типа, но такие ПАВ имеют крайне низкую эффективность к процессам агрегации и флокуляции асфальтенов [2]. В литературе предложен альтернативный подход к данной проблеме, заключающийся в повышении поверхностной активности нативных полициклических ароматических компонентов нефти (смол и асфальтенов) путем их химической модификации [3]. Одной из перспективных реакций функционализации высокомолекулярных компонентов нефти является ацилирование [4].

Целью работы является оценка влияния температуры и концентрации реагентов в процессе взаимодействия деасфальтизата гудрона с фталевым ангидридом на структуру и коллоидную стабильность асфальтенов.

Объектом исследования являются асфальтены, образовавшиеся в ходе ацилирования фталевым ангидридом деасфальтизата гудрона сборной Западно-Сибирской нефти.

В процессе ацилирования варьировалась концентрация фталевого ангидрида 5-20 % мас. с шагом 5% мас. и температура 60, 80, 100˚С. Продолжительность синтеза составляла 8 часов.

Асфальтены, выделенные из продуктов ацилирования, обогащаются кислородсодержащими группами по мере увеличения концентрации фталевого ангидрида в реакционной системе. У образца МФ4а происходит увеличение содержания кислорода до 8,1% мас., более чем в 2 раза возрастает атомное отношение $O/C_{ат}$ и снижается $H/C_{ат}$ в сравнении с исходными асфальтенами (таблица 1). Такие изменения свидетельствуют о встраивании фрагментов 2-карбоксибензоила в структуру асфальтенов, что приводит к росту их полярности и ароматичности.

Таблица 1. Элементный состав асфальтенов, выделенных из продуктов взаимодействия деасфальтизата с фталевым ангидридом

Образец	Содержание элемента, % мас.					$H/C_{ат}$	$O/C_{ат}$
	C	H	N	S	O		
Ма	83,1	8,4	1,1	3,8	3,6	1,21	0,03
МФ1а	82,3	8,2	1	3,6	4,9	1,20	0,04
МФ4а	80,3	7,5	0,9	3,2	8,1	1,12	0,08
Ма – асфальтены исходного образца., МФ1а – асфальтены продукта 5% мас. фталевого ангидрида, МФ4а – асфальтены продукта 20% мас. фталевым ангидридом.							

По данным ЯМР ^{1}H спектроскопии наблюдается возрастание доли ароматического водорода на 6 %, что подтверждает включение ароматических фрагментов в молекулярную структуру. Одновременно фиксируется снижение содержания водорода в терминальных метильных и метиленовых фрагментах, что указывает на изменение структуры молекулы и возможное укрупнение путем рекомбинации через алифатические цепи.

Изменения структурного и группового состава асфальтенов оказали существенное влияние на коллоидную стабильность асфальтеновых агрегатов. Несмотря на рост полярности и ароматичности асфальтенов в процессе ацилирования деасфальтизата гудрона, их коллоидная стабильность снижается до 84–86 %, что связано с увеличением размеров формирующихся агрегатов до 1400–1500 нм. Это указывает на то, что усиление межмолекулярных взаимодействий способствует росту агрегатов приблизительно вдвое и снижению их коллоидной стабильности.

Таким образом наибольшее изменение структуры, состава и свойств продукта показывает ацилирование фталевым ангидридом концентрацией 20% мас. Продукты ацилирования обладают большей ароматичностью и содержанием кислорода в молекулах асфальтенов, а также увеличенным размером агрегатов, при одновременном снижении их коллоидной стабильности.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда (Проект № 25-23-01367).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Панков Д. А., Флаксман А. С. Современные тенденции управления процессами в области добычи и переработки тяжелой нефти // Вестник университета. – 2025. – № 2. – С. 94-101.
2. Olga León, Estrella Rogel, Argelia Urbina. Study of the Adsorption of Alkyl Benzene-Derived Amphiphiles on Asphaltene Particles // Langmuir. – 1999. – Vol. 15, № 22. – P. 7653-7657.
3. Корнеев Д.С., Осницкий Е.М., Клименко Л.С. Влияние обработки тяжелой нефти изопропиловым спиртом на состав и структуру смолистых веществ // Химия в интересах устойчивого развития. – 2024. – Т. 32, № 3. – С. 298-303.
4. Корнеев Д.С., Осницкий Е.М., Белоус Д.Е. Состав и агрегативная устойчивость продуктов взаимодействия нефтяного гудрона и фталевого ангидрида при различном соотношении реагентов // Химия в интересах устойчивого развития. – 2025. – Т. 33, №4. – С. 450-457.

ОПТИМАЛЬНОЕ ЗАБОЙНОЕ ДАВЛЕНИЕ. МАТЕМАТИЧЕСКИЙ МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ
OPTIMAL BOTTOMHOLE PRESSURE. A MATHEMATICAL METHOD FOR INCREASING PROFITABILITY

Завадская В.М.
Zavadskaya V.M.
Россия, ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь» ТПП «Когалымнефтегаз», Veronika.Zavadskaya@lukoil.com
Russia, LUKOIL-West Siberia LLC, Kogalymneftegaz TPE, Veronika.Zavadskaya@lukoil.com

Цикл жизни любой скважины, как правило, заканчивается консервацией или ликвидацией, в связи с достижением экономической рентабельности эксплуатации. С каждым годом доля добываемой воды в жидкости стремительно растет.

Повышение операционной эффективности разработки месторождений является основной задачей любой компании. Стабилизация и снижение объёма попутно добываемой воды при неизменном дебите нефти – ключ к решению данной задачи.

Ежегодно все предприятия ООО «ЛУКОЙЛ – Западная Сибирь» тратят значительные суммы на обеспечение электроэнергией месторождений. При этом весомый объем расходов по статье Электроэнергия приходится на добычу и последующую закачку воды в пласт. Почему же мы имеем дело с такими показателями? Уже 20 лет водо-нефтяной фактор практически непрерывно растет.

Таким образом, цель данной работы заключается в сокращении объёмов добываемой воды с помощью применения аналитического метода.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1.Провести анализ фонда предприятия для выявления процентного соотношения скважин, работающих при забойном давлении выше и ниже давления насыщения.

2.Изучить пути решения выявленной проблемы.

3.Разработать алгоритм по определению оптимальных параметров.

4.С помощью алгоритма провести вычисления и реализовать рассчитанные данные на выбранном активе.

5.Оценить экономическую эффективность предложенного метода.

6.Внедрить алгоритм в производство предприятия.

Актуальность исследования обусловлена тремя открывающимися возможностями:

- Снижение процента обводненности в виду выбора оптимального забойного давления для разработки;
- Возможность подбора давлений без проведения гидродинамических исследований;
- Быстрота вычислений.

С каждым годом структура запасов нефти ухудшается, в разработку включают низкопродуктивные коллекторы, отмечается снижение забойного давления. Так, на 1 января 2025 года фонд добывающих скважин ТПП КНГ на 61% состоит из скважин, работающих при забойном давлении меньше давления насыщения.

Проанализировав литературу, касающуюся вопросов по подбору забойного давления, я остановилась на трудах академика Владимира Дмитриевича Лысенко. В его публикациях неоднократно обозначалось, что снижение забойного давления добывающих скважин может привести к снижению коэффициента продуктивности по нефти, но коэффициент продуктивности по воде остается неизменным, соответственно происходит искусственное (не связанное с выработкой запасов нефти) увеличение обводненности добываемой жидкости.

Согласно методу Лысенко, выбор оптимального забойного давления происходит при сравнении дебитов нефти и жидкости на различных значениях давления. Расчет дебитов проводится по формулам (1) и (2) соответственно:

$$Q_н = (1 - A) \cdot \eta_0 \cdot e^{-\alpha \cdot (P_{нас} - P_{заб})} \cdot (P_{пл} - P_{заб}) \quad (1)$$

$$Q_{ж} = (1 - A) \cdot \eta_0 \cdot e^{-\alpha \cdot (P_{нас} - P_{заб})} \cdot (P_{пл} - P_{заб}) + \mu_* \cdot \gamma_* \cdot A \cdot \eta_0 \cdot (P_{пл} - P_{заб}) \quad (2)$$

где A – обводненность; $P_{заб}$ – забойное давление; $P_{нас}$ – давление насыщения; η_0 – коэффициент продуктивности при $P_{заб} = P_{нас}$; α – коэффициент снижения продуктивности при изменении забойного давления на 1 атм; $P_{пл}$ – пластовое давление; μ_* - соотношение подвижностей вытесняющего агента (воды) и нефти в пластовых условиях; γ_* - соотношение плотностей вытесняющего агента (воды) и нефти в пластовых условиях.

При дальнейших самостоятельных расчетах неизвестными параметрами являются η_0 и α. Все остальные необходимые для расчетов параметры предлагается брать из стандартной выгрузки – карточки по скважинам без суммирования.

Для определения недостающих параметров я использовала графики сходимости исторических данных и рассчитанных значений (Рис. 1). При этом для подтверждения достоверности результатов, как меру ошибки, я использовала среднеквадратичное отклонение – среди изученных параметров не превышает 6.

Следующий шаг исследования заключался в разработке алгоритма, позволяющего автоматизировать процесс расчета и обрабатывать большие массивы данных.

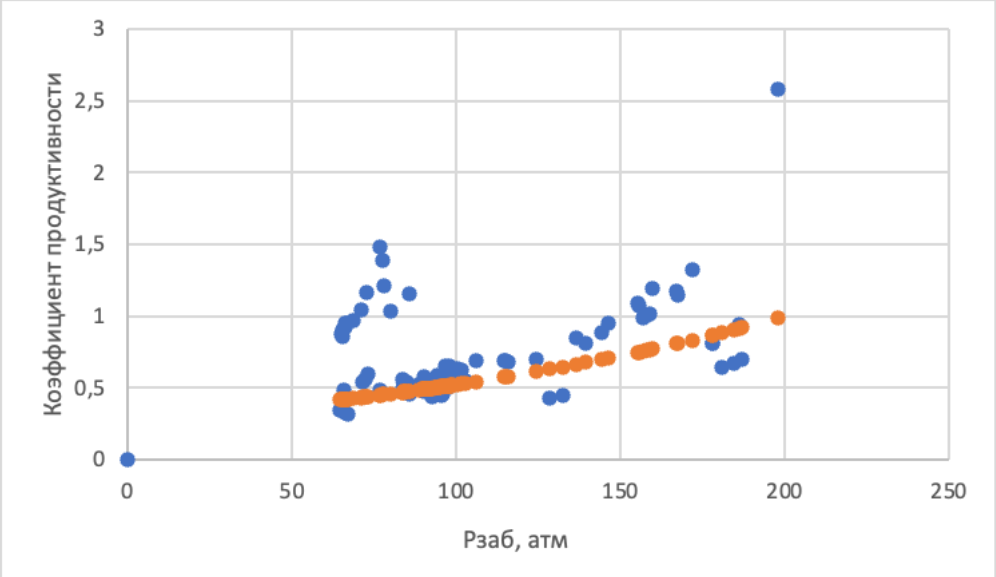


Рис. 1 - Подбор неизвестного коэффициента продуктивности

Так, на языке программирования Python был разработан алгоритм, подбирающий недостающие параметры, рассчитывающий дебиты нефти и жидкости при различных забойных давлениях и определяющий оптимальные значения по методу В.Д. Лысенко (Рис. 2).

Итак, в качестве входного параметра, как говорилось ранее, алгоритм берет карточку по скважинам за определенный период, вычленяет из нее необходимые для расчетов значения. Далее соотнося зависимости дебита нефти и забойного давления по историческим данным и по вычисляемым, подбирает η_0 и α. Как меру ошибки он использует среднеквадратичное отклонение – среди изученных параметров не превышает 6. После подбора, по формулам (1) и (2) вычисляет дебиты нефти и жидкости для забойных давлений в пределах от -50 до +50 атм от текущего забойного давления с шагом 1 атм.

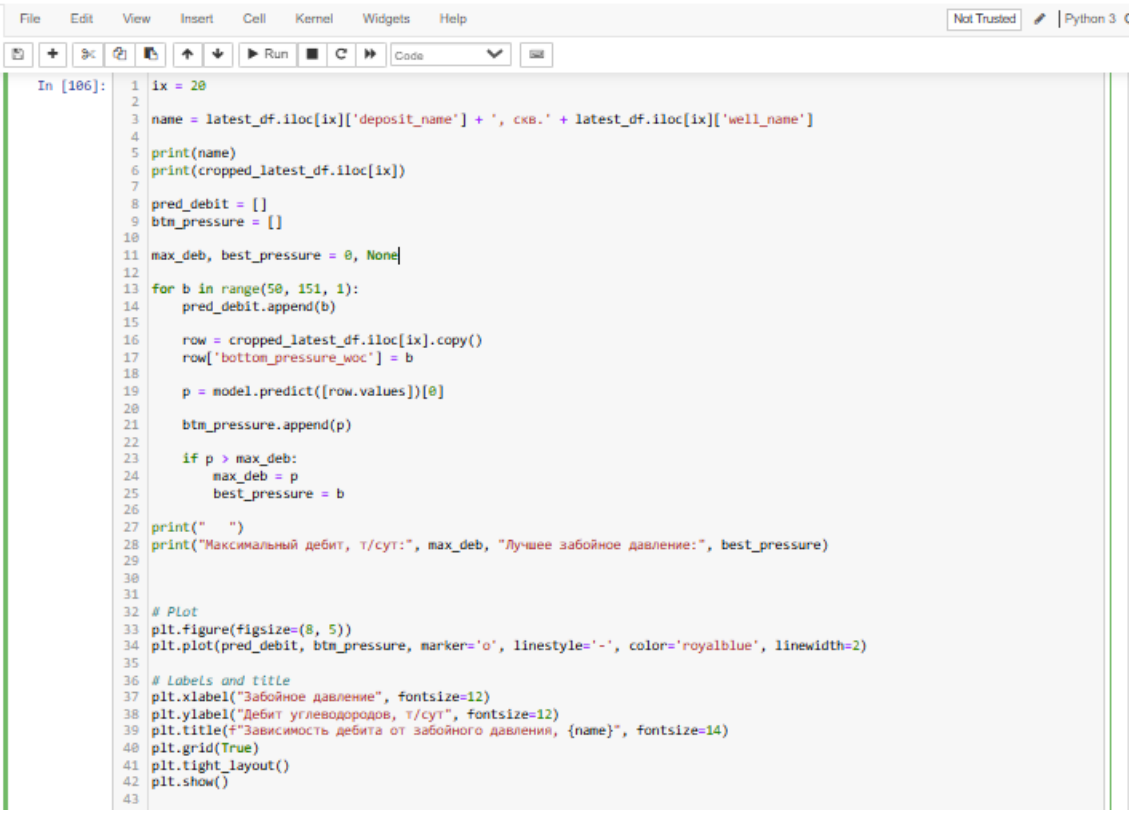


Рис. 2 - Часть разработанного алгоритма

Дата	Скважина	Дебит нефти	Дебит жидкости	Alfa	NU0	STD	Забойное давление	Шаг давления
01.12.2024	644Г	3,224	29,551	0,013	0,53	6,551	49,39	-30
01.12.2024	644Г	3,276	30,023	0,013	0,53	6,551	51,39	-28
01.12.2024	644Г	3,328	30,500	0,013	0,53	6,551	53,39	-26
01.12.2024	644Г	3,380	30,981	0,013	0,53	6,551	55,39	-24
01.12.2024	644Г	3,433	31,466	0,013	0,53	6,551	57,39	-22
01.12.2024	644Г	3,487	31,955	0,013	0,53	6,551	59,39	-20
01.12.2024	644Г	3,540	32,448	0,013	0,53	6,551	61,39	-18
01.12.2024	644Г	3,595	32,945	0,013	0,53	6,551	63,39	-16
01.12.2024	644Г	3,649	33,445	0,013	0,53	6,551	65,39	-14
01.12.2024	644Г	3,704	33,949	0,013	0,53	6,551	67,39	-12
01.12.2024	644Г	3,760	34,457	0,013	0,53	6,551	69,39	-10
01.12.2024	644Г	3,815	34,967	0,013	0,53	6,551	71,39	-8
01.12.2024	644Г	3,871	35,481	0,013	0,53	6,551	73,39	-6
01.12.2024	644Г	3,928	35,997	0,013	0,53	6,551	75,39	-4
01.12.2024	644Г	3,984	36,516	0,013	0,53	6,551	77,39	-2
01.12.2024	644Г	4,041	37,037	0,013	0,53	6,551	79,39	0
01.12.2024	644Г	4,098	37,560	0,013	0,53	6,551	81,39	2
01.12.2024	644Г	4,155	38,086	0,013	0,53	6,551	83,39	4
01.12.2024	644Г	4,213	38,613	0,013	0,53	6,551	85,39	6
01.12.2024	644Г	4,271	39,141	0,013	0,53	6,551	87,39	8
01.12.2024	644Г	4,328	39,670	0,013	0,53	6,551	89,39	10
01.12.2024	644Г	4,386	40,200	0,013	0,53	6,551	91,39	12
01.12.2024	644Г	4,444	40,730	0,013	0,53	6,551	93,39	14
01.12.2024	644Г	4,502	41,261	0,013	0,53	6,551	95,39	16
01.12.2024	644Г	4,560	41,791	0,013	0,53	6,551	97,39	18
01.12.2024	644Г	4,617	42,320	0,013	0,53	6,551	99,39	20
01.12.2024	644Г	4,675	42,848	0,013	0,53	6,551	101,39	22
01.12.2024	644Г	4,733	43,375	0,013	0,53	6,551	103,39	24
01.12.2024	644Г	4,790	43,900	0,013	0,53	6,551	105,39	26
01.12.2024	644Г	4,847	44,422	0,013	0,53	6,551	107,39	28
01.12.2024	644Г	4,903	44,941	0,013	0,53	6,551	109,39	30

Рис. 3 - Результаты вычислений

Таким образом, на выходе у нас формируется Excel-файл с уже подобранными параметрами, вариантами забойных давлений в интересующем шаге вычислений и, конечно, соответствующие им дебиты нефти и воды (Рис. 3).

Несмотря на быстроту вычислений и точность подбора данных вычисления по предлагаемому методу пока не до конца автоматизированы.

Как говорил сам Владимир Дмитриевич Лысенко: «В нефтяном деле часто возникает противоречие между текущей кратковременной и суммарной долговременной оптимизацией: то есть из кратковременных максимумов не всегда образуются долговременные» и иногда для долговременного улучшения должно предшествовать кратковременное ухудшение. Поэтому для сравнения изменения дебитов нефти и воды была использована модель экономической эффективности для расчетов маржинальности скважин в условиях рассчитанных давлений (Рис. 4). С помощью данной модели открывается возможность сделать правильный выбор в спорной ситуации.

Таким образом, основной перспективой усовершенствования алгоритма в ближайшее время является внедрение модели экономической эффективности в код.

Экономическая оценка проекта проводилась при помощи финансово-экономической модели Паспорта инвестиционных проектов.



Рис. 4 - Эффективность расчетов

Основной экономический эффект достигается за счет сокращения потребления электроэнергии на добычу и последующую закачку воды, а также доп. добычи. Следовательно, перспектива применения метода В.Д. Лысенко позволит без финансовых вложений определять оптимальные забойные давления с получением существенного экономического эффекта.

По итогу выполнения научно-технической работы были выполнены все поставленные задачи:

1.При анализе фонда выявлен 61% скважин, работающих при Рзаб<Рнас;

2.Выбран метод определения оптимального забойного давления по методу Лысенко;

3.Выбраны способы по подбору коэффициентов для дальнейших расчетов;

4.Разработан алгоритм по подбору оптимальных забойных давлений по методу Лысенко;

5.Проведены вычисления, по итогу которых наблюдается сокращение добычи жидкости и увеличение добычи нефти;

Таким образом, можно сделать вывод, что основная цель научно-технической разработки достигнута. Предложен альтернативный аналитический метод для определения оптимального забойного давления. А также за

счет внедрения данного метода и выполнения расчетов с помощью разработанного алгоритма возможно снизить операционные затраты.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Лысенко В.Д. Разработка нефтяных месторождений: Теория и практика, - М.: Недра, 1996. – с. 367
2. Лысенко В.Д. Разработка нефтяных месторождений. Проектирование и анализ. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003. – 638 с.: ил.
3. Лысенко, Владимир Дмитриевич. Рациональная разработка нефтяных месторождений / В. Д. Лысенко, В. И. Грайфер. — Москва: Недра, 2005. — 606, [1] с.: ил., табл.
4. Назарова Л.Н., Нечаева Е.В. Исследование влияния снижения забойного давления ниже давления насыщения на добычу нефти // Нефтяное хозяйство. – 2013. – № 1. – С. 83–85.
5. Юдин Е.В., Пиотровский Г.А., Колюк О.А., Смирнов Н.А., Галяутдинов И.М., Сагиров А.А., Ломухин И.А. Особенности эксплуатации и способ определения оптимальных параметров работы скважин, вскрывающих карбонатные трещиноватые коллекторы, на примере нефтяных оторочек ВУ Оренбургского НГКМ

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД ДЛЯ РАСЧЁТА ОБЪЁМОВ СКРЕБКОВОЙ ПРОВОЛОКИ ДЛЯ ДЕПАРАФИНИЗАЦИИ СКВАЖИН

COMPLEX APPROACH TO CALCULATING THE VOLUMES OF SCRAPER WIRE FOR WELL DEPARAFFINIZATION

Заморин К.Д.

Zamorin K.D.

Россия, ТПП «Полазнанефтегаз» ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ», Konstantin.Zamorin@lukoil.com

Эксплуатация осложнённого фонда скважин, подверженного образованию асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО), требует регулярной депарафинизации с использованием скребка и проволоки. Периодичность замены проволоки сказывается на безаварийности проведения механической очистки лифта НКТ, при этом требует значительных финансовых затрат на закупку и замену проволоки.

Цель исследования – оптимизация объёмов закупки скребковой проволоки для осложнённого фонда скважин на основе анализа фактических сроков её замены для снижения операционных затрат. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи: проанализировать текущее состояние фонда скважин и соответствие замены проволоки технологическому регламенту; определить факторы, влияющие на срок службы скребковой проволоки; разработать методику расчёта необходимых объёмов скребковой проволоки для депарафинизации скважин; оценить экономический эффект от перехода на оптимизированный график замены.

Объектом исследования выступил фонд добывающих скважин, эксплуатируемых электроцентробежными насосами и осложнёнными АСПО. 96% фонда требуют регулярной очистки механическим способом. Предметом исследования стал процесс эксплуатации скребковой проволоки, включая график её замены и факторы, определяющие сроки службы.

Исследование основано на ретроспективном анализе более 1300 записей о замене проволоки первичной документации за период 2012–2025 гг. Статистическая обработка данных позволила установить, что средний арифметический срок службы проволоки составляет 487 суток, а медианное значение – 450 суток. При этом на 98% скважин периодичность замены превышает регламентный показатель в 182 дня (6 месяцев), и только на 2% скважин замена производилась в соответствии с регламентом.

В ходе исследования выявлены ключевые факторы, определяющие период замены скребковой проволоки.

Коррозионная активность среды:

- для скважин, не отнесённых к коррозионному фонду: 512 суток;
- для скважин, отнесённых к коррозионному фонду: 364 суток (на 40% меньше, чем для скважин вне коррозионного фонда).

Обводнённость продукции:

- при обводнённости до 90%: 499 суток;
- при обводнённости от 90%: 355 суток (на 29% меньше).

Частота обслуживания:

- обслуживание до 2 раз в день: 514 суток;
- более частые обслуживания: 379 суток (снижение частоты увеличивает период замены на 26%).

Тип установки депарафинизации:

- полуавтоматические установки: 497 суток (на 11% больше);
- автоматические установки: 443 суток.

Оптимальные условия для максимального периода замены:

• максимальный средний период замены (545 суток) достигается при одновременном соблюдении следующих условий: скважина не отнесена к коррозионному фонду; обводнённость продукции – до 90%; частота обслуживания – до 2 раз в день; используется полуавтоматическая установка депарафинизации.

Анализ распределения аварий, вызванных дефектом скребковой проволоки, показал, что наибольшая доля аварий (39%) приходится на скважины с периодом замены более 730 суток. В диапазоне до 729 суток распределение аварийности относительно равномерное, со средним значением около 15%. Таким образом, статистически значимого роста аварийности при увеличении периода замены до 729 суток не выявлено.

На основании проведённого анализа разработана методика формирования двухлетнего графика замены скребковой проволоки. Она учитывает индивидуальные периоды замены для каждой скважины, все виды аварий для более точного прогнозирования количества замен и предусматривает резервный запас в размере 10%.

Преимущества методики включают учёт реальных условий использования и факторов износа, сокращение трудозатрат на намотку и замену барабанов, снижение риска аварий по причине дефекта проволоки, вызванных износом проволоки, и обоснованный расчёт объёмов закупки. Среди недостатков можно выделить невозможность точного расчёта при отсутствии исторической информации и дополнительные трудозатраты на сбор и обработку данных.

Предварительный расчёт показал экономическую выгоду. Она достигается за счёт сокращения затрат на закупку проволоки на 22% от текущего объёма, а также снижения операционных затрат.

Ключевые результаты исследования: установлен средний фактический срок службы скребковой проволоки – 487 суток; для 65% скважин оптимальный период замены находится в диапазоне от 6 месяцев до 1,5 лет; определён максимальный технологически безопасный срок службы – 729 суток. Внедрение методики позволит снизить операционные затраты, повысить надёжность эксплуатации скважин и оптимизировать объём закупок.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. ГОСТ 3282-74. Проволока стальная низкоуглеродистая общего назначения. Технические условия. – Введ. 1976-01-01. – М.: Стандартинформ, 2019. – 8 с.

МЕТОД ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ УСТАНОВОК ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В ПЕРИОДИЧЕСКИХ РЕЖИМАХ

METHOD FOR ASSESSING THE RELIABILITY OF ELECTRIC SUBMERSIBLE PUMP SYSTEMS OPERATED IN PERIODIC MODES

Иванов В.А., Вербицкий В.С., Хабибуллин Р.А.
Ivanov V.A., Verbitsky V.S., Khabibullin R.A.
Российская Федерация, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, e-mail: ivanov.va@gubkin.ru

В настоящее время на месторождениях нефти в России широко используется механизированный способ эксплуатации добывающих скважин при помощи погружных установок электроцентробежных насосов (УЭЦН). Ряд месторождений России характеризуется эксплуатацией механизированных скважин в периодических режимах с целью обеспечения энергоэффективной добычи продукции, при этом на некоторых месторождениях Западной Сибири периодический режим является основным режимом эксплуатации УЭЦН.

Актуальным является исследование надежности погружных УЭЦН, эксплуатируемых в периодических режимах, с целью выявления математических закономерностей, формирования рекомендаций по эксплуатации УЭЦН и разработки методов прогнозирования параметров надежности погружного оборудования. При этом существующие подходы к анализу надежности разработаны для постояннодействующих скважин, что обусловливает необходимость создания новых методов анализа, подходящих для периодического добывающего фонда.

В работах [1, 2] сформулировано разделение надежности на два типа: конструкционный и эксплуатационный. В данной работе анализируется «техническая» надежность, включающая конструкционную и эксплуатационную. На основе промысловых данных, характерных для фонда добывающих скважин месторождения Западной Сибири, эксплуатируемых в периодических режимах, проанализированы данные по отказам УЭЦН с учетом параметра «отношение времени работы ко времени цикла» или «периодическое отношение» ($\frac{t_{\text{раб}}}{t_{\text{цикл}}}$). Промысловые данные содержат информацию по отказам УЭЦН и технологическим режимам работы скважин за пятилетний период времени. Анализ проводился при помощи общедоступных инструментов: посредством построения функций «выживаемости» при помощи моделей Каплана-Мейера [3] и Вейбулла [4] на основе библиотеки python *lifelines* [5, 6]. При построении функций «выживаемости» использовались два разных подхода: классический с использованием параметра «время нахождения УЭЦН в скважине от первого кнопочного запуска до отказа» ($t_{\text{скв}}$); новый подход с использованием параметра «время вращения УЭЦН от первого кнопочного запуска до отказа» ($t_{\text{вр}}$). На рисунке 1 представлено сравнение данных параметров: $t_{\text{скв}} = \sum_{i=1}^{9} t_i$; где $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$; $t_{\text{вр}} = \sum_{j=2}^{8} t_j$; где $j = 2, 4, 6, 8$.

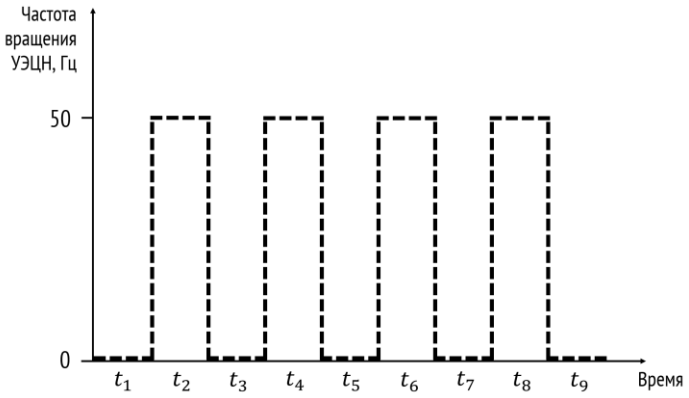


Рис. 1 - Сравнение параметров $t_{\text{скв}}$ и $t_{\text{вр}}$

Результаты проведенного анализа демонстрируют, что «техническая» надежность УЭЦН, эксплуатируемых в периодических режимах, может заметно снижаться при уменьшении отношения $\frac{t_{раб}}{t_{цикл}}$ (например, для периодического режима $\frac{t_{раб}}{t_{цикл}} \leq 0.15$ вероятность безотказной работы примерно в 1.8 раз меньше, чем для постоянного режима эксплуатации УЭЦН при одинаковом значении $t_{вр}$ = 100 суток). При этом снижение отношения $\frac{t_{раб}}{t_{цикл}}$ способствует увеличению МРП периодических скважин, что обусловливает экономическую привлекательность периодических режимов эксплуатации УЭЦН (с учетом $t_{скв}$ = 100 суток для периодического режима $\frac{t_{раб}}{t_{цикл}} \leq 0.15$ вероятность безотказной работы примерно в 1.2 раза больше, чем для постоянного режима эксплуатации УЭЦН). Подробный анализ при изменении параметров $\frac{t_{раб}}{t_{цикл}}$, $t_{вр}$ и $t_{скв}$, представлен в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Результаты анализа вероятности безотказной работы (P, д. ед.) при помощи функции Вейбулла при изменении $\frac{t_{раб}}{t_{цикл}}$ *и* $t_{вр}$

	$\frac{t_{раб}}{t_{цикл}} \leq 0.15$	$0.15 < \frac{t_{раб}}{t_{цикл}} \leq 0.33$	$0.33 < \frac{t_{раб}}{t_{цикл}} \leq 0.8$	Постоянный режим работы УЭЦН
$t_{вр}$= 100 сут	0.46	0.64	0.69	0.81
$t_{вр}$= 200 сут	0.11	0.28	0.43	0.66
$t_{вр}$= 400 сут	0	0.03	0.15	0.44
$t_{вр}$= 600 сут	0	0	0.05	0.30
$t_{вр}$= 1000 сут	0	0	0	0.14

Таблица 2. Результаты анализа вероятности безотказной работы (P, д. ед.) при помощи функции Вейбулла при изменении $\frac{t_{раб}}{t_{цикл}}$ *и* $t_{скв}$

	$\frac{t_{раб}}{t_{цикл}} \leq 0.15$	$0.15 < \frac{t_{раб}}{t_{цикл}} \leq 0.33$	$0.33 < \frac{t_{раб}}{t_{цикл}} \leq 0.8$	Постоянный режим работы УЭЦН
$t_{скв}$= 100 сут	0.98	0.96	0.86	0.82
$t_{скв}$= 200 сут	0.93	0.88	0.72	0.67
$t_{скв}$= 400 сут	0.80	0.70	0.48	0.46
$t_{скв}$= 600 сут	0.65	0.52	0.31	0.32
$t_{скв}$= 1000 сут	0.37	0.24	0.12	0.15

На основе проведенного анализа сформулирован новый параметр, обеспечивающий оценку «технической» надежности УЭЦН, эксплуатируемых в периодических режимах: среднее время вращения (СВВ). Данный параметр рассчитывается по формуле 1:

$$СВВ_i^{Пер} = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} t_{вр\,ij}}{n_i} \quad (1)$$

где $СВВ_i^{Пер}$ – среднее время вращения фонда погружных УЭЦН, эксплуатируемых в периодическом режиме, отказавших в *i*-м календарном месяце/скользящем году, сут; n_i – число отказов фонда погружных УЭЦН, эксплуатируемых в периодическом режиме, в *i*-м календарном месяце/скользящем году, ед.; $t_{вр\,ij}$ – суммарное время вращения *j*-й отказавшей УЭЦН в скважине от первого кнопочного запуска до отказа в *i*-м календарном месяце/скользящем году, сут.

Представленный метод анализа надежности УЭЦН на основе среднего времени вращения (СВВ) или функций «выживаемости» при учете параметра «время вращения УЭЦН» ($t_{\text{вр}}$) может быть полезен для нефтедобывающих компаний с точки зрения анализа «технической» надежности УЭЦН при подборе характеристик, модели и производителя под условия периодической эксплуатации. В перспективе данный подход может быть использован в нефтедобывающих обществах при реализации бизнес-процессов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Методика определения надежности погружного оборудования и опыт ее применения / О.М. Перельман, С.Н. Пещеренко, А.И. Рабинович, С.Д. Слепченко. – Пермь: ЗАО Новомет-Пермь, 2005. – 17 с. – Режим доступа: https://www.novomet.ru/science_files/452610572005.pdf
2. Слепченко С.Д. Оценка надежности УЭЦН и их отдельных узлов по результатам промысловой эксплуатации: дис. … канд. техн. наук: 05.02.13/Слепченко Сергей Дмитриевич – М.: 2011. – 146 с.
3. Kaplan E.L., Meier P. Nonparametric estimation from incomplete observations / Journal of the American Statistical Association – 1958. – V. 53(282). – 457–481 pp. DOI: 10.2307/2281868.
4. Weibull W. The Statistical Theory of the Strength of Materials / Ingeniors Vetenskaps Academy Handlingar (151). Stockholm, Sweden, 1939: Generalstabens Litografiska Anstalts Förlag: 1–45.
5. Lifelines. Survival Analysis [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://lifelines.readthedocs.io/en/latest/Survival%20Analysis%20intro.html#introduction-tosurvival-analysis
6. C. Davidson-Pilon. Lifelines: survival analysis in Python / The Journal of Open Source Software – 2019. – 4(40). – 3 p. DOI: 10.21105/joss.01317

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЫНОСА МЕХАНИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ ИЗ СЛАБОСЦЕМЕНТИРОВАННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В УСЛОВИЯХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО РЕЖИМА ДЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ
FORECASTING SAND PRODUCTION FROM WEAKLY CEMENTED RESERVOIRS UNDER CYCLIC CONDITIONS FOR WESTERN SIBERIAN FIELDS

Иванькова А.А., Тананыхин Д.С.
Ivankova A.A., Tananykhin D.S.
Россия, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» императрицы Екатерины II, ananivankova@gmail.com

Слабосцементированные горные породы обладают сложным деформационным поведением, сочетающим нелинейную упругость и пластичность. Месторождения, приуроченные к слабосцементированным коллекторам, характеризуются низкой прочностью связующего цемента и легкоразрушимой зернистой структурой, что приводит к выносу механических примесей.

Экспериментально установлено, что модуль деформации таких пород возрастает с увеличением всестороннего давления, а кривая «напряжение–деформация» нелинейна с самого начала нагружения [1]. На докритической стадии могут возникать пластические деформации [2], которые не учитываются в некоторых применяемых математических моделях. Для прогнозирования выноса механических примесей необходимо описывать механическое поведение слабосцементированных пород при нагрузке, учитывая как нелинейную, так и пластическую составляющие до разрушения и с учётом постпикового разупрочнения [3].

Особую сложность представляет обоснованное моделирование разрушения цементационных связей под действием эффективных напряжений и скорости деформирования, а также анизотропии механических свойств, обусловленной текстурой породы. Традиционные модели, такие как линейно-упругая или идеально пластическая с критерием Мора–Кулона [4, 5], часто оказываются недостаточными для описания полного цикла деформирования от начальной нелинейной упругости до постпикового разупрочнения. В связи с этим в последние десятилетия активно развиваются более сложные подходы, включая модели критического состояния, модели с внутренними переменными, а также теории континуального повреждения.

Выбор и адаптация модели для конкретных геологических условий требует комплексного анализа экспериментальных данных, микромеханических механизмов разрушения и возможностей численной реализации, в том числе в рамках конечно-элементных кодов через пользовательские подпрограммы. Анализ широкого спектра подходов от классических моделей Дункана–Чанга [6] и критериев прочности (Мора–Кулона [4, 5], Друкера–Прагера [7]) до моделей критического состояния (Cam-Clay и её модификаций [8]), передовых упругопластических теорий (NorSand [9], SANISAND [10]), микромеханического моделирования, теории повреждённости и методов машинного обучения показывает, что ни один из подходов самостоятельно не способен отразить поведение слабосцементированных песчаников.

Важнейшим методологическим принципом остаётся обязательный учёт сценариев разупрочнения даже при отсутствии точных данных. Машинное обучение не заменяет физические модели, но дополняет их, особенно в условиях неопределённости и нехватки данных.

Наиболее перспективным является гибридный подход, где машинное обучение используется для определения входных параметров под математические модели. В перспективе рост применимости методов машинного обучения будет способствовать оптимизации параметров физически обоснованных моделей и ускорению сценарного анализа, однако машинное обучение не заменяет конститутивные уравнения, а дополняет их в условиях недостатка информации.

В работе была разработана математическая модель выноса механических частиц, учитывающая геомеханические и гидродинамические процессы.

Для прогнозирования выноса механических частиц предлагается использовать алгоритм «Random Forest», позволяющий обосновать параметры геомеханических моделей на основе промысловых данных. Алгоритм «Random Forest» позволяет определить оптимальное забойное давление, дебит жидкости и другие параметры, соответствующие минимальному выносу частиц без влияния других факторов.

Геомеханическая модель калибруется под значения оптимального забойного давления и по разнице между фактическим и прогнозным количеством взвешенных частиц (КВЧ) находятся недостающие коэффициенты.

Для повышения надежности прогнозирования количества взвешенных частиц на первом этапе был утвержден следующий подход:

1) Загрузка и объединение данных из технологических режимов (5 лет).

2) Удаление строк, в которых были пропуски или не численные данные в столбце количества взвешенных частиц.

3) Анализ данных по пласту и проведение многофакторного анализа.

Результат корреляционного анализа предоставлен на рисунке 1.

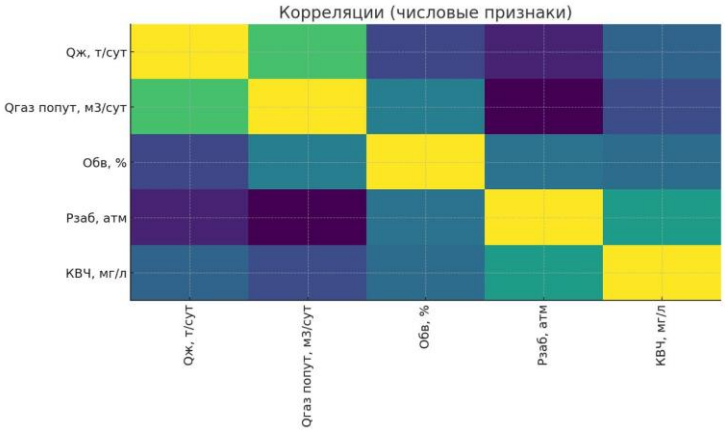


Рис. 1 – Тепловая карта корреляции признаков

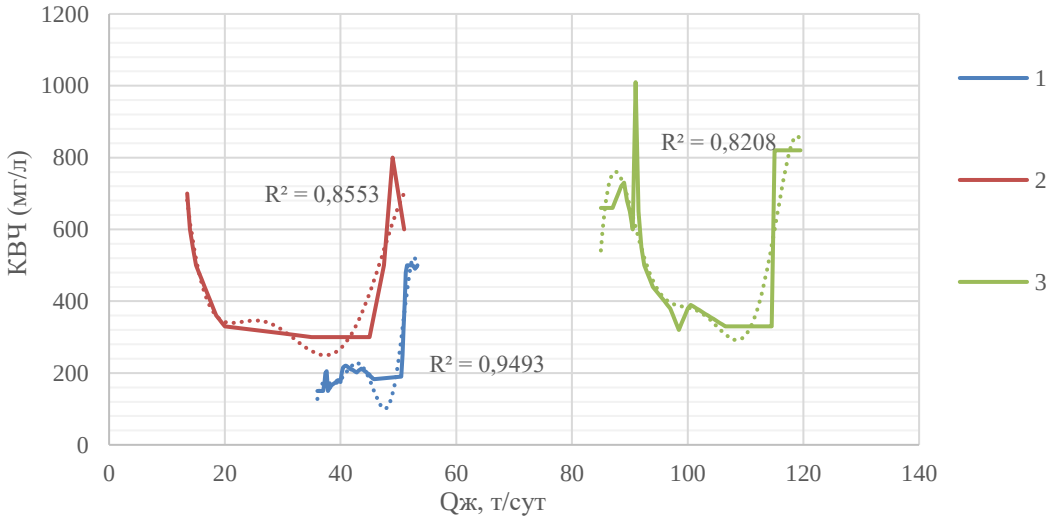


Рис. 2 – Влияние дебита жидкости на прогнозный показатель количества взвешенных частиц

Подход заключается в расчёте усреднённых значений всех входных параметров для каждого месторождения, формирующие типичный «профиль» скважины на данном объекте. Далее эти профили будут

отображены как «месторождение 1», «месторождение 2», «месторождение3». При фиксированных значениях всех признаков на среднем уровне, поочерёдно изменяется один из параметров в диапазоне, характерном для реальных условий эксплуатации, в то время как остальные остаются постоянными. На каждом шаге производится прогноз КВЧ с использованием обученной модели, после чего строится график зависимости прогнозного значения КВЧ от изменяемого параметра, отражающий независимое влияние каждого из параметров.

Итоговая модель предсказывает КВЧ для любого режима, а также учитывает залповый вынос механических частиц после пуска скважины. Модель пригодна для условий периодического режима, где важен период стабилизации. Предложенный подход обеспечивает комплексную интерпретацию модели, способствуя не только её валидации, но и практическому применению для управления технологическими режимами с целью минимизации рисков пескопроявления.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

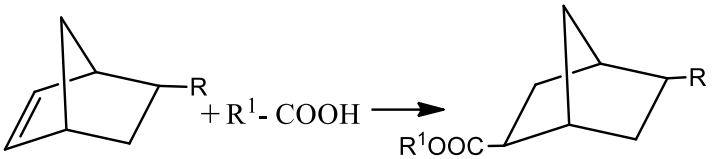
1. Settari A., Walters D. A. Advances in coupled geomechanical and reservoir modeling with applications to reservoir compaction //Spe Journal. – 2001. – Т. 6. – №. 03. – С. 334-342.
2. Томас Т., Качанов Л. М., Кузнецов А. И. Пластическое течение и разрушение в твердых телах: Пер. с англ. – Мир, 1964.
3. Rahmati H. et al. Review of sand production prediction models //Journal of Petroleum Engineering. – 2013. – Т. 2013. – №. 1. – С. 864981.
4. Coulomb M. Essai sur une application des règles de maximis & minimis à quelques problèmes de statique, relatifs à l'architecture //Revue française de géotechnique. – 2023. – №. 175. – С. 1.
5. Mohr O. et al. Welche Umstände bedingen die Elastizitätsgrenze und den Bruch eines Materials //Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure. – 1900. – Т. 46. – №. 1524-1530. – С. 1572-1577.
6. Duncan J. M., Chang C. Y. Nonlinear analysis of stress and strain in soils //Journal of the soil mechanics and foundations division. – 1970. – Т. 96. – №. 5. – С. 1629-1653.
7. Drucker D. C., Prager W. Soil mechanics and plastic analysis or limit design //Quarterly of applied mathematics. – 1952. – Т. 10. – №. 2. – С. 157-165.
8. Carter J. P., Liu M. D. Review of the structured cam clay model //Soil constitutive models: Evaluation, selection, and calibration. – 2005. – С. 99-132.
9. Shuttle D., Jefferies M. Norsand: description, calibration, validation and applications //Geo-Frontiers Conference 2005: Soil Constitutive Models: Evaluation, Selection, and Calibration. – 2010. – С. 1-31.
10. Taiebat M., Dafalias Y. F. SANISAND: Simple anisotropic sand plasticity model //International Journal for numerical and analytical methods in geomechanics. – 2008. – Т. 32. – №. 8. – С. 915-948.

СИНТЕЗ БЕНЗОЙНЫХ И ФЕНИЛАЦЕТАТНЫХ ДИЭФИРОВ НА ОСНОВЕ БИЦИКЛИЧЕСКИХ МОНОЭФИРОВ
SYNTHESIS OF BENZOIC AND PHTNYL ACETATE DIESTERS BASED ON BICYCLIC MONOESTERS

Кадырлы В.С., Расулова Р.А., Махмудова Э.Г., Ибрагимова М.Д., Мамедова Х.М., Сафарова И.Р.
Kadyrly V.S., Rasulova R.A., Makhmudova E.G., Ibragimova M.D., Mamedova H.M., Safarova I.R.
Институт нефтехимических процессов им. акад. Ю.Г. Мамедалиева, Министерство Образования Наук Азербайджанской Республики, г. Баку
**e-mail: qedirlivusale@mail.ru*

Ароматические эфиры относятся к числу наиболее востребованных классов органических соединений, широко применяемых при создании материалов с заданными и уникальными свойствами. В то же время анализ научной литературы показывает, что данные о синтезе ароматических эфиров, содержащих циклические фрагменты, остаются весьма ограниченными. В связи с этим целью настоящего исследования является получение новых, ранее не описанных ароматических эфиров, синтезированных в результате взаимодействия бензойной и фенилуксусной кислот с бициклическими моноэфирами, представляющими значительный научный и практический интерес. Следует отметить, что в современных подходах к синтезу сложных эфиров всё большее внимание уделяется экологическим аспектам. В частности, предпочтение отдается использованию твёрдых кислотных катализаторов, отличающихся пониженной токсичностью, простотой отделения от реакционной среды и возможностью многократного применения. С учётом этого синтез бициклических ароматических эфиров в данной работе осуществлялся в присутствии гетерогенного катализатора КУ-2-8 H^+.

Установлено, что оптимальные условия проведения реакции включают температуру 70°C, мольное соотношение исходных реагентов **1:3** = 1:1, количество гетерогенного катализатора КУ-2-8 H^+ 4 мас.% и продолжительность процесса 3 часа. При данных параметрах выход диэфира **5** достигает 87.6%.



1, 2 **3, 4** **5, 6, 7, 8**

R=CH_3COO-, CH_3COOCH_2- R^1=C_6H_5- , $C_6H_5CH_2$-

При оптимальных условиях также было осуществлено взаимодействие бензойной кислоты **3** с соединением **2**, в результате чего синтезирован соответствующий диэфир – 5-ацетоксиметилбицикло-[2.2.1]гептилбензоат (**6**) – с выходом 79.2 %.

В этих же условиях проведено исследование реакции присоединения фенилуксусной кислоты (**4**) к 5-ацетокси- (**1**) и 5-ацетоксиметилбицикло[2.2.1]гепт-2-енам **(2**) в присутствии гетерогенного катализатора КУ-2-8 H^+. В результате проведённой реакции были синтезированы соответствующие фенилацетатные диэфиры – 5-ацетоксибицикло[2.2.1]гептилфенилацетат (7) и 5-ацетоксиметил-бицикло[2.2.1]гептилфенилацетат (**8**). Выход целевых соединений составил 74,7–81% (схема 1, соединения 7 и 8).

Исходные бициклические соединения были синтезированы нами посредством реакции конденсации винилацетата и аллилацетата с циклопентадиеном при мольном соотношении 2:1.

Структура полученных диэфиров подтверждена с использованием ИК-спектроскопии, а также методов ядерного магнитного резонанса (^1H и ^{13}C ЯМР).

Анализ ИК-спектров синтезированных бициклических ароматических диэфиров выявил наличие интенсивных полос поглощения в области 3000–2860 $см^{-1}$, соответствующих валентным колебаниям С–Н связей,

а также 1458 $см^{-1}$ и 1380 $см^{-1}$, характерных для деформационных колебаний CH_2 и CH_3 групп соответственно. Наблюдаются также выраженные полосы в диапазоне 1717–1730 $см^{-1}$, относящиеся к карбонильной группе (C=O), и в области 1180–1290 $см^{-1}$, соответствующие колебаниям сложноэфирной группы (C–O–C), что подтверждает образование эфирных соединений. Дополнительно в спектрах фиксируются полосы поглощения при 762 и 686 $см^{-1}$, свидетельствующие о присутствии в молекуле монозамещённого бензольного кольца. Полосы средней интенсивности при 1602 $см^{-1}$ соответствуют валентным колебаниям двойных связей в ароматической системе, тогда как сигнал при 3062 $см^{-1}$ обусловлен валентными колебаниями C–H связей бензольного ядра.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Almeida A.G. A review on enzymatic synthesis of aromatic esters used as flavor ingredients for food, cosmetics and pharmaceuticals industries / Almeida A.G., Meneses A.C., Hermes de Araújo P. H., Oliveira D. // Trends in Food Science & Technology. – 2017. – 69. –. p 95–105. doi:10.1016/j.tifs.2017.09.004
2. Villa C. Eco-friendly methodologies for the synthesis of some aromatic esters, well-known cosmetic ingredients / Villa C., Baldassari S., Gambaro R., Mariani E., Loupy A. // Int J Cosmet Sci. – 2005. – 27(1). p. 11-6. doi: 10.1111/j.1467-2494.2004.00246.x.
3. Buzatu A.R. Synthesis of New aromatic esters of mono- and oligosaccharides / Buzatu A.R., Frissen A.E., Lambertus A. M., Todea A., Motoc M. // Processes. – 2020. – 8(12). – p.1638. https://doi.org/10.3390/pr8121638

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ СКВАЖИН, ОБОРУДОВАННЫХ ЭПУ, В ЗИМНИЙ ПЕРИОД
ALTERNATIVE APPROACHES TO WINTERTIME WELL PROTECTION FOR INSTALLATIONS EQUIPPED WITH ELECTRIC SUBMERSIBLE PUMPING SYSTEMS

Керимов М.А.
Kerimov M.A.
НГДУ «Комсомольскнефть» ПАО «Сургутнефтегаз», Murat100@mail.ru

В данной работе представлен анализ проблем замерзания элементов фонтанной арматуры в условиях Западной Сибири, которая оказывает значительное влияние на эффективность добычи нефти и бесперебойную работу погружного оборудования. Разработаны комплексные меры по снижению количества замерзаний и повышению эффективности работы скважин в зимний период. Особое внимание уделяется внедрению инновационных решений, таких как эксплуатация скважин с дополнительной выкидной линией и использованием полимерного материала, устойчивого к низким температурам, которые направлены на повышение надежности эксплуатации скважин в сложных климатических условиях.

В период низких температур нефтегазодобывающие управления (далее – НГДУ) сталкиваются с проблемой снижения уровня добычи нефти и нарушения стабильной работы погружного оборудования, связанной с замерзанием элементов фонтанной арматуры (далее – ФА). Ввод скважин с трудноизвлекаемыми запасами и увеличение малодебитного и периодического фонда негативно влияют на бесперебойную работу погружного оборудования скважин в зимний период. В Западной Сибири большую часть года сохраняется низкая температура воздуха. В этот период основным осложняющим фактором, влияющим на эксплуатацию скважин, является замерзание элементов ФА.

Замерзание обратного клапана на ФА приводит к росту давления в затрубном пространстве и снижению уровня жидкости до приема насоса, в результате чего срабатывает защита от срыва подачи. При повторных отключениях станция управления блокируется и оперативный запуск невозможен, что влечет за собой замерзание выкидной линии, а также других элементов ФА. На фонде скважин, работающих в периодическом режиме, вероятность замерзания выкидной линии выше, так как работа скважин кратковременная при малых дебитах со значительным простоем в ожидании накопления. Все это ведет к увеличению трудозатрат оперативного персонала и потерям добычи нефти.

В НГДУ «Комсомольскнефть» количество скважин дающего фонда ежегодно увеличивается, где доля периодического фонда составляет более 47 %. Малодебитный фонд вырос до 40 % от добывающего, в составе малодебитного фонда в периодическом режиме эксплуатируется 91 %. Ключевой объект разработки для этого фонда – пласт ЮС2 с низкими фильтрационно-емкостными свойствами.

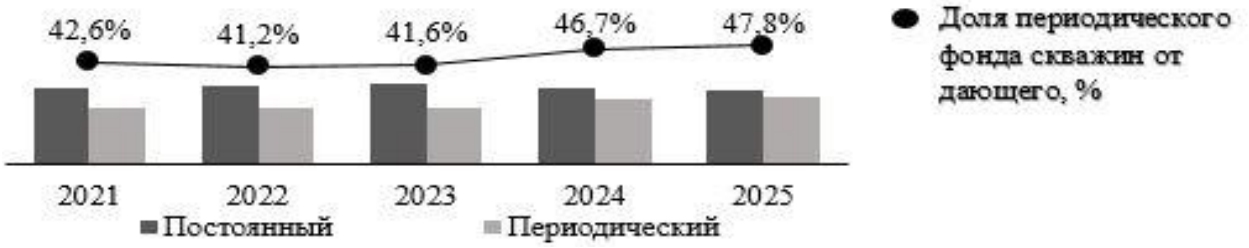


Рис. 1 - Динамика дающего фонда скважин

За 2021–2024 год тенденция к уменьшению количества замерзаний положительная. В зимний период 2024–2025 года количество замерзаний снизилось на 63 %.

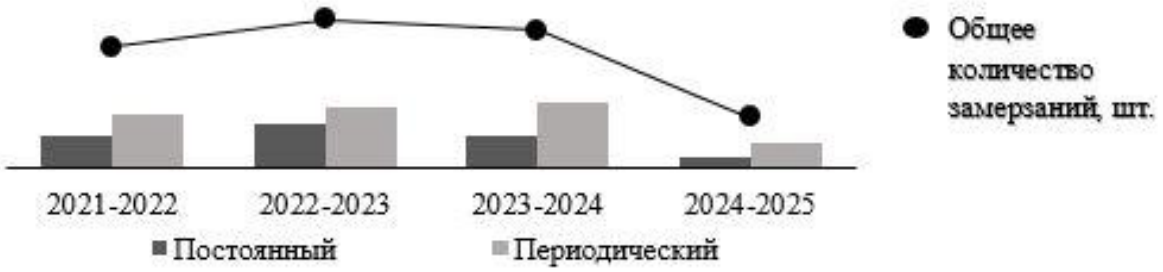


Рис. 2 - Динамика выявленных замерзаний элементов фонтанной арматуры

Основными причинами снижения количества замерзаний являются:

- комплексная работа по определению индивидуальных мероприятий на каждой скважине, работающей в периодическом режиме;
- применение существующих методов предотвращения замерзаний;
- внедрение нового метода защиты;
- средняя температура окружающего воздуха выше на 4˚С по сравнению с аналогичными периодами предыдущих лет.

С целью выполнения качественного анализа причин замерзаний элементов ФА разработана сравнительная сводная таблица, в которой ведется ежедневная статистика по месту замерзания и аналитика средних значений показателей температур и простоев установок электроцентробежного насоса (далее – УЭЦН) по месяцам с низкой температурой окружающего воздуха. По результату анализа сводной таблицы определяются индивидуальные мероприятия для целевого фонда скважин с осложнениями, которые требуют особого контроля в зимний период:

- с частыми замерзаниями элементов ФА;
- с турбинным вращением вала установки УЭЦН при остановке электродвигателя;
- остановка на зимнюю консервацию.

Для защиты ФА применяются следующие методы предотвращения замерзаний:

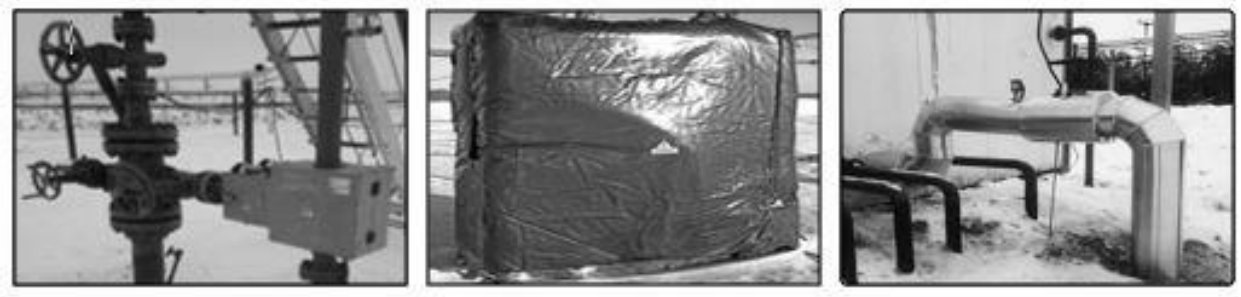


Рис. 3 - Существующие методы предотвращения замерзаний элементов фонтанной арматуры (термоактивная скорлупа; термоизоляционный чехол; дополнительная выкидная линия)

- комплект электрообогрева термоактивной скорлупы (далее – ТСФ), который имеет компактные габариты, легко монтируется и демонтируется на ФА, но имеет относительно небольшую площадь обогрева, где в основном защищен только обратный клапан;
- в целях защиты элементов фонтанной арматуры (задвижка, крестовина и т.д.) Применялись термоизоляционные чехлы с электрообогревом, которые позволяли поддерживать температуру необходимую для сохранения работы без замерзания элементов фонтанной арматуры, но был ряд недостатков: трудоемкий процесс монтажа/демонтажа оборудования, отсутствие каркаса и основной недостаток – короткое замыкание и вероятность к возгоранию. В 2024-2025 году термоизоляционные чехлы не применялись;

- дополнительная выкидная линия применяется со стационарным электрообогревом. Основная ее особенность – наличие общей газовой линии, соединяющей затрубные пространства добывающих скважин, с общим обратным клапаном на входе в автоматизированную групповую замерную установку. Недостатком являются большие затраты по внедрению на введенных в эксплуатацию кустовых площадках.

С целью определения наибольшего количества замерзаний по месту выявления проведен анализ сводной таблицы по замерзаниям элементов ФА без электрообогрева. Установлено, что основная доля замерзаний приходится на обратный клапан – 41 %. Замерзания выкидной линии, элементов задвижки и крестовины составили 36 %. Наименьшее количество замерзаний выкидной линии, которые предотвращаются с помощью пересмотра режима работы скважин, остановки в зимнюю консервацию или проведения геолого-технических мероприятий, направленных на увеличение нефтеотдачи.

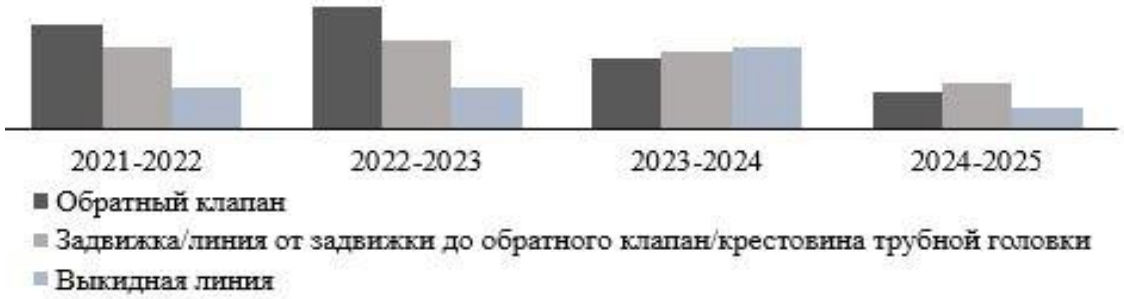


Рис. 4 - Динамика замерзаний элементов фонтанной арматуры без электрообогрева за 2021 – 2025 гг

В связи с тем, что для обогрева элементов ФА с обратным клапаном наиболее эффективный способ – термоизоляционные чехлы с электрообогревом, но на сегодняшний день данный метод не доработан и не применяется, было определенно найти альтернативное инженерное решение для снижения количества замерзаний обратного клапана.

В НГДУ «Комсомольскнефть» за 2019–2021 годы были проведены опытно-промысловые испытания по замене металлической клапанной пары на полимерные материалы (капролон, фторопласт и полиуретан на резиновой основе). Главным преимуществом полимерных материалов является их работоспособность при низких температурах, но вопрос в долговечности материала остался открытым, материалы разрушались в процессе эксплуатации от одного до двух месяцев.

Обладая отрицательным опытом эксплуатации полимерных материалов в составе обратного клапана, была найдена инновационная технология. Полиуретан нового типа – это современный материал, изготовленный на основе нефти, который обеспечивает высокий уровень защиты.

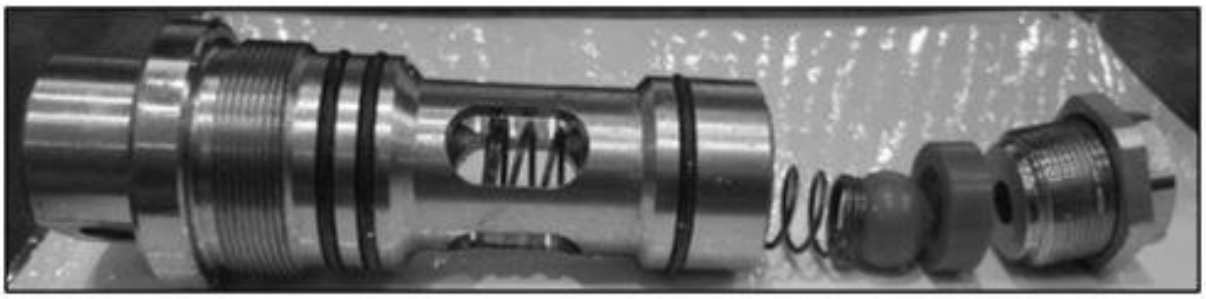


Рис. 5 - Клапанная пара из полиуретана в составе обратного клапана

Отличительными особенностями полиуретана являются высокая износостойкость, устойчивость к истиранию и отсутствие деформации, а также простое изготовление клапанной пары, где не требуется использование 3D-

принтера или токарного станка, поскольку материал жидкий, его заливают в форму, проводят полимеризацию и ждут затвердевания. Таким способом воссоздаются точные размеры аналогичной металлической основы.

Для определения герметичности обратного клапана со сменным элементом из полиуретана было проведено гидроиспытание на стенде базы производственного обслуживания. Результат – клапанная пара герметична.



Рис. 6 - Гидроиспытание клапанной пары из полиуретана

В случаях необходимости применения соляно-кислотной обработки для восстановления работоспособности подземного оборудования, совместно с цехом научно-исследовательских и производственных работ НГДУ «Комсомольскнефть», было проведено испытание для определения воздействия соляной кислоты на полимерный материал. Опытный образец был помещен в 6 %-ный раствор соляной кислоты в мерном цилиндре на 6 ч. В результате материал прошел проверку соляной кислотой без деформаций.



Рис. 7 - Испытание полимерного материала

По результатам успешно проведенных испытаний новый метод защиты применяется с 2024 года. Клапанные пары внедрены в обратные клапаны ФА на восьми скважинах, где на семи были ранее зафиксированы замерзания обратных клапанов, так же для подтверждения работоспособности в сложных условиях на одной скважине дополнительно демонтировали ТСФ.

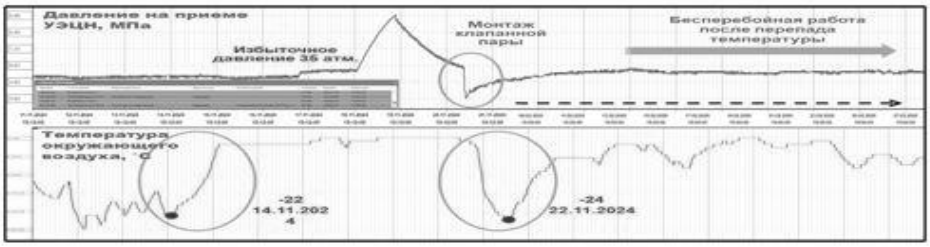


Рис. 8 - Пример эксплуатации погружного оборудования с клапанной парой из полиуретана в составе обратного клапана ФА

По окончанию зимнего периода 2024-2025 проведены проверки клапанных пар из полиуретана, где износа и деформации не обнаружено.



Рис. 9 - Клапанная пара из полиуретана после проверки обратного клапана

На основании полученных результатов подтверждена условная экономическая эффективность для скважин, на которых происходило замерзание обратного клапана без ТСФ в зимний период 2024–2025. Основным преимуществом нового метода защиты является существенная экономия затрат на привлечение персонала и специальной техники для отогрева запорной арматуры, а также экономия на условно-постоянных расходах за счет дополнительной добычи нефти.

В зимний период 2025–2026 инновационное решение продолжает внедряться в НГДУ «Комсомольскнефть» и в целом по ПАО «Сургутнефтегаз».

С помощью анализа по замерзаниям элементов фонтанной арматуры определено наибольшее количество замерзаний по месту выявления – обратный клапан. Разработан новый действенный метод защиты против замерзания обратного клапана, внедрение клапанной пары из полиуретана позволяет эксплуатировать обратный клапана без привлечения персонала и специальной техники для отогрева запорной арматуры, а также без снижения потерь от внутрисменных простоев в добычи нефти и нарушения стабильной работы погружного оборудования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Анисимов, Н.В. Основы нефтегазового дела: учебник для вузов / Н. В. Анисимов, К. Н. Дьяконов. – СПб.: Недра, 2020. – 480 с.
2. Богаченков, В.И. Нефтяная промышленность России: проблемы и перспективы развития / В. И. Богаченков // Нефть и капитал. – 2021. – № 10. – С. 34–41.
3. Брагинский, О.Б. Шматко А.А. Экономика и управление предприятиями нефтяной промышленности: учебник / О.Б. Брагинский, А.А. Шматко. – Москва: Юрайт, 2022. – 528 с.
4. Гладков, Е.С. Геология нефти и газа: учебное пособие / Е. С. Гладков, В. М. Воропаев. – Тюмень: Издательство Тюменского индустриального университета, 2023. – 312 с.
5. Гриценко, А.И. Разработка месторождений углеводородов: теория и практика: учебник / А. И. Гриценко, Н. С. Ахметов, М. К. Захаров. – Новосибирск: Сибирское университетское изд-во, 2021. – 456 с.
6. Петрова, В.А. Российский опыт разработки месторождений трудноизвлекаемых запасов нефти / В. А. Петрова. – Москва: Наука, 2022. – 352 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ДИВЕРСИФИКАЦИЯ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ РАЗРАБОТКИ
HYDROCARBON FIELD OPTIMIZATION AND DIVERSIFICATION OF DEVELOPMENT BY-PRODUCTS

Киосе П.С.
Chiose P. S.
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, chiose.neftegaz@mail.ru
Научный руководитель: Доцент, к.т.н. Деньгаев Алексей Викторович

АННОТАЦИЯ

Работа посвящена одной из сложнейших и актуальных проблем современности, оптимизации углеводородных месторождений за счет добычи криптовалюты и диверсификации побочных продуктов разработки. В работе описывается экономическая и экологическая выгода использования попутного нефтяного газа, а также бурового шлама, который с помощью новых подходов и технологий повысит рентабельность углеводородных месторождений. Сможет сократить выбросы углекислого газа в атмосферу. Внедрение систем добычи криптовалюты и систем по переработке бурового шлама кратно может увеличить рентабельность нефтегазовых месторождений.

ABSTRACT

This work addresses one of the most complex and pressing challenges of our time: the optimization of hydrocarbon fields through cryptocurrency mining and the diversification of development by-products. The study describes the economic and environmental benefits of utilizing associated petroleum gas (APG) and drill cuttings. Through novel approaches and technologies, these measures enhance the profitability of hydrocarbon fields while reducing carbon dioxide emissions. The implementation of cryptocurrency mining systems together with drill cuttings processing units can multiply the profitability of oil and gas fields.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Оптимизация, диверсификация, экономическая и экологическая выгода (ЭЭВ), буровой шлам, побочные продукты.

KEYWORDS

Optimization, ddiversification, economic and environmental benefit (EEB), drill cuttings, By-products

Работа посвящена комплексной оптимизации углеводородных месторождений на основе диверсификации побочных продуктов разработки и внедрения энергоэффективных технологий. Рассматриваются два основных направления: использование попутного нефтяного газа (ПНГ) для генерации электроэнергии с последующим применением её в криптомайнинге и утилизацией выделяемого тепла для обогрева промысловой инфраструктуры. Использование попутного нефтяного газа (ПНГ) для добычи криптовалют — это мировой тренд, который набирает обороты. Основная идея заключается в том, чтобы вместо сжигания газа на факелах (что приводит к выбросам CO_2 и потерям ценного ресурса) направлять его на выработку электроэнергии для питания майнинг-ферм. Такой подход позволяет нефтяным компаниям монетизировать то, что раньше было отходом, а майнерам — получать доступ к дешевой и стабильной энергии. Говоря о диверсификации, буровой шлам – это потенциальное сырьё, которое пока чаще утилизируют, чем используют, Россия умеет его обезвреживать и частично применять, но пока не полностью. Используя его не как источник ценности, всего до десяти процентов бурового шлама используется повторно с выгодой. Только Ханты-Мансийском автономном округе ежегодно образуется не менее 12 млн тонн таких отходов,

если научиться эффективно его перерабатывать можно получить дополнительно до 5–15% нефти. Современные технологии позволяют извлекать редкоземельные элементы (барий, ванадий) и другие ценные металлы с высокой эффективностью.

Экологический эффект Сокращение вредных выбросов от сжигания газа на факелах и снижение углеродного следа отрасли. Замена факельного сжигания ПНГ на его использование в газопоршневых установках для питания майнинг-ферм позволяет сократить выбросы CO_2 на 50–70%, а также исключить эмиссию сажи и несгоревших углеводородов.

Предложена методология расчёта энергетического баланса месторождения, позволяющая сопоставить потребности промысла (питание электроцентробежных насосов, систем поддержания пластового давления, жилых модулей) с мощностью генерирующих установок на ПНГ и майнинг-ферм. Показано, что применение технологий жидкостного охлаждения ASIC-майнеров позволяет утилизировать до 96–98% потребляемой электроэнергии в виде тепла с температурой 55–80 °C, пригодного для нужд теплоснабжения. Как показывают проекты в Финляндии, Канаде и Швеции, эта технология уже работает в промышленных масштабах и может быть адаптирована для условий российской нефтедобычи.

Отдельным блоком рассмотрены современные методы переработки бурового шлама ультразвуковая и химическая экстракция редкоземельных элементов, пиролиз углеводородной составляющей с получением жидких и газообразных фракций, а также извлечение щелочноземельных металлов. Обоснована экономическая и экологическая целесообразность перехода от захоронения отходов к их промышленной переработке, что позволяет снизить углеродный след, сократить накопленный экологический ущерб и получить дополнительный источник ценного сырья.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Деньгаев А. В., Вербицкий В.С. Научный подход рационального использования попутного нефтяного газа.2016
2. Фрагачан Ф., Шокантов Т. Экологически безопасное решение проблемы управления буровыми отходами методом подземной закачки бурового шлама в пласт. 2006.
3. Егорова Е.Н. Токенизация активов в нефтегазовой отрасли. 2025.

REFERENCES:

1. Dengaev A.V., Verbitskiy V.S. Scientific approach to the efficient utilization of associated petroleum gas. 2016
2. Fragachan F., Shokantov T. Environmentally Safe Solution for Drilling Waste Management by Underground Injection of Drill Cuttings into the Formation. 2006.
3. Egorova E.N. Tokenization of Assets in the Oil and Gas Industry. 2025.

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ СБОРА И ПОДГОТОВКИ СКВАЖИННОЙ ПРОДУКЦИИ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ «ЛАНГЕПАСНЕФТЕГАЗ»

OPTIMIZATION OF THE SYSTEM FOR COLLECTING AND PREPARING WELL PRODUCTS AT THE FIELDS OF THE TERRITORIAL PRODUCTION ENTERPRISE «LANGEPASNEFTEGAZ»

Кожаров М.М.
Kozharov M.M.
Россия, ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь» ТПП «Лангепаснефтегаз», kmm_04@mail.ru

В современном нефтегазовом комплексе эффективность сбора скважинной продукции является одним из ключевых факторов, определяющих экономическую рентабельность добычи и устойчивое развитие предприятий. В условиях ограниченных ресурсов и необходимости повышения конкурентоспособности предприятий, важно искать пути оптимизации технологических процессов, минимизации потерь и повышения надежности системы сбора продукции. Актуальная повестка дня сегодня – неэффективное распределение мощностей между различными участками системы, что ведет к увеличению затрат и снижению общего уровня эффективности. В частности, рассмотрение вопроса рекомбинации системы сбора методом перераспределения ее мощностей на другие участки может стать эффективным инструментом оптимизации, однако требует комплексного анализа и моделирования [1, 2].

Целью Проекта является оптимизация системы сбора скважинной продукции ТПП «Лангепаснефтегаз». Для достижения поставленной цели, установлены следующие задачи: сбор и обработка промысловых данных, моделирование изменений в трубопроводной системе сбора (в том числе гидравлический расчёт новой системы сборы), выполнение технико-экономической оценки Проекта.

При реконструкции системы сбора особое внимание уделяется текущему и перспективному состоянию режима работы месторождений, находящихся на участках проведения работ.

В работе была проведена сравнительная характеристика текущей и перспективной системы сборы. Согласно расчётам, при реализации Проекта возможно исключить из эксплуатации два опасных производственных объектов – ДНС «А» и ДНС «С» - и обеспечить эффективный сбор скважиной продукции.

Проект имеет положительный NPV (чистый приведённый доход). Срок окупаемости составляет 4 года.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Коршак А.А. Ресурсо- и энергоснабжение при транспортировке и хранении углеводородов//Феникс, 2016. – С. 1- 5.
2. Репин Д.Г., Рыбак В.Г. Технологическая надежность магистральных газонефтепроводов//Феникс, 2020. – С. 128-133.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АКРИЛОНИТРИЛА ДЛЯ ОЧИСТКИ НЕФТИ ОТ КОРРОЗИОННОАКТИВНЫХ ЛЕГКИХ МЕРКАПТАНОВ И СВОБОДНОГО СЕРОВОДОРОДА

PROSPECTS OF USING ACRYLONITRILE FOR OIL PURIFICATION FROM CORROSIVE LIGHT MERCAPTANS AND FREE HYDROGEN SULFIDE

Кореньков Б.Д., Транковский А.Б., Косырев А.Г.
Korenkov B.D., Trankovsky A.B., Kosyrev A.G.
Россия, ООО «Саратоворгсинтез», Boris.Korenkov@lukoil.com

Полиакриламидные реагенты, получаемые на основе акрилонитрила, широко применяются в нефтегазовой отрасли в качестве понизителей водоотдачи буровых растворов, ингибиторов гидратообразования, флокулянтов и агентов для повышения нефтеотдачи пластов [1]. Однако в последние годы акрилонитрил привлекает внимание как перспективный компонент для решения другой острой проблемы нефтедобычи – нейтрализации коррозионноактивных серосодержащих соединений в транспортируемой нефти.

На месторождениях северных нефтегазовых провинций, включая арктическую зону, добываемая нефть часто содержит агрессивные примеси: сероводород (H_2S) и легкие меркаптаны (метантиол, этантиол и др.). Их присутствие приводит к интенсивной коррозии оборудования и трубопроводов, снижению надежности транспорта и созданию экологических рисков. В условиях ужесточения нормативов по содержанию H_2S в товарной нефти (планируемое снижение с 100 до 20 ppm) и необходимости обеспечения стабильности магистральных нефтепроводов разработка эффективных методов удаления этих примесей становится всё актуальнее.

В настоящее время для связывания сероводорода и меркаптанов в нефти применяются различные химические реагенты – скавенджеры, среди которых широко используется формальдегид (или его производные), вступающий в реакцию с H_2S с образованием циклических тианов. Однако этот метод имеет существенные недостатки: образование твердых отложений в трубопроводах и оборудовании, что снижает пропускную способность и требует частых остановок на очистку; недостаточная эффективность по отношению к легким меркаптанам, которые остаются в нефти и продолжают вызывать коррозию; высокие эксплуатационные затраты, связанные с необходимостью периодических чисток и риском аварий, попутная коррозия, вызванная муравьиной кислотой (побочным продуктом).

Таблица 1. Сравнение методов нейтрализации сернистых соединений

Параметр	Скавенджеры на основе формальдегида	Скавенджеры на основе акрилонитрила
Образование твердых отложений	Образует тианы, выпадающие в осадок	Продукты реакции (тиопропионитрилы) растворимы в нефти, отложений нет
Эффективность по H_2S	Высокая	Высокая
Эффективность по легким меркаптанам	Низкая (меркаптаны остаются в нефти)	Высокая (образуются стабильные тиопропионитрилы)
Влияние на переработку нефти	Отложения требуют остановок, очистки оборудования	Продукты не влияют на процессы переработки
Эксплуатационные риски	Высокие (закупорка трубопроводов, аварии)	Низкие

Химической основой предлагаемого метода выступает реакция сопряженного присоединения (реакция Михаэля). При обработке нефти водно-щелочным раствором акрилонитрила происходит сначала активация сернистых соединений под действием щелочи с образованием меркаптид-ионов (RS^-) и гидросульфид-ионов (HS^-),

которые затем присоединяются по двойной связи акрилонитрила. В результате для меркаптанов образуются алкилтиопропионитрилы ($RS–CH_2–CH_2–C\equiv N$), а для сероводорода – 3,3'-тиодипропионитрил ($(N\equiv C–CH_2–CH_2)_2S$). Образующиеся продукты не проявляют коррозионной активности, хорошо растворимы в нефти, не выпадают в осадок и не влияют на дальнейшую переработку сырья.

Проведены исследования на образцах нефти с повышенным содержанием H_2S и легких меркаптанов. При обработке водно-щелочным раствором акрилонитрила в условиях, моделирующих транспорт нефти, установлено снижение содержания H_2S и метилмеркаптана до значений, соответствующих требованиям к товарной нефти (<20 ppm), отсутствие образования твердых отложений в течение всего времени контакта, а также стабильность полученных продуктов при последующем хранении и транспорте.

Использование акрилонитрила в качестве компонента скавенджеров позволяет одновременно снижать коррозионную агрессивность транспортируемой нефти за счет химического связывания H_2S и легких меркаптанов, исключать образование твердых отложений в трубопроводной системе, а также повышать надежность работы магистральных нефтепроводов и продлевать ресурс оборудования. В перспективе необходима разработка методики расчета дозировки реагента в зависимости от исходного содержания сернистых соединений, а также изучение влияния обработанной нефти на процессы ее переработки. Учитывая, что акрилонитрил сам является продуктом нефтехимии (получается каталитическим аммонолизом пропилена), предлагаемый метод даёт возможность создания замкнутого цикла на базе отечественного сырья.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Исмагилова С. М., Барахнина С. Д., Саяпов А. В., Анисимов И. Е., Исмагилов М. И. Экологические аспекты применения акриловых буровых добавок // Рассохинские чтения: материалы международной конференции. - Ухта: Изд-во УГТУ, 2024. - С. 253-256.
2. Башкатова С.Т., Логвиненко В.А., Башкатов Т.В. Химические реагенты для очистки нефти от сероводорода и легких меркаптанов // Нефтехимия. – 2019. – Т. 59, № 6. – С. 699–707.

ВЫДЕЛЕНИЕ ЗАСОЛОНЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ В КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ
IDENTIFICATION OF SALINIZED INTERVALS IN CARBONATE USING GEOPHYSICAL ETHODS

Котельников В.В.
Kotelnikov V.V.
ПАО «Сургутнефтегаз», Тюменское отделение «СургутНИПИнефть», Vovadin95@mail.ru

Выделение коллекторов в карбонатных отложениях осложнено полиминеральным составом, а также вторичными процессами, в частности, засолонением, при котором происходит заполнение пустотного пространства галитом [1]. Засолоненные интервалы по данным геофизических исследований скважин выделяются как коллекторы. В последствии, при испытании засолоненных интервалов получают очень низкие дебиты либо приток отсутствует.

На рисунке 1 приведено сравнение двух скважин. Содержание соли в порах показано на шестом треке. В скважине 1 засолоненность низкая, при испытании в ней получен приток нефти, в скважине 2 выделенные коллекторы характеризуются высокой засолоненностью, при их испытании притока не получено.

Цель данной работы – повышение достоверности определения по данным геофизических исследований минерального состава и количественной оценки галитизации, а также установление критических значений относительной засолоненности.

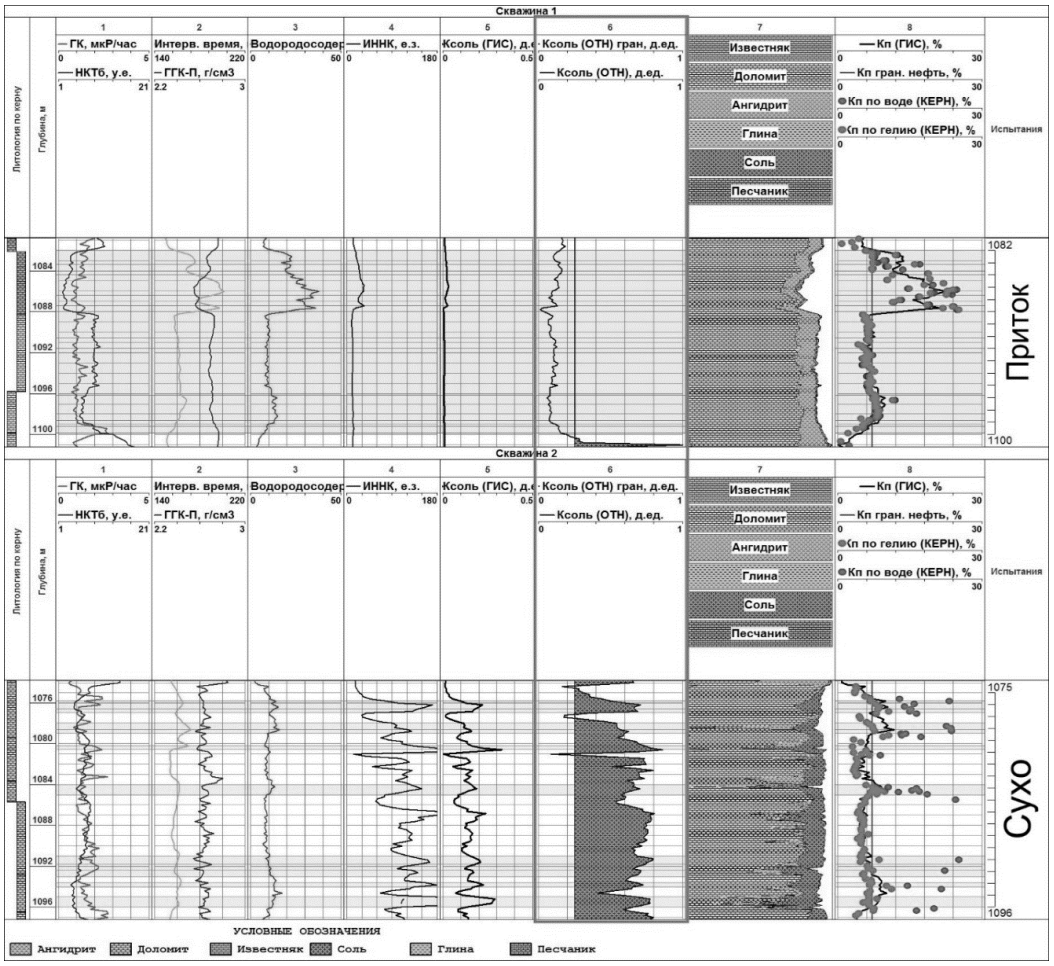


Рис. 1 - Сравнение засолоненности в скважинах 1 и 2

Объемно-минералогическая модель: расчет параметров

Карбонатные горные породы рассматриваемых отложений преимущественно доломитового состава с малым содержанием кальцита. В области пониженной пористости твердая фаза представлена как доломитом, кальцитом, так и кремнистым, глинистым и ангидритовым материалом.

Для учета минерального состава горных пород и структурных особенностей пустотного пространства при определении пористости пород использован весь комплекс методов пористости, выполненный в скважинах – акустический, нейтронный, гамма-гамма плотностной каротажи, метод гамма-каротажа, позволяющий учесть наличие в породах разреза глинистого материала, а также импульсный нейтрон-нейтронный метод, который по сечению захвата чувствителен к солесодержанию [2], и литоплотностной метод, который за счет фотоэлектрического фактора позволяет разделить породы с близкой или одинаковой плотностью по порядковому номеру.

Задача решалась через систему уравнений (1). При анализе минерального состава сложной горной породы полагалось, что свойство этой горной породы есть взвешенная (по объемным долям минеральных компонентов) сумма свойств, слагающих ее минералов, а также флюида, занимающего поровое пространство.

Компоненты принимались следующие: кальцит, доломит, ангидрит, кварц, глина, галит, флюид в поровом пространстве.

Система уравнений (1) состоит из семи уравнений с семью неизвестными. Это значит, что система определена и имеет единственное решение:

$$(1)\qquad \begin{cases} ГК_{изм} = \sum ГК_i * V_i + К_П * ГК_ф \\ \Delta Т_{изм} = \sum \Delta Т_i * V_i + К_П * \Delta Т_ф \\ W_{изм} = \sum W_i * V_i + К_П * W_ф \\ \delta_{изм} = \sum \delta_i * V_i + К_П * \delta_ф \\ Pe_{изм} = \sum Pe_i * V_i + К_П * Pe_ф \\ \Sigma_{изм} = \sum \Sigma_i * V_i + К_П * \Sigma_ф \\ 1 = \sum V_i + К_П \end{cases}$$

где $ГК_{изм}$, $\Delta Т_{изм}$, $W_{изм}$, $\delta_{изм}$, $Pe_{изм}$, $\Sigma_{изм}$ – измеренные в горной породе показания методов гамма-каротажа, акустического, нейтронного, гамма-гамма плотностного каротажей, гамма-гамма литоплотностного и импульсного нейтрон-нейтронного каротажей, ГКi, ΔTi, Wi, δi, Pei, Σi – показания методов в чистом минерале (приведенное значение для нулевой пористости и 100 % содержании минерала), ГКф, ΔTфi, Wф, δф, Реф, Σф – показания методов во флюиде, занимающем поровое пространство, Vi – доля i – ого минерального компонента в скелете породы, Кп – коэффициент пористости.

При решении системы (1) заданы следующие ограничения:

$$\begin{cases} V_i \geq 0 \\ V_i \leq 1 \\ К_П \geq 0 \\ К_П \leq 0.5 \end{cases} \quad (2)$$

Чтобы подтвердить корректность расчетов, полученные результаты сравнивались с данными керна. На рисунке 2 представлен планшет с рассчитанной минеральной моделью. Соль по керну определена по рентгено-флуоресцентному анализу, а остальные компоненты – по радиационно-спектральному анализу. Как видно, рассчитанные по данным геофизических исследований компоненты модели хорошо согласуются с керном.

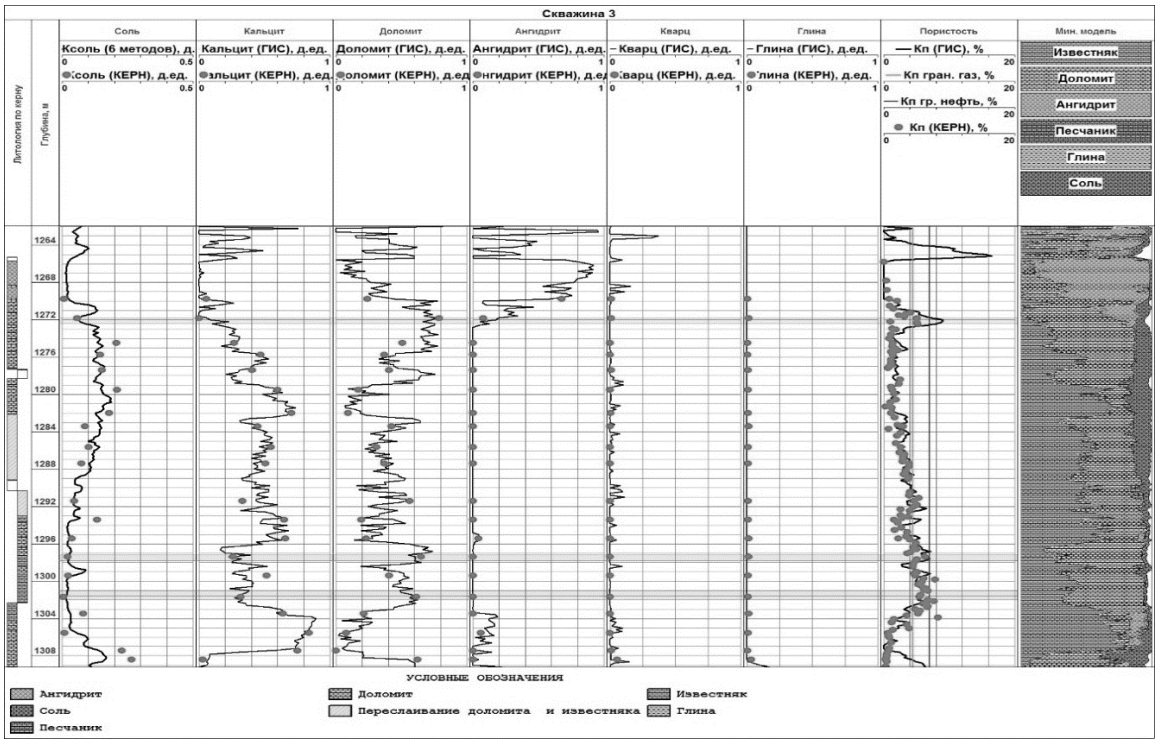


Рис. 2 - Сопоставление рассчитанных по геофизическим исследованиям и определенных на керне минеральных компонентов карбонатных пород

Критерии засолоненности

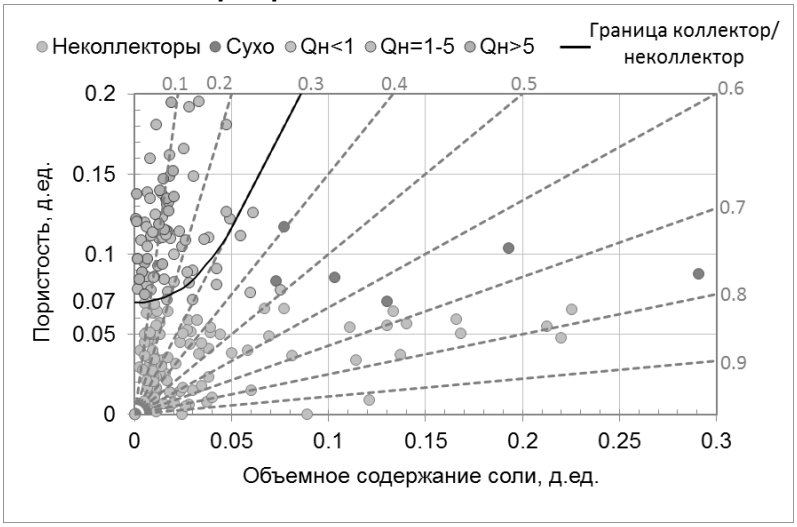


Рис. 3 - Зависимость коэффициента пористости от объемного содержания соли

На рисунке 3 представлен график пористости от объемного содержания соли. Точки на графике – значения пористости и солесодержания в интервалах испытаний. Шифр пунктирных линий – относительная засолоненность ($\eta_{соль}$):

$$\eta_{\text{СОЛЬ}} = \frac{\text{К}_{\text{СОЛЬ}}}{(\text{К}_{\text{СОЛЬ}}+\text{К}_{\text{П}})}, \quad (3)$$

где Ксоль – объемное содержание соли, Кп – коэффициент пористости.

Из рисунка 3 следует, что чем больше относительная засолоненность, тем ниже дебит. Засолоненные интервалы, выделенные при оперативной интерпретации как коллекторы, не приточны (точки на графике обозначены как сухо). Граничное значение относительной засолоненности, отделяющее коллектор от неколлектора (черная линия на графике), составило $\eta_{соль}$ = 0.3.

Результаты

На рисунке 4 на шестом треке рассчитано содержание соли в породе по данным геофизических исследований. Верхний интервал перфорации, по которому не получено притока, сильно засолонен. Это также подтверждается расхождением керновой пористости по гелию и по воде на восьмом треке. В засолоненных интервалах пористость по воде заметно больше пористости по гелию.

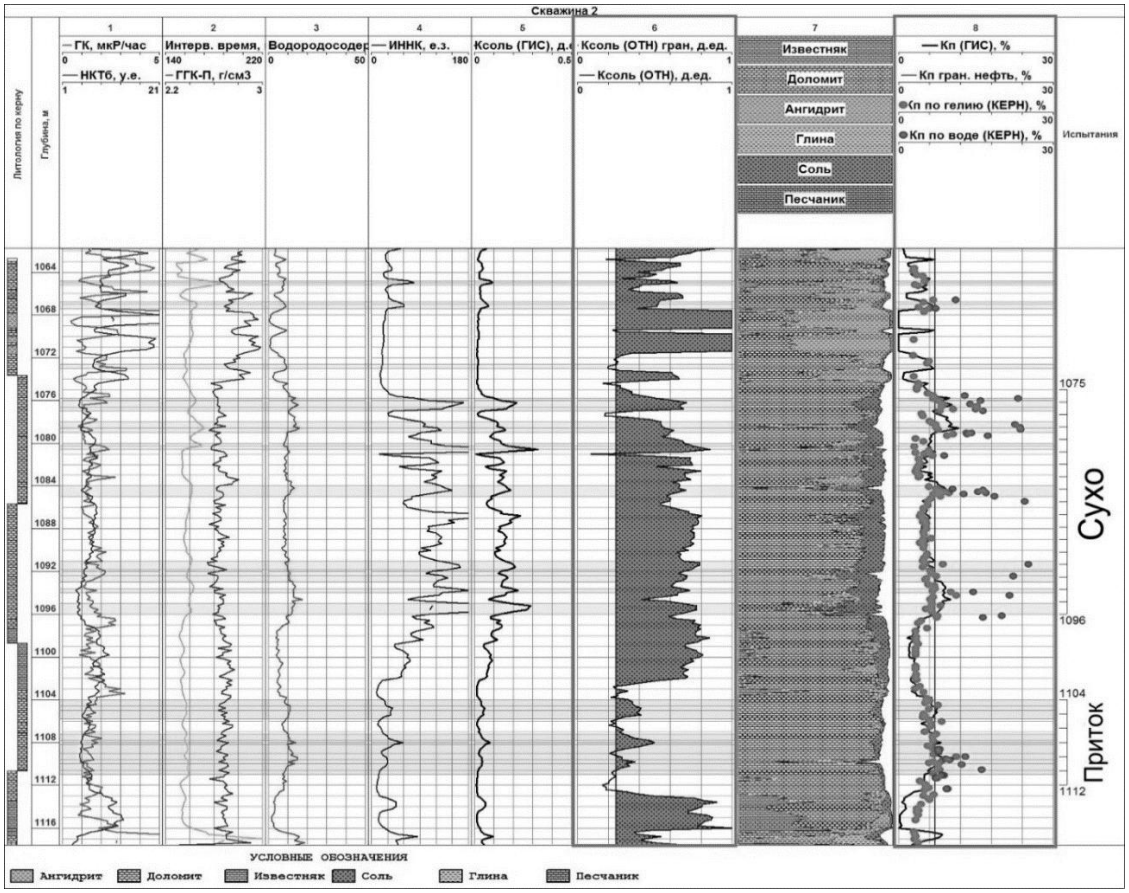


Рис. 4 - Выделение засолоненных интервалов в скважине 2

Выводы

1. Оптимальный комплекс геофизических исследований для достоверного определения минерального состава и пористости – гамма-метод, акустический, нейтронный, гамма-гамма плотностной, гамма-гамма литоплотностной и импульсный нейтрон-нейтронный каротажи.

2. Автором доклада выработаны критерии выделения коллекторов с учетом засолоненности: $\eta_{соль}$ <0.1 – слабое засолонение; $\eta_{соль}$ = 0.1 – 0.3 – засолоненный коллектор; $\eta_{соль}$ > 0.3 – неколлектор.

3. Минеральная модель по геофизическим исследованиям подтверждается керновыми данными, а количественная оценка засолонения согласуется с результатами испытаний.

4. Методика рекомендуется к использованию при оперативной интерпретации.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Дьяконова Т.Ф., Исакова Т.Г. Особенности изучения засолоненных типов разрезов методами ГИС на примере месторождений Восточной Сибири. // Геофизика. 2012. Специальный выпуск. С.85–89.
2. Шимилевич Ю.С. и др. Физические основы импульсных нейтронных методов исследований скважин. – М., Недра, 1976 г.

ЛИКВИДАЦИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ГРАФЕНОВОГО АЭРОГЕЛЯ

Логинова Е.В.
Россия, НШПП «Яреганефть» ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь», ekat1992loginova@gmail.com

ВВЕДЕНИЕ

Ликвидация последствий нефтеразливов влечет за собой значительные финансовые издержки, которые включают:

- Прямые расходы на приобретение и использование специализированного оборудования, транспортные расходы, оплата труда персонала, задействованного в ликвидации.
- Затраты на сбор и утилизацию отходов: сбор и последующая утилизация используемых бонов, сорбентов, салфеток и других материалов, загрязненных нефтепродуктом, что создает дополнительные затраты.
- Одноразовое использование сорбентов приводит к увеличению объема отходов и требует поиска экологически безопасных методов утилизации.

Решение этих вопросов поможет Обществу уменьшить затраты на ликвидацию нефтеразлива. Предлагается рассмотреть переход с традиционных применяемых материалов, на новый экологический материал созданный Российскими учеными – графеновый аэрогель с уникальными свойствами, помогающий собирать разлившиеся нефтепродукты.

Основным преимуществом перехода на графеновый аэрогель является экономическая выгода и уменьшения трудозатрат при ликвидации нефтеразлива.

1 Цели и задачи

Главной целью работы является: подбор рациональных материалов, применяемых в процессе ликвидации нефтяных разливов

Для достижения поставленной цели были сформированы следующие задачи:

- Анализ традиционных методов очистки от нефтезагрязнений. Дать предложение по подбору применяемых материалов
- Определить сорбционную емкость графенового аэрогеля по отношению к различным видам нефти и нефтепродукта.
- Оценить эффективность и экологичность применения графенового аэрогеля.
- Дать предложения по применению, оценить готовность для практического использования материалов и возможности терожирования.
- Снижения затрат на утилизацию материалов используемых при ликвидации разливов

2. Анализ рыночных предложений



Рис. 1 - Виды сорбентов

Для ликвидации нефтезагрязнений применяют разные виды сорбентов:

• Неорганические: глина, диатомитовые породы, песок, пемза.

- Малоэффективны, так как тонут вместе с нефтью

• Органические и органоминеральные: модифицированный торф, древесная щепа, шерсть, макулатура.

- Неэффективны, так как впитывают воду.

• Синтетические: изготавливаются из полипропиленовых волокон, формованного полиэтилена с полимерными наполнителями, полиуретана в гранулированном или губчатом виде.

- Низкая биодеградация (не разлагаются)

2.1. Выбор предлагаемого сорбента

Графеновый аэрогель – это пористая структура, которую получают из графита путём сублимационной сушки.

Некоторые свойства графенового аэрогеля:

• сверхнизкая плотность (кубический сантиметр весит всего 0,16 миллиграмма);

• высокая прочность (на уровне стали);

• способность впитывать и удерживать органические вещества;

• достаточно высокие теплоизоляционные характеристики.

Композитный аэрогель на основе графена и политетрафторэтилена (тефлона).

Эффективный инструмент для ликвидации последствий утечек нефти и нефтепродуктов, актуальный для нефтегазовой отрасли, в том числе в арктической зоне.

Можно получать в любой форме - в гранулах, цилиндрах и блоках разного размера, его можно использовать на водных поверхностях не только для локализации, но и для сбора пятна нефтепродуктов.

Графеновый аэрогель – та самая революция в материаловедении.



Рис. 2 - Графеновый аэрогель

2.2. Примеры проектов создания аэрогеля

• Проект группы зарубежных исследователей. Создан аэрогель из нанофибрилл целлюлозы и экологически безопасного полимера – поливинилового спирта. Материал способен поглощать нефть и нефтепродукты в количествах, почти в 100 раз превышающих его собственный вес. Аэрогель можно использовать повторно несколько циклов.

• Проект зарубежных учёных. Разработан пористый аэрогель из нитрида бора, который впитывает нефть и органические растворители. Материал протестирован в лабораторных условиях и может использоваться для ликвидации разливов нефти.

• Проект лаборатории российских научных организаций. Создан композитный аэрогель на основе графена и политетрафторэтилена (тефлона). Он впитывает нефть и нефтепродукты (нефть, бензин, керосин, органические растворители), в том числе из водного раствора. Аэрогель не поглощает воду и способен держаться на поверхности водоёма длительное время, впитывая загрязнители даже во время шторма.

Выявив ряд характеристик, которые имеют значимость для ликвидации нефтеразлива для Общества, произвели сравнения по следующим факторам:

- кратность применения
- вес
- процентное поглощение воды
- способ сбора нефтепродукта
- утилизация

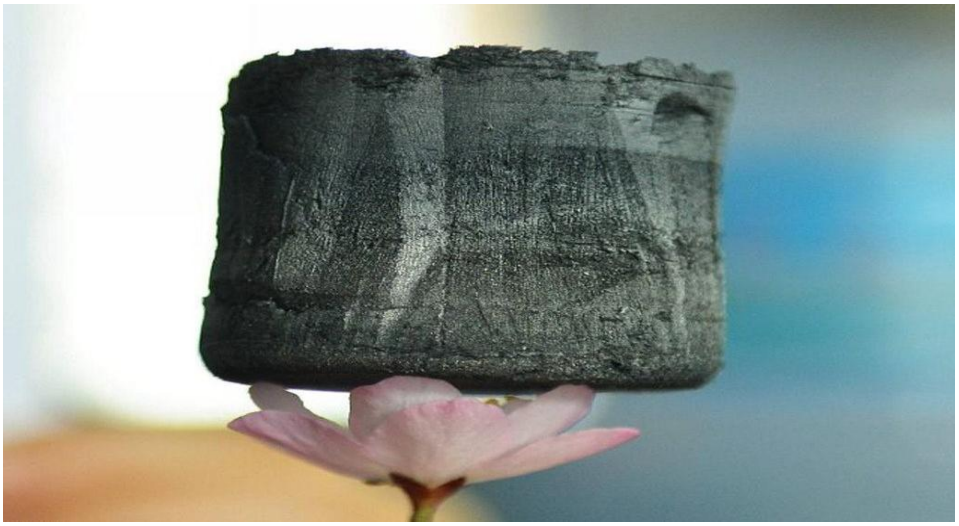


Рис. 3 - Графеновый аэрогель

3. Сравнительный анализ аэрогеля с боновыми заграждениями

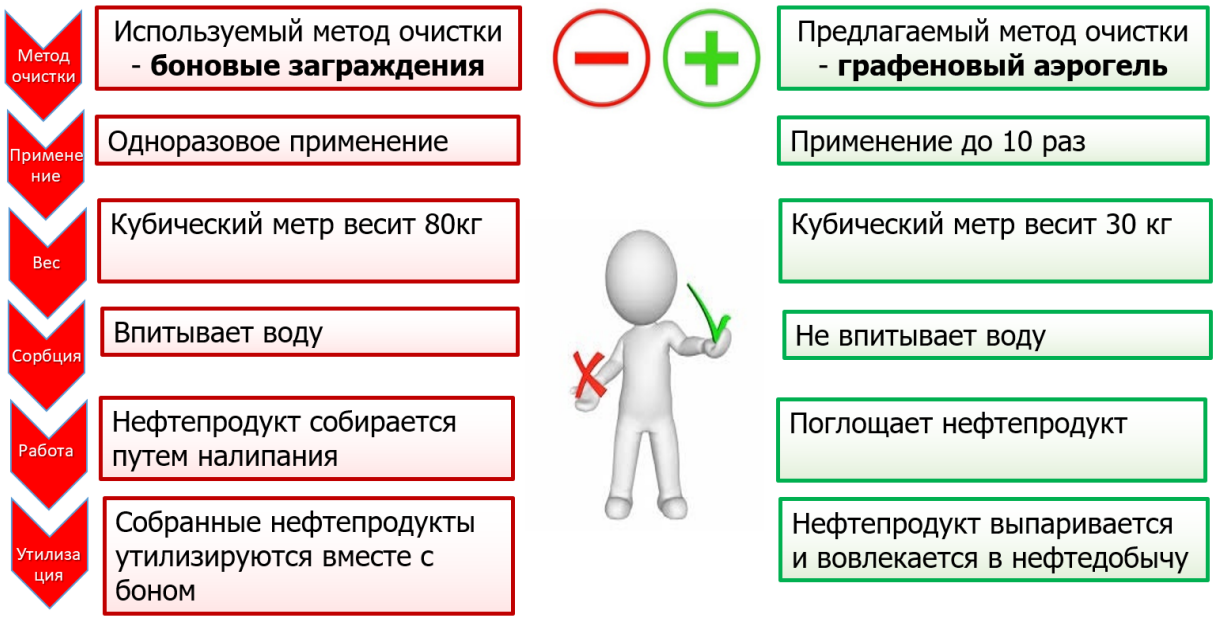


Рис. 4 - Сравнительные характеристики

3.1 Свойства аэрогеля с различными органическими растворителями и нефтью

Графеновый аэрогель обладает высокой сорбционной активностью и ёмкостью по отношению к различным органическим растворителям и нефти.

Аэрогель способен впитать от 15 до 23 раз больше собственного веса. Ёмкость материала по нефти, по сравнению с коммерческими сорбентами, выше более чем в 2 раза.

Кроме того, аэрогель не впитывает воду и способен держаться на поверхности водоёма фактически неограниченное количество времени, продолжая впитывать загрязнители даже во время шторма.

Также аэрогель можно повторно использовать, при этом с растворителями сорбционные свойства восстанавливаются почти на 100%

Таблица 1. Сорбционные свойства графенового аэрогеля в статических условиях с различными органическими растворителями и нефтью

№ п/п	Наименование	Сорбционная емкость г/г
1	Ацетон	39,4
2	Пропанол-2	53,54
3	N-гептан	66,15
4	Толуол	65,94
5	ДХБ	59,24
6	Нефть	63,45

Таблица 2. Водопоглощение графенового аэрогеля

№ п/п	Время контакта с водой, мин	Водопоглощение г/г
1	15	0,08
2	20	0,08
3	40	0,08
4	60	0,1

3.2. Пути утилизации отработанного сорбента

Сорбент по своему составу содержит фторопласт-4, соответственно утилизация сорбента сжиганием нежелательна ввиду возможности образования токсичных фторных соединений. Нами предложена схема утилизации в виде добавки в бетонные смеси при монтаже крепи:

- Отгонка нефтяных фракций до 350°С.
- Измельчение и гранулирование остатка сорбента.
- Добавление в качестве гидрофобизирующей добавки.

Как итог – снижение водопоглощения покрытием более чем в 2 раза.

3.3. Проведение ОПИ

При разработке плана действий по внедрению графенного аэрогеля на предприятие рассмотрены ключевые аспекты:

- Приобретение опытных образцов графенового аэрогеля;
- Проведение испытаний на водоеме.
- Сбор с водоема
- Рассмотрение методов выпаривания и повторного применения
- Рассмотрение метода утилизации, путем добавления в бетонную смесь
- Исследования на реализацию в условиях севера



№ п/п	Этапы работ ОПИ	Дата проведения ОПИ					
		июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь
1.	**Сорбент "Графеновый аэрогель"**						
1	Приобретение опытных образцов						
2	Проведение испытаний						
3	Проведение испытания по сбору на водоёме						
4	Рассмотрение методов выпаривания и повторного применения на базе НШПП						
5	Рассмотрение метода утилизации, путём добавления в бетонную смесь						
6	Исследование на реализацию в условиях севера						

Рис. 5 - Алгоритм проведения ОПИ

4. Экономический эффект

Полученные результаты подтверждают целесообразность применения аэрогеля, так как его использование может способствовать повышению эффективности ликвидации нефтеразливов и снижению затрат на материалы и их утилизацию. Что играет не мало важную роль.

Заключение

Таким образом, нами был предложен вариант утилизации отработанного сорбента, который позволяет решить несколько проблем и получить несколько положительных эффектов:

- Возможно извлечение нефтяных фракций из сорбента перед его утилизацией, что повышает экономическую и экологическую эффективность применения такого сорбента.
- Нет необходимости захоронения или утилизации сжиганием остатков отработанного сорбента, что может привести к выбросу токсичных фторсодержащих соединений.
- Добавка отработанного сорбента в бетонную смесь приводит к увеличению его гидрофобности, что подтверждается увеличением угла смачивания по воде.
- Порошкообразный сорбент заполняет полости и поры, образующиеся при высыхании бетонной смеси, что приводит к снижению водонасыщения более чем в 2 раза, по сравнению с бетонной смесью без добавки.
- Повышенная гидрофобность и низкое водонасыщение модифицированных бетонной смеси могут положительно влиять на их износостойкость и срок эксплуатации.

Наименование	Ед.изм.	**Сорбирующий материал**	
		Сорбирующие боны - БСС 5/200 100м. (36г/г)	**Графеновый аэрогель (67 г/г)**
Затраты на ПАР 308 кг (0,185 Гкал. Ср. удельный показатель расходов ПГУна 1Ккал=7 665руб.)	руб.	0,00	1 417,96
Затраты на ФАРСАЖ 2м (потребность 9л/ч, мощность 180 кг/ч)	руб.	22 865,00	0,00
Получение товарной нефти (Средняя цена нефти без НДПИ и НДД по НШПП 1 тонны =12629,69)	руб.	0,00	8 487,15
Рыночная стоимость материала (Затраты на бон сорбирующий по закупочной цене «Дом Лукойл» 2,5 тыс.руб. за 1м)	руб.	250 000,00	241 000,00
Итого затрат:	руб.	272 865,00	233 984,81
Кратность использования	раз	1	10
Итого затрат при 1-разовом применении	руб.	272 865, 00	19 708,52

Рис. 6 - Экономический эффект

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТИТАНОВЫХ ИГЛ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СКВАЖИН
PROSPECTS OF USING TITANIUM NEEDLES IN WELL CONSTRUCTION

Масленников Д.А.
Maslennikov D.A.
Тюменский индустриальный университет, филиал в городе Нижневартовске, Россия, danil_masl@mail.ru

Аннотация:
Проведение ГРП иногда бывает невозможным и нерентабельным. Многие нюансы не позволяют извлечь все запасы. Технология бурения титановыми иглами, является более точной и экономически выгодной технологией. Возможность интерпретации её с «Fish bone» или «Березовы лист» делают её востребование. Что видно на примере применения таких конструкций Газпромом и Роснефтью.

Ключевые слова:
метод ГРП, титановые иглы, технология бурения.

ГРП является проверенным и популярным методом увеличения притока флюида. Его применение проводится во всех регионах страны. Существуют некоторые нюансы работы с ГРП, такие как:

- разработка тонких пластов, находящихся рядом с водными горизонтами и газовой шапкой из-за риска выхода трещин за границы нефтяной залежи;
- высокая трещиноватости пласта – гидроразрыв может привести к неконтролируемому росту трещин.

Эти проблемы приводят к невозможностям максимальной выработке в пласте. Использование титановых «игл» для бурения боковых стволов и добычи ТрИЗ позволяет решать такие задачи. Так же интерпретировано в системы «Fish bone» или «Березовы лист». Иглы обладают малым диаметром в 12мм, поочередно проникают в породу, оставляя трещины для поступления флюида. Внутри секции хвостовика находится 3–4 полые титановые иглы. Они выдвигаются и проникают в пласт за счёт перепада давления в хвостовике. Это позволяет:

- Точно воздействовать на пласт, игла проникает в труднодоступные места, не нарушая ВНК и ГНК, что и являлось главной опасностью ГРП.
- Повысить экономичность, так как технология позволяет добывать ТрИЗ с невеликими вложениями даёт большую перспективу технологии.
- Сохранить экологию, т.к. работы проводятся предельно точно, что не позволит нарушить окружающую среду.

Система «Березовый лист» - это сложная конструкция многозабойной горизонтальной скважины, которая состоит из 7 основных боковых стволов, каждый из которых делится еще на 2. Продуктивность «Березового листа» в 10 раз выше обычной горизонтальной скважины. О применении титановых игл в рамках использования этой конструкции скважин не сообщалось, однако их интеграция выглядит оправдано с точки зрения дальнейшей оптимизации. Информация об авторах технологии, которую использовала Роснефть, не уточняется. «Fish bone» - конструкция многоствольной скважины, от одного горизонтального ствола в нужные направления выходят стволы с меньшим диаметром.

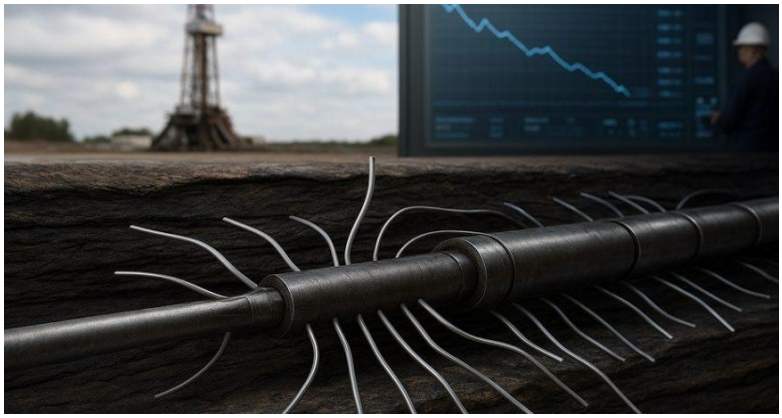


Рис. - Титановые иглы в стволе

Роснефть и Газпром провели испытания технологий. 17 сентября 2025 года Компания Таас-Юрях Нефтегазодобыча протестировала технологию титанового бурения на Среднеботуобинском нефтегазоконденсатном месторождении (НГКМ) в республике Саха (Якутия). Об этом сообщает пресс-служба Роснефти.

В августе 2025 г. Газпром нефть сообщила о первом успешном испытании российского комплекса бурения с титановыми «иглами», созданного в партнерстве с российскими инженерами и учеными. Испытания проводились на месторождении в Ханты-Мансийском автономном округе (ХМАО). Специалисты пробурили 54 боковых ствола с помощью титановых игл, каждая из которых была оснащена собственным буровым инструментом диаметром 12 мм. В целом компания оценивает методику бурения боковых стволов горизонтальных скважин титановыми иглами позитивно. Применение этого вида металла обеспечило легкость конструкций, их прочность и устойчивость к коррозии. Это поможет повысить точность бурения на удаленных и автономных участках, где применение ГРП невозможно. Эта технология дополняет перечень альтернативных решений, позволяя с большей точностью и безопасностью разрабатывать сложные запасы. Также новую методику можно эффективно применять в условиях логистических ограничений, например на автономных месторождениях, доставка на которые флота ГРП, а также необходимых материалов и реагентов представляет сложную задачу. Новый подход на 36% повысил добычу трудноизвлекаемой нефти.

Таблица. Сравнение технологий

Параметр / Технология	Титановые «иглы» (направленная перфорация)	Гидравлический разрыв пласта (ГРП)	Многозабойное бурение (классическое)
Принцип воздействия	Использование 12мм игл, которые входят под давлением.	Использование жидкости под большим давлением	Бурение нескольких полноценных боковых стволов
Контроль над зоной воздействия	Контролируемое воздействие, работа с тонкими пластами.	Рост трещин может выйти за зону	Высокий
Требуемая инфраструктура	Минимальная (установка для работы с иглами)	Огромная (насосы, вода, песок, химия)	Стандартная буровая установка
Подходящие геоусловия	Тонкие, изолированные пласты, зоны рядом с водой/газом	Мощные однородные пласты	Различные, но требует места для разветвления

Экономический эффект	Высокая (эффективна при малых объемах)	Низкая (требует масштаба для окупаемости)	Средняя

Заключение

Используемая Технология имеет колоссальную экономическую выгоду, в связи остатками ТрИЗ на уже разработанных пластах, появляется возможность повысить КИН до максимума. Тем самым компании смогу вовлечь считавшиеся до этого нерентабельными участки. Исходя из выше сказанного, технология может активно применяться в регионах ХМАО Самотлорского месторождения для извлечения таких запасов. Технология может быть модифицирована использованием композитного материала, что позволит многократно снизить вес, это повлияет и на стоимость данных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1) «Газпром нефть» создала первый российский комплекс для бурения титановыми иглами [Электронный ресурс]. URL: https://www.gazprom-neft.ru/press-center/news/gazprom-neft-sozdala-pervyy-rossiyskiy-kompleks-dlya-bureniya-titanovymi-iglami/?ysclid=mks800wzxx723640452
2) На Среднеботуобинском месторождении успешно протестирована инновационная технология титанового бурения [Электронный ресурс]. URL: https://www.rosneft.ru/press/news/item/222816/?ysclid=mks9b2yolm398597063
3) Михайленко Н. Б., Соколова Н. Г. ВНЕДРЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РОССИЙСКОМ НЕФТЕГАЗОВОМ СЕКТОРЕ: ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ, ОПЕРАЦИОННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ // Прогрессивная экономика. 2025. №11. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vnedrenie-iskusstvennogo-intellekta-v-rossiyskom-neftegazovom-sektore-tekuschee-sostoyanie-operatsionnaya-effektivnost-i (дата обращения: 24.01.2026).

Научный руководитель - Шедь С. Н., старший преподаватель кафедры «Нефтегазовое дело». Тюменский индустриальный университет.

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТА ПУТЕМ ЗАКАЧКИ ПОЛИМЕРА И АЗОТА: ПРИМЕР БАССЕЙНА ДОБА (ЧАД)

COMPARATIVE STUDY OF ENHANCED OIL RECOVERY METHODS BY POLYMER AND NITROGEN INJECTION: CASE OF DOBA BASIN (CHAD)

Махамат М.А.

Makhamat M.A.

РГУ нефти и газа им. Губкина, mahamatmoussaadam998@gmail.com

Gubkin Russian State University of Oil and Gas, mahamatmoussaadam998@gmail.com

Аннотация

В работе проведено сравнительное исследование методов повышения нефтеотдачи (EOR) путем закачки полимера и азота на примере месторождений бассейна Доба (Чад). Бассейн Доба, расположенный на юге Чада, является важным нефтедобывающим регионом с доказанными запасами более 900 миллионов баррелей. Геологические образования представлены неконсолидированными песчаниками с хорошими петрофизическими свойствами. Анализ петрофизических характеристик показал, что бассейн находится на границе рекомендаций как для полимерного, так и для азотного воздействия, что требует детального сравнения эффективности методов.

Исследование включало сбор и анализ данных по пилотным проектам, публикациям и ежегодным обзорам ESSO. Учитывались факторы: конфигурация скважин, доступные объемы флюидов, тип закачиваемого агента, свойства пластовых флюидов, глубина, тип породы и насыщенности. Для полимерного заводнения в бассейне Доба использовалась нерегулярная схема расположения скважин.

Сравнительный анализ критериев отбора для кандидата-пласта показал, что классические критерии не дают однозначного ответа о преимуществе одного метода над другим. Результаты моделирования продемонстрировали, что закачка азота обеспечивает прирост добычи на 52,8% (147,6 тыс. м^3) по сравнению с полимерным заводнением и снижает обводненность с 89–92% до 18–28%. В работе сделаны выводы о перспективности применения закачки азота в условиях бассейна Доба и даны рекомендации по проведению лабораторных экспериментов для валидации результатов перед пилотом на месторождении Миандум, а также по обновлению учебной программы по EOR и развитию лабораторной базы.

Ключевые слова: повышение нефтеотдачи, полимерное заводнение, закачка азота, бассейн Доба, методы EOR, петрофизические характеристики, моделирование разработки.

Abstract

This study presents a comparative investigation of Enhanced Oil Recovery (EOR) methods using polymer and nitrogen injection, based on the Doba Basin (Chad) case study. The Doba Basin, located in southern Chad, is an important oil-producing region with proven reserves exceeding 900 million barrels. The geological formations consist of unconsolidated sandstones with favorable petrophysical properties. Analysis of petrophysical characteristics indicated that the basin falls within the recommendation limits for both polymer and nitrogen injection, necessitating a detailed comparison of method efficiency.

The research included collection and analysis of data from pilot projects, publications, and annual ESSO reviews. Factors considered included well configuration, available fluid volumes, injection agent type, reservoir fluid properties, depth, rock type, and saturation. For polymer flooding in the Doba Basin, an irregular well pattern was employed.

Comparative analysis of screening criteria for candidate reservoirs showed that classical criteria do not provide a definitive answer regarding the superiority of one method over another. Simulation results demonstrated that nitrogen injection provides a production increase of 52.8% (147.6 thousand m^3) compared to polymer flooding and reduces water cut from 89–92% to 18–28%. The study concludes on the prospects of nitrogen injection application in the Doba Basin

conditions and provides recommendations for conducting laboratory experiments to validate results before a pilot at the Miandoum field, as well as for updating the EOR curriculum and developing laboratory facilities.

Keywords: enhanced oil recovery, polymer flooding, nitrogen injection, Doba Basin, EOR methods, petrophysical characteristics, development modeling.

Основная часть

1. Введение и геологический контекст бассейна Доба

Бассейн Доба, расположенный на юге Чада, является важным нефтедобывающим регионом, где добыча началась в 2003 году с разработки трех основных месторождений: Болобо, Коме и Миандум. В настоящее время в регионе действуют семь месторождений с доказанными запасами более 900 миллионов баррелей нефти. Геологические образования бассейна представлены в основном неконсолидированными песчаниками, обладающими хорошими петрофизическими качествами для добычи нефти.

Бассейн связан с системой Западно- и Центральноафриканского рифта; его формирование связано с рифтингом и распадом Гондваны. В Чаде выделяют палеозойские бассейны (на севере) и мезозойские бассейны (в центре/западе/юге), включая бассейн Доба. Основные коллекторы представлены несцементированными песчаниками с хорошими петрофизическими свойствами; нефть имеет плотность ~0,94 (≈19,26° API), что классифицирует её как тяжёлую с возможным содержанием асфальтенов, серы, азота и металлов.

Таблица 1. Характеристики резервуаров бассейна Доба

Характеристики	Миандум	Болобо	Коме A	Коме LK
Пористость (%)	26–28	26–28	23–27	10
Проницаемость (мкм²)	0,5–2,7	0,2–8,0	2,3–5,1	0,002–0,005
Начальная нефтенасыщенность (%)	30–67	8–38	14–51	45
Вязкость нефти (мПа·с)	20–38	64–264	70–800	0,3
Температура пласта (°C)	60	60	57–63	104
Пластовое давление (МПа)	15,2	16,0–16,1	15,2–17,2	32,9
Газовый фактор (м³/м³)	8,4	0,4–12,8	2,7	24,9
Плотность нефти (кг/м³)	906	922–952	928–945	830–845

2. Методология сравнения закачки полимера и азота

Подготовка исследования включала сбор и анализ данных по пилотным проектам и публикациям (в т.ч. ежегодные обзоры ESSO). Учитывались следующие факторы: конфигурация скважин, доступные объёмы флюидов, тип закачиваемого агента, свойства пластовых флюидов, глубина, тип породы и насыщенности.

Выбор схемы закачки осуществлялся из вариантов: регулярная, нерегулярная или периферийная. Для полимера в Доба использовалась нерегулярная схема (часть добывающих скважин была переведена в нагнетательные). Сравнительный анализ критериев отбора для кандидата-пласта показал, что бассейн Доба находится на границе рекомендаций как для закачки полимера, так и для закачки азота. По одним параметрам лучше подходит полимер, по другим — азот, что требует практического сравнительного исследования.

3. Технологии повышения нефтеотдачи

Полимерное заводнение повышает вязкость водной фазы и улучшает контроль подвижности. Используются две группы полимеров: биополимеры и синтетические. Ксантан устойчив к механической деградации, но имеет риски кольматации, термической и микробной деградации. Полиакриламиды (HPAM) широко применяются благодаря высоким молекулярным массам, но подвержены механической деградации и потере вязкости в солёной воде.

Закачка азота выбрана по сравнению с CO_2 из-за химической стабильности, некоррозионности, экологической чистоты и доступности в атмосфере (~78%). Жидкий азот имеет температуру кипения 77,36 K (−195,79°C) при 1 атм, что требует специального криогенного оборудования: резервуаров с вакуумной изоляцией, криогенных насосов и строгой техники безопасности.

Поверхностная инфраструктура для закачки азота включает криогенные резервуары для хранения и транспортировки (мобильные на прицепе и стационарные на салазках) с двойными стенками и вакуумной изоляцией, а также насосные установки с криогенными насосами Triplex, работающими при температуре -196°C и создающими давление до 70 МПа (10 000 psi).

4. Результаты и сравнительный анализ

Анализ профиля добычи месторождения Миандум за 17 лет показал, что в 2005 году добыча достигла пика — 16 миллионов баррелей в год, затем началось резкое падение. В 2009–2010 годах заводнение временно подняло добычу, но эффект оказался краткосрочным. С 2013 года наблюдается устойчивое падение добычи, что требует применения инновационных методов увеличения нефтеотдачи.

Таблица 2. Сравнительная эффективность методов EOR в бассейне Доба

ПАРАМЕТР	ПОЛИМЕРНОЕ ЗАВОДНЕНИЕ	ЗАКАЧКА АЗОТА
Прирост добычи	Базовый уровень	+52,8% (147,6 тыс. м³)
Обводненность продукции	89–92%	18–28%
Технологическая сложность	Средняя	Высокая (требует криогенного оборудования)
Стоимость реализации	Средняя	Высокая
Экологическая безопасность	Высокая	Очень высокая

Сравнение накопленной добычи нефти после закачки полимера и азота показало, что закачка азота обеспечивает значительно более высокую суммарную добычу нефти. Графическое сравнение по трем фазам разработки подтверждает преимущество азотного воздействия

5. Выводы и рекомендации

На основании проведенного сравнительного исследования можно сделать следующие выводы:

- По петрофизическим характеристикам бассейн Доба является потенциальным кандидатом для закачки азота.
- Полимер повышает вязкость водной фазы и улучшает охват пласта; азот повышает подвижность нефти за счёт смешения и снижения межфазных сил.
- В рамках данной сравнительной оценки закачка азота показала более высокую суммарную добычу нефти.

ПОЛУЧЕНИЕ ТРИ- И ТЕТРАЦИКЛИЧЕСКИХ АКРИЛОВЫХ МОНОМЕРОВ

PREPARATION OF TRICYCLIC AND TETRACYCLIC ACRYLIC MONOMERS

Махмудова Э. Г.

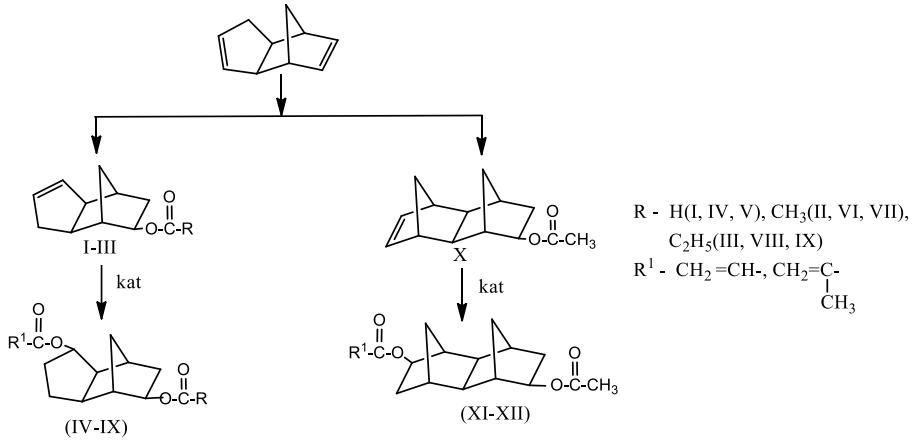
Makhmudova E. G.

Институт Нефтехимических Процессов им. акад. Ю.Г. Мамедалиева Министерство Науки и Образования Азербайджанской Республики, г. Баку

e-mail. elnaramahmudova79@gmail.com

В органическом и нефтехимическом синтезе в последние годы растет интерес к акриловым мономерам, получаемым технологически и экономически эффективными методами. Повышенное внимание к данным соединениям обусловлено тем, что они представляют собой высокоактивные мономеры, способные полимеризоваться по различным механизмам. Полимеры, синтезированные на основе акриловых мономеров, характеризуются превосходными оптическими свойствами, высокой прозрачностью в видимой области спектра, хорошими механическими и технологическими характеристиками, а также выраженными адгезионными и связующими свойствами. Кроме того, такие материалы обладают относительно высокой температурой стеклования. Благодаря совокупности указанных свойств акриловые полимеры находят широкое применение в различных областях – от производства волокон, клеевых композиций и термостойких покрытий до создания функциональных материалов для оптоэлектроники и газоразделительных мембран [1-4]. В связи с этим синтез новых мономеров данного класса и получение на их основе полимерных материалов с заданными свойствами является одной из актуальных задач современной полимерной химии.

Учитывая перспективность использования алициклических реакционноспособных (мет)акрилатов, нами разработан эффективный метод их получения, основанный на реакции присоединения акриловых кислот к три- и тетрациклическим моноэфирам. Результаты исследований показали, что для синтеза полициклических акриловых диэфиров самым эффективным катализатором является эфират трехфтористого бора. Данный подход позволяет получать новые мономерные соединения, представляющие интерес в качестве исходных компонентов для синтеза функциональных полимерных материалов.



При мольном соотношении трициклических непредельных моноэфиров и акриловых кислот равном 1:1,5 моль, при количестве катализатора 0,5% масс (от массы исходной кислоты), температуре 90°С и продолжительности реакции 5 ч выход полициклических акриловых мономеров составляет 74-80%.

Определены также оптимальные условия синтеза тетрациклических акриловых мономеров. При мольном соотношении тетрациклических непредельных моноэфиров и акриловых кислот равном 1:1,3 моль, при количестве катализатора 0,7% масс (от массы кислоты), температуре 90°С и продолжительности реакции 5 ч выход тетрациклических акриловых мономеров составляет 83,3-87,5%.

Установлена зависимость выхода и стереоселективности реакции образования акриловых диэфиров от заместителей функционально замещенных производных полициклических углеводородов, а также исходных (мет)акриловых кислот.

При синтезе указанных соединений был применен ингибитор полимеризации гидрохинон (0.1% мас. от массы исходных кислот) для предотвращения полимеризации как исходных, так и конечных соединений.

В результате исследований выявлено, что акриловые кислоты стереорегулярно присоединяются к двойной π-связи моноэфиров трициклодеценола и тетрациклододеценола с образованием экзо-экзо три- и тетрациклических акриловых диэфиров.

Чистота и изомерный состав синтезированных эфиров, а также исходных соединений определены с помощью ГЖХ анализа. Анализ проводили на хроматографе ЛХМ-8 МД (производитель РФ), длина колонки 1.5 м, жидкая фаза – 10 % полиэтиленгликоль сукцината на сферохроме, температура колонки 120–150°С, детектора 180–200°С, испарителя 200–250°С, ток детектора 120 мА, газ-носитель гелий, скорость подачи гелия 45 мл/мин. Чистота эфиров, по данным ГЖХ анализа, составляет 99–99.5%. Определены физико-химические константы полученных сложных эфиров (таб. 1) и проведена идентификация их структур с помощью ИК-, ^{1}H и ^{13}C ЯМР спектроскопических методов анализа. ИК спектры снимались на спектрометре «ALPHA İQ FURYE» (фирма «Bruker», Германия) в диапазоне 600-4000 $см^{-1}$. ЯМР спектры сняты на приборе фирмы «Bruker AV» (США) с частотой 300 МГц. В качестве растворителя использован ацетон-d_6, в качестве внутреннего стандарта – гексаметилендисилоксан.

В ИК спектрах синтезированных тетрациклических акриловых диэфиров проявляются полосы поглощения в области 1361, 2960 $см^{-1}$, доказывающие наличие метильной (CH_3) группы, 870 и 910 $см^{-1}$ винильной группы (CH_2=CH-), 1039, 1269, 1718 $см^{-1}$ сложноэфирной группы, 944, 1084 $см^{-1}$ (CH_2) групп в циклическом кольце. Проявляются также интенсивные полосы поглощения в области 3000–2860, 1405 и 2937 $см^{-1}$, соответствующие CH и CH_2 группам.

Таблица 1. Физико-химические константы синтезированных полициклических акрилатных мономеров

№ полициклических акрилатных мономеров	$T_{кип.}$ °С/мм рт.ст	d_4^{20}	n_D^{20}	Выход, %
IV	153-155 /2	1.1391	1.5022	79.5
V	170-171/2	1.1329	1.5068	74.3
VI	142-145/2	1.1277	1.4960	78.3
VII	160-163/2	1.1243	1.4998	72.6
VIII	131-132/2	1.1165	1.4817	75.6
IX	150-151/2	1.1121	1.4852	70.2
XI	157-159/5	1.1082	1.5158	87.5
XII	164-166/5	1.1068	1.5175	83.3

Исходные трициклические моноэфиры (I-III) получены присоединением насыщенных C_1-C_3 карбоновых кислот к дициклопентадиену [5], а тетрациклический моноэфир (X) - конденсацией винилацетата с дициклопентадиеном в мольном соотношении 1:1 [6]. Физико-химические константы (мет)акриловых кислот (марки «Ч», производитель Dotachem (Китай) аналогичны приведенным в литературе [7].

Синтезированные полициклические (мет)акриловые диэфиры – прозрачные жидкости, с характерным запахом. Они являются реакционно-способными мономерами, на основе которых могут быть синтезированы практически ценные полимерные материалы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Ichihashi Y. Material investigation of alicyclic methacrylate copolymer for polymer waveguide fabrication / Y. Ichihashi, P. Henzi, M. Bruendel, R.D. Gerhard, M. Juergen // *Japanese Journal of Applied Physics*. – 2006. – Vol.45 (4A). – P. 2572–2575. doi:10.1143/jjap.45.2572.

2. Mozner N. Synthesis and radical polymerization of hydrolytically stable acrylic phosphonic acids / N. Mozner, F. Zeuner, V. Rhenberger // *Macromolecular Symposia*. – 2001. – Vol.175. – P.133-140.
3. Patent 7087696B2 USA, 2006. Wiesendanger R., Reisinger M. UV-curable epoxy acrylates.
4. Ajay R. Chemical structure and physical properties of heat-cured poly(methyl methacrylate) resin processed with cycloaliphatic comonomer: an in vitro study / R. Ajay, K. Suma, R. Sasikala, S. Sajidabegum, V. Vignesh, D. Bhuvaneshkumar // *The Journal of Contemporary Dental Practice.* – 2020. – Vol.21. – No 3. – P. 285–290.
5. Мамедов М.К. Синтез моноэфиров на основе трицикло[5.2.1.02.6]дека-3,8-диена / М.К. Мамедов, Э.Г. Махмудова, Р.А. Исмаилова // *Труды молодых ученых, Научные труды*. – 2016. – Том 2. – № 2. – С. 225-231.
6. Махмудова Э.Г. Синтез 8-ацетокситетрацикло[4.4.12.5.17,10.01,6]додец-3-ена и на его основе диэфиров С1-С5 кислот / М.К. Мамедов, Э.Г. Махмудова, Ч.К. Салманова // *Журнал общей химии.* – 2014. –Т. 84. – № 9. – С. 1420-1424.
7. Гороновскии И.Т. Краткий справочник по химии / И.Т. Гороновскии, Ю.П. Назаренко, Е.Ф. Некряч – Киев.: Наукова Думка, 1974 – 411 с.

МИКРОКАПСУЛИРОВАНИЕ КАК СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БЕЗБРИГАДНОГО ПОДХОДА ОПЗ
MICROENCAPSULATION AS AN IMPROVEMENT OF THE NON-BRIGADE APPROACH TO OPZ

Морозова Е.И.
Morozova E.I.
Россия, ООО «Лукойл-Западная Сибирь» - ТПП «Лангепаснефтегаз», yekaterina-morozova-05@mail.ru

Одним из ключевых инструментов интенсификации добычи являются обработки призабойной зоны (ОПЗ), направленные на восстановление и улучшение фильтрационно-емкостных свойств пласта. Особое значение приобретает применение экономически эффективных технологий, к которым относится безбригадный подход проведения ОПЗ, позволяющий существенно сократить операционные затраты и время простоя скважин.

Однако, несмотря на экономические преимущества, данный подход характеризуется сниженной технологической эффективностью и наличием рисков, связанных с воздействием кислотных составов на внутрискважинное оборудование. Это требует поиска новых решений, способных повысить результативность обработки без увеличения затрат и ухудшения эксплуатационной надежности [1].

В данной работе рассматривается инновационный подход к совершенствованию безбригадных ОПЗ на основе технологии микрокапсулирования кислотных составов.

Цель работы- повысить эффективность безбригадных ОПЗ. Для этого необходимо:

- Найти причину пониженной эффективности;
- Подобрать технологию повышения эффективности;
- Сохранить относительно низкие затраты на проведение ОПЗ.

Ключевое преимущество безбригадного подхода ОПЗ — отсутствие необходимости в постановке бригады ТКРС и извлечении внутри-скважинного оборудования, что обеспечивает значительное снижение операционных затрат и сокращение простоев скважины. Несмотря на экономическую привлекательность технологии ОПЗ без бригады, её применение сопряжено с рядом существенных технологических рисков, связанных с негативным воздействием агрессивных химических составов [2].

Ключевыми осложнениями являются:

- Отказы ВСО;
- Интенсивная коррозия и потеря герметичности эксплуатационных колонн (НЭК).

Эти аварийные ситуации влекут за собой дорогостоящие работы по ликвидации последствий. Таким образом, экономия на этапе реализации ОПЗ может быть перекрыта ростом затрат на восстановление в будущем.

С 2022 года в ТПП «Лангепаснефтегаз», с целью сокращения рисков отказов ВСО, используется метод понижения концентрации кислотного раствора. Данное решение приводит к снижению удельного прироста и продолжительности эффекта от ОПЗ.

Итого, причинами снижения прироста являются- потеря концентрации кислоты по мере доводки и продавки состава в пласт, и изначальное использование пониженной концентрации кислоты [3].

Так же стоит отметить, что удельный прирост при стандартных ОПЗ на пере- тоже низкий, что во многом обусловлено спецификой выполнения на отказном фонде, за счет чего сужается выбор скважин-кандидатов.
Технология безбригадной обработки несет свою актуальность благодаря выполнения производственной программы на всем действующем фонде, сохраняя ограничения лишь в двух категориях, исключить которые можно при помощи предлагаемого мной решения.

Микрокапсулирование- инновационое направление, суть которого заключается в создании полимерных микрокапсул, выступающих в роли транспортного контейнера для кислотных составов.

На этапе подготовки капсулы заполняются кислотой и герметизируются оболочкой.

Далее капсулы транспортируются в пласт, не вступая в реакцию с металлом колонны и оборудованием. Полимерная оболочка под действием пластовой температуры разрушается, обеспечивая доставку кислоты непосредственно в зону воздействия [4].

Применение капсул приведет к более эффективному воздействию на пласт, за счет сохранения концентрации кислоты вплоть до поступления в ПЗП. Также предотвратит возможные осложнения связанные с отказом ВСО и НЭК. И увеличит количество скважин кандидатов на проведение обработки. Внедрение данной технологии в практику может стать прорывом в области рентабельной и безопасной эксплуатации скважинного фонда [5].

Область применения микрокапсулирования охватывает широкий спектр отраслей, где требуется их контролируемое высвобождение. По состоянию на 2026 год, технология активно развивается в таких направлениях как:

1. Нефтегазовая отрасль;
2. Медицина;
3. Пищевая промышленность;
4. Химическая промышленность;
5. Безопасность [6].

На основе анализа пластов ТПП «Лангепаснефтегаз» было установлено, что пластовые температуры варьируются в разных диапазонах, учитывая неоднородность, для эффективного применения технологии микрокапсулирования требуется использование двух типов капсул с разной температурой активации.

Моей целью было найти полимеры, которые не будут взаимодействовать с кислотой, но будет реагировать на повышение температуры пласта. Так я наткнулась на группу термопластичных полимеров. Проанализировав предложенные варианты, наиболее подходящими для нас являются полимеры полипропилен, и полигликолид, так как они несут за собой наименьшие риски, в процессе эксплуатации, и имеют подходящую нам характеристику [7].

Для реализации технологии микрокапсулирования рассмотрены три основных метода формирования капсул. Проанализировав методы, наиболее подходящим для нас является капиллярная технология, ввиду своей высокой производительности, и отсутствии ограничивающих факторов применения.

Работа с концентрированными кислотами сопряжена с профессиональными рисками.

Такими как:

-химические ожоги;

-ингаляционное отравление (испарения кислот раздражают дыхательные пути);

-пожаро- и взрывоопасность.

Используя новый метод микрокапсулирования мы исключаем возможные риски, так как кислота будет защищена безопасной оболочкой капсулы, что дает нам гарантию контакта кислоты только с пластом. Так же применение микрокапсул не несет экологической нагрузки на окружающую среду за счёт полной биоразлагаемости используемых материалов.

Процесс раскрытия микрокапсул в скважине начинается за счет термочувствительного высвобождения. На 1 этапе капсулы закачиваются в затрубное пространство, с использованием технологической жидкости они транспортируются вниз по стволу скважины. При достижении ПЗП, происходит раскрытие капсул, под действием повышенной температуры и давления, без потерь концентрации кислотного состава [8].

Изучив статистику проведения опз за последние три года -общее количество опз б/бр составляют долю от общего количества всех опз. Взяв это за основу, можно спрогнозировать, сколько скважино-операций будет проведено в будущем. Эффектом от внедрения будет рост прироста +0.25 т/сут., +2.5 тыс/т в год, и увеличение дней эффективной работы.

Также одним из положительных факторов внедрения технологии является возможная экономия на ремонтах ВСО за счет сокращения отказов.

Внедрение технологии на 30 лет реализует положительный экономический эффект.

В ходе проделанной работы выявлены ключевые ограничения существующей практики опз б/бр и предложено инновационное решение, сочетающее высокую технологическую эффективность с экономической целесообразностью и эксплуатационной безопасностью.

Основные результаты исследования:

-Достигнуто сохранение низкого уровня операционных затрат, при одновременном росте эффективности добычи.

-Спрогнозирован дополнительный прирост добычи, за счёт повышения качества обработки.

Успешная реализация проекта откроет путь к масштабированию технологии на весь фонд ОПЗ, что позволит компаниям выйти на новый уровень рентабельности и надёжности. Будущее ОПЗ — в точности и контроле. И мы уже на пороге этого будущего.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Государственная система обеспечения единства измерений. Методы микрокапсулирования химических веществ. – М.: Стандартинформ, 2017.
2. Методические рекомендации. Микрокапсулирование и применение в промышленности ОПЗ / Росхимтех, М.: 2021. – 45 с.
3. Статьи по микрокапсулированию и безбригадным технологиям ОПЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru.
4. Научно-технический журнал «Химическая промышленность». Специальный выпуск: микрокапсулирование в автоматизированных производственных системах / редкол.: П.С. Иванов и др. – М., 2021.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Абрамов, В.В. Микрокапсулирование в химической технологии / В.В. Абрамов. – М.: Химия, 2018. – 320 с.
2. Баранов, А.А. Современные методы микрокапсулирования / А.А. Баранов. – СПб.: Профессия, 2020. – 256 с.
3. Головин, Ю.И. Нанотехнологии и микрокапсулирование / Ю.И. Головин. – М.: Наука, 2019. – 412 с.
4. Дьяков, С.Н. Технология полимерных микрокапсул / С.Н. Дьяков. – Екатеринбург: УрФУ, 2021. – 198 с.
5. Иванов, П.С. Применение микрокапсулирования в промышленности / П.С. Иванов // Химическая промышленность. – 2022. – № 5. – С. 12–18.
6. Кузнецов, В.М. Основы химической технологии: учебник / В.М. Кузнецов. – М.: Академия, 2017. – 384 с.
7. Петров, Д.В. Повышение эффективности производственных процессов с применением микрокапсул / Д.В. Петров // Научно-технические ведомости. – 2023. – № 2. – С. 67–74.
8. Смирнова, Е.А. Инновационные методы инкапсуляции веществ / Е.А. Смирнова // Вестник технологического университета. – 2021. – Т. 24, № 3. – С. 45–52.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИННОГО ФОНДА В УСЛОВИЯХ КОРРОЗИОННО-АКТИВНОЙ СРЕДЫ
OPTIMIZATION OF WELL STOCK OPERATION IN A CORROSIVE ENVIRONMENT

Пальок Н.П.
Palok N.P.
Россия, НефтИн (филиал) ФГБОУ ВО ЮГУ Нефтяной институт, nikolaypalok@gmail.com
Russia, NeftIn (branch) of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, the Russian Petroleum Institute, nikolaypalok@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается проблема коррозионного разрушения внутрискважинного оборудования, в частности установок электроцентробежных насосов (УЭЦН), в условиях поздней стадии разработки месторождений. Проанализированы основные причины возникновения коррозии, связанные с разгазированием продукции и выпадением солей. Выполнен обзор современных методов защиты (химические, физические, протекторные) и предложено комплексное решение, включающее применение легированных сталей с термообработкой и композитных материалов для повышения коррозионной стойкости оборудования.

Ключевые слова: коррозия, УЭЦН, скважинное оборудование, ингибиторы, протекторная защита, коррозионностойкие стали, Самотлорское месторождение.

Введение

Эксплуатация нефтяных скважин на поздних стадиях разработки месторождений, таких как Самотлорское, сопряжена с комплексом осложняющих факторов. Одним из наиболее деструктивных является высокая коррозионная агрессивность добываемой продукции. Коррозионный износ насосного оборудования, в частности установок электроцентробежных насосов (УЭЦН), приводит к существенному сокращению межремонтного периода, увеличению затрат на подземный ремонт и потере добычи нефти. В связи с этим повышение эффективности эксплуатации скважин путем совершенствования методов защиты от коррозии является актуальной научно-технической задачей.

Причины возникновения коррозии насосного оборудования

Анализ условий работы глубинно-насосного оборудования на месторождениях Западной Сибири показывает, что главным фактором аномально высокой коррозионной активности является работа оборудования в области давления ниже давления насыщения. Такой режим приводит к интенсивному разгазированию скважинной продукции. Выделение газа способствует нарушению гидродинамического равновесия и, как следствие, выпадению карбонатных осадков на внутренних стенках насосного оборудования и насосно-компрессорных труб (НКТ).

Впоследствии происходит частичное или полное удаление этих осадков потоком жидкости. Данный процесс носит циклический характер и вызывает образование гальванических пар между оголенным металлом и оставшимися отложениями. В результате возникает локальная коррозия (питтинг), скорость развития которой значительно превышает показатели общей коррозии и приводит к быстрому выходу оборудования из строя.

Анализ существующих методов борьбы с коррозией

Современные методы борьбы с коррозией нефтепромыслового оборудования, применяемые как отечественными, так и зарубежными компаниями, можно разделить на три основные группы: химические, физические и электрохимические (протекторные).

Химические методы основаны на непрерывном или периодическом дозировании в поток добываемой жидкости ингибиторов коррозии. Реагенты адсорбируются на поверхности металла, образуя защитную пленку, замедляющую электрохимические реакции. Эффективность метода зависит от правильного подбора типа ингибитора, его совместимости с пластовой водой и нефтью, а также от точности дозирования.

Физические методы включают применение коррозионностойких материалов при изготовлении оборудования, а также использование защитных полимерных покрытий. Легированные стали (например, с добавлением хрома, никеля, молибдена) обладают повышенной стойкостью в агрессивных средах. Полимерные покрытия изолируют металл от контакта с коррозионной средой, однако их применение ограничено сложной геометрией рабочих органов насосов и абразивным износом.

Протекторная защита представляет собой электрохимический метод, сущность которого заключается в подключении к защищаемой конструкции (УЭЦН) более электрохимически активного металла-протектора (например, на основе магния, алюминия или цинка). В образующейся гальванической паре протектор окисляется и разрушается, предохраняя катодно-поляризуемое оборудование насоса от коррозии. Метод эффективен для защиты локальных зон, но требует периодической замены протекторов.

Комплексное решение по выбору технологии защиты

Важнейшим фактором, определяющим тип мероприятий по защите от коррозии, являются конкретные условия её протекания на каждой индивидуальной скважине. Универсального решения не существует, необходим индивидуальный подход, основанный на данных о составе пластовой воды, парциальном давлении CO_2 и H_2S, температуре и дебите.

В рамках данной работы предлагается комплексное решение для условий, характеризующихся преимущественным содержанием в пластовых водах углекислого газа (CO_2):

Совершенствование металла. Рассмотрен вариант использования стали марки 20 (ГОСТ) с улучшенными свойствами. Путем термической обработки (закалка + высокий отпуск) и дополнительного легирования хромом, ванадием, титаном и марганцем возможно получение мелкодисперсной феррито-перлитной структуры металла. Такая структура обладает более высокой коррозионной стойкостью в средах с высоким содержанием CO_2 по сравнению со стандартными аналогами.

Использование композитных материалов. Предлагается наиболее мелкие и подверженные коррозии рабочие органы насоса (например, направляющие аппараты, рабочие колеса) изготавливать не из металла, а из композитных полимерных материалов. Это позволит полностью исключить электрохимическую коррозию данных элементов, снизить массу оборудования и повысить его ремонтопригодность.

Заключение

Повышение эффективности эксплуатации скважин в условиях коррозионной агрессивности требует отказа от шаблонных решений и перехода к комбинированным технологиям защиты. Сочетание металлургических методов улучшения свойств стали (легирование и термообработка) с применением полимерных композитов для наиболее уязвимых узлов позволяет значительно повысить ресурс УЭЦН. Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку критериев выбора оптимальной комбинации методов защиты в зависимости от индивидуальных параметров работы скважин Самотлорского месторождения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Савельева, Н. Н. Применение полимерных труб для систем сбора месторождений углеводородов / Н. Н. Савельева // Наука и бизнес: пути развития. – 2025. – № 8(170). – С. 64-68.
2. Маркин, А.Н. Коррозия и защита внутрискважинного оборудования / А.Н. Маркин // Нефтяное хозяйство. – 2023. – № 5. – С. 62-67.
3. ГОСТ Р 58367-2019. Оборудование нефтепромысловое. Защита от коррозии. Общие требования.
4. Савельева, Н. Н. Нефтегазовое оборудование. Оборудование скважин / Н. Н. Савельева. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2020. – 102 с. – ISBN 978-5-9961-2223-3.
5. Application of PCIU for protection of emergency pipelines against corrosion / N. N. Saveleva, A. R. Salyakhova, K. E. Koretskiy, P. E. Koretskiy // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Tyumen, 24–25 августа 2020 года. – Tyumen, 2020. – P. 012030. – DOI 10.1088/1757-899X/952/1/012030.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ЮЖНЫХ РАЙОНОВ АФГАНО-ТАДЖИКСКОЙ ВПАДИНЫ

GEOLOGICAL STRUCTURE AND PETROLEUM POTENTIAL OF THE SOUTHERN PART OF THE AFGHAN-TAJIK BASIN

Рахимов Ф.А.

Rakhimov F.A.

Республика Таджикистан, Национальная академия наук Таджикистана, Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии, e-mail: firuzrahimov89@gmail.com

Афгано-Таджикская впадина (АТВ) представляет собой одну из крупнейших нефтегазоносных провинций Центральной Азии, охватывающую территории восточного Узбекистана, северного Афганистана и юго-западного Таджикистана. Общая площадь впадины составляет около 94 тыс. км², из которых порядка 30 тыс. км² приходится на территорию Республики Таджикистан. В пределах таджикской части АТВ выделяются основные структурно-тектонические зоны: Кафирниганская антиклинальная зона, Вахшская синклинальная зона, Обигармская антиклинальная зона и Кулябская синклинальная зона, а также Душанбинский прогиб.

На протяжении более 40 лет поисково-разведочные работы в пределах АТВ были ориентированы преимущественно на палеогеновые и частично верхнемеловые отложения. Однако в настоящее время их эффективность существенно снизилась. Так, если в 1979 г. добыча нефти составляла около 419 тыс. т, а природного газа – 520 млн м³, то в 2024 г. эти показатели снизились до 16 тыс. т и 362 тыс. м³ соответственно. Это свидетельствует о необходимости пересмотра существующих геологических представлений и поисковых критериев [1].

Сложное геологическое строение АТВ обусловлено интенсивными тектоническими процессами. Одним из ключевых факторов считается наличие мощной соленосной толщи верхнеюрского возраста (гаурдакская свита), достигающей мощности более 4 км. Данная толща разделяет осадочный чехол на два нефтегазоносных комплекса – надсолевой и подсолевой. Подсолевые отложения рассматриваются как наиболее перспективные объекты для поиска углеводородов, что подтверждается открытиями месторождений в сопредельных регионах (Восточная Туркмения, Западный Узбекистан) (Рис. 1).

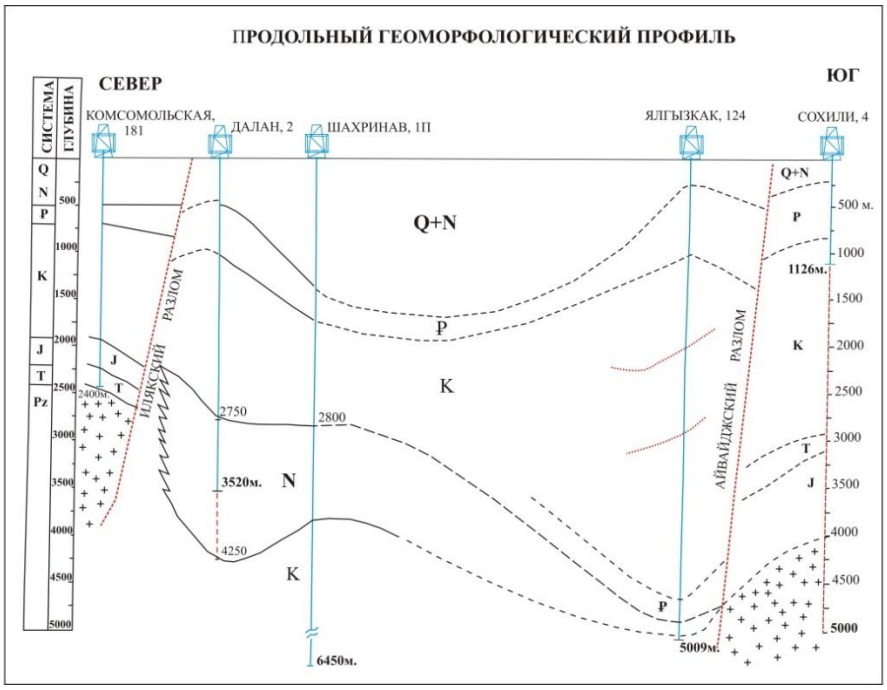


Рис. 1 - Особенности строения разреза осадочного чехла в АТВ

Вместе с тем традиционное объяснение структурообразования исключительно соляным тектогенезом представляется недостаточным. В отличие от существующих представлений, в данной работе обосновывается ведущая роль гравитационного срыва как основного фактора формирования складчатых структур АТВ, тогда как соляной тектогенез рассматривается как вторичный процесс.

Анализ геолого-геофизических данных, включая материалы гравиразведки и аэрогеофизических исследований, показывает, что ключевую роль в тектоническом развитии региона играет Илякский разлом, имеющий субширотное простирание. Разница в глубине залегания поверхности фундамента по разные стороны данного разлома достигает порядка 5 км. Это свидетельствует о наличии значительных тектонических смещений и формировании условий для гравитационного сползания осадочных толщ с севера на юг [2].

Подтверждением сложной тектонической перестройки разреза являются данные бурения. Так, Южно-Актауское подсолевое поднятие было подготовлено сейсморазведкой в 1972 г., однако параметрическая скважина, достигнув глубины 5020 м, была остановлена в крутопадающих глинах туронского яруса. На площади Ялгызкак скважины №№ 123, 124, 125 и 145, пройдя отложения неогена, палеогена и мела, повторно входили в более молодые отложения, что указывает на наличие сложных тектонических нарушений.

На площади Гарданиушты скважина №1 на глубине 4066 м из меловых отложений вновь вошла в неогеновые образования. Наиболее показательным является пример площади Сиехкухи джануби (Южный Каратау), где параметрическая скважина №1, пройдя эвапоритовые образования верхней юры на глубинах 2610–5800 м, вновь вошла в валанжинские отложения нижнего мела и на глубине 6101 м не вышла из данного стратиграфического уровня. Данные факты свидетельствуют о масштабных тектонических перемещениях и аллохтонном залегании пород.

Результаты бурения на площадях Сохили и Айвадж также опровергают ранее существовавшие представления о наличии Приамударьинского разлома как границы различных тектонических блоков. Установлено, что как на правобережной, так и на левобережной части впадины древнечетвертичные отложения с размывом залегают на породах палеогена и мела, что свидетельствует о единстве тектоно-палеогеографических условий формирования региона [3].

Современные условия ведения геологоразведочных работ в центральной части АТВ осложняются наличием надвигов с амплитудой перемещения до 15–20 км, а также развитием аномально высоких пластовых давлений. В связи с этим проведение поисковых работ в данных районах является технически сложным и экономически малорентабельным.

Перспективы нефтегазоносности следует связывать с южными районами впадины, где развитие палеоподнятий создает благоприятные условия для формирования ловушек углеводородов. Особое значение имеют зоны отсутствия соленосных отложений гаурдакской свиты, в пределах которых возможна миграция углеводородов в вышележащие меловые комплексы.

Таким образом, установлено, что формирование складчатых структур Афгано-Таджикской впадины обусловлено преимущественно гравитационными процессами, связанными с Илякским разломом. Перспективные направления дальнейших поисков углеводородов следует ориентировать на южные районы впадины и подсолевые комплексы, обладающие наибольшим потенциалом нефтегазоносности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Туаев Н.П. Верхне-Амударьинская впадина как пример активизированной платформы в связи с вопросами нефтегазоносности // Тектоника Памира и Тянь-Шаня. – М.: Наука, 1964.
2. Качественные и количественные результаты интерпретации данных аэрогеофизических исследований… – Лондон, 2012.

3. Мавлони С.Р., Рахимов Ф.А. Роль гравитационного срыва и надвига с гравитационным растягиванием в формировании складчатых структур Афгано-Таджикской впадины // Тр. ИГИРНИГМ. – Ташкент, 2022. – Т. 2. – С. 250–253.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НЕГЕРМЕТИЧНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КОЛОНН СКВАЖИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА И МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
FORECASTING WELL CASING LEAKAGE USING SPATIAL ANALYSIS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS

Руссу Д.В.
Russu D.V.
Россия, ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь», ТПП «Лангепаснефтегаз», iamrdaniil@yandex.ru

Негерметичность эксплуатационной колонны представляет собой нарушение целостности конструкции колонны, при котором возникает неконтролируемый переток жидкости между различными пластами. В результате возможно попадание нефти в водоносные горизонты, что создаёт серьёзную угрозу для окружающей среды. Кроме того, происходит ухудшение фильтрационно-ёмкостных свойств продуктивного пласта. При поступлении воды из водоносных горизонтов наблюдается набухание глинистых частиц, что приводит к снижению проницаемости и, как следствие, уменьшению дебита скважины после проведения ремонтно-изоляционных работ.

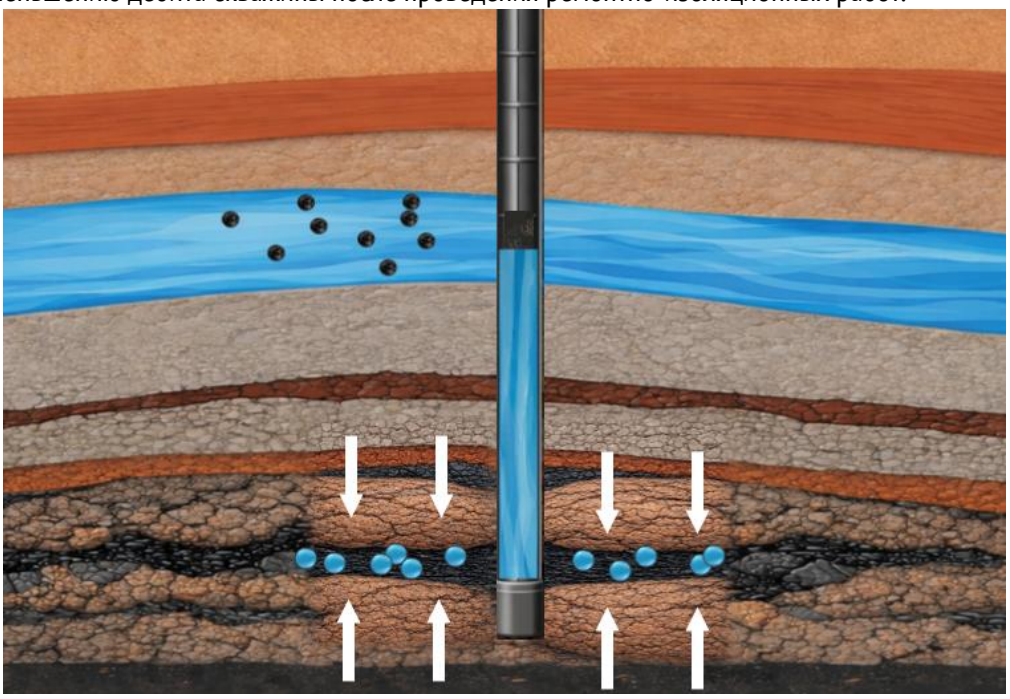


Рис. 1 - Схематическое представление негерметичности эксплуатационной колонны

С учётом указанных проблем целью данной работы является сокращение потерь нефти, обусловленных негерметичностью эксплуатационных колонн скважин. Анализ факторов, влияющих на образование негерметичности, показал, что её формирование обусловлено совокупностью различных геолого-технических и эксплуатационных факторов. В таких условиях выявление прямой причинно-следственной зависимости и прогнозирование возникновения дефектов традиционными методами затруднено. Поэтому в работе был применён комплексный подход, включающий пространственный анализ и анализ эксплуатационных параметров скважин.

Первым этапом исследования стало пространственное картирование случаев негерметичности эксплуатационных колонн. Для этого использовались координаты скважин, на которых ранее фиксировались НЭК. На основе плотности расположения таких скважин были определены зоны повышенного риска возникновения НЭК на территории месторождения.

Пространственный анализ позволяет определить зоны повышенного риска, однако он не даёт возможности своевременно выявить момент формирования негерметичности на конкретной скважине. Поэтому вторым направлением исследования стал анализ эксплуатационных параметров скважин. Было установлено, что перед

возникновением негерметичности на ряде скважин наблюдаются характерные изменения технологических показателей: рост дебита жидкости, увеличение давления на приёме насоса, повышение загрузки оборудования и снижение динамического уровня.

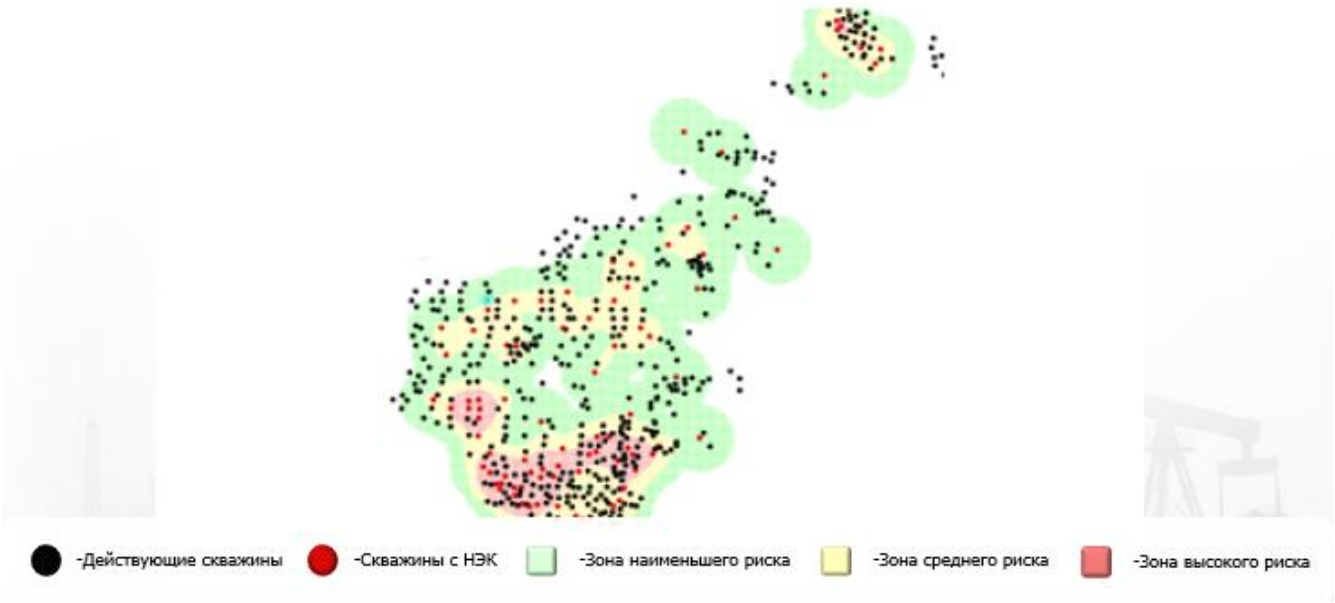


Рис. 2 - Пример карты распределения зон риска негерметичности

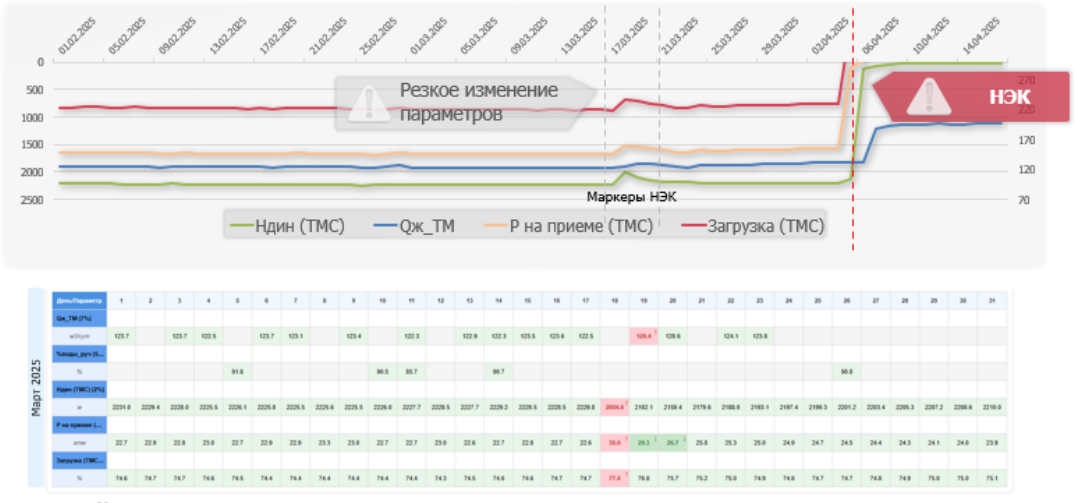


Рис. 3 - Изменение параметров работы скважины перед возникновением НЭК

Проведение подобного анализа в ручном режиме для всего фонда скважин является трудоёмкой задачей. В связи с этим была разработана программная система, использующая методы искусственного интеллекта для автоматического анализа эксплуатационных данных. Программа анализирует комплекс параметров работы скважин и выявляет характерные отклонения. По результатам анализа для каждой скважины формируется числовой показатель — балл риска возникновения негерметичности эксплуатационной колонны.

Полученные результаты интегрируются с данными пространственного анализа, что позволяет одновременно учитывать как географическое положение скважины, так и особенности её текущего режима работы. Для оценки эффективности разработанной модели был проведён анализ результатов прогноза за 2025 год. Точность прогноза составила 56 %, покрытие — 74 %, а интегральная F1-метрика — 64 %.

В традиционной практике работы по устранению негерметичности мероприятия выполняются уже после фактического проявления проблемы. Предложенный подход предполагает проведение регулярного анализа фонда скважин и выявление объектов с повышенным риском. Для таких скважин выполняются геофизические исследования и при необходимости проводятся превентивные ремонтно-изоляционные работы.

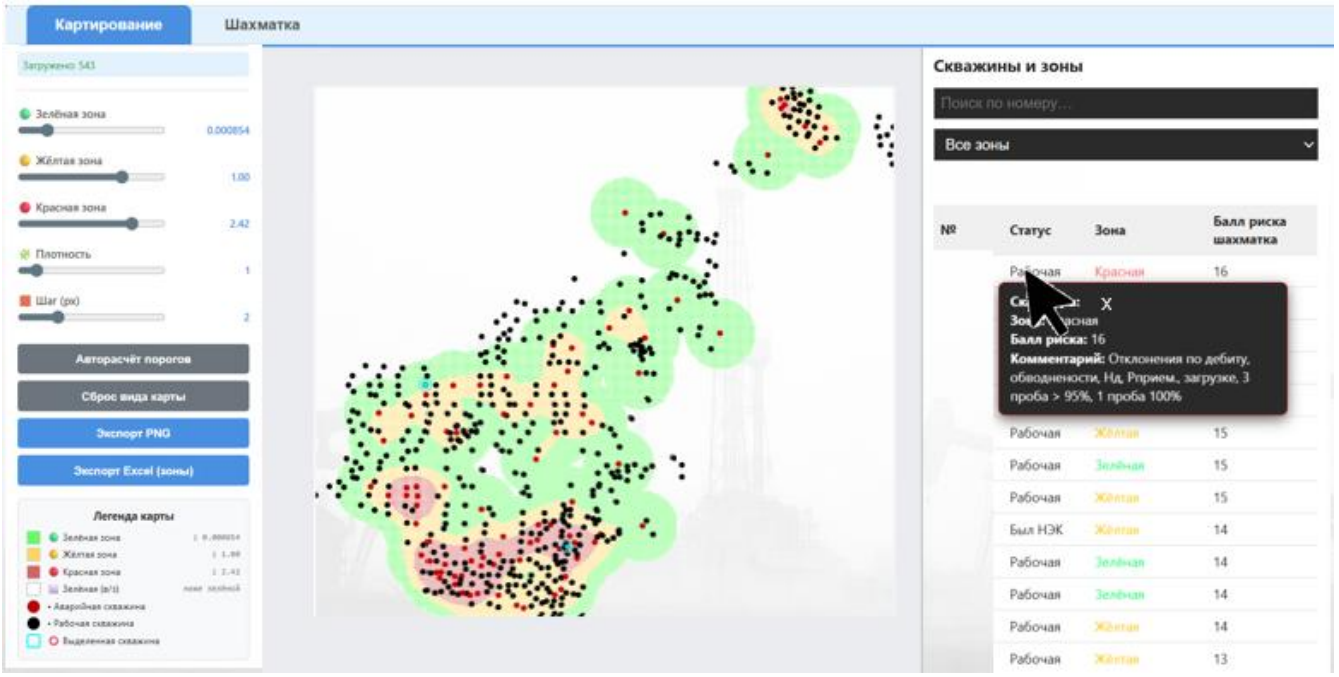


Рис. 4 - Интерфейс системы прогнозирования негерметичности

Результаты опытного внедрения показали, что применение данного подхода позволяет сократить продолжительность ремонтных работ, уменьшить время вывода скважин на режим и предотвратить снижение дебита. В ряде случаев удалось сохранить базовый уровень добычи и получить дополнительную добычу нефти. Экономическая оценка показала положительное значение чистого дисконтированного дохода проекта.

Таким образом, разработанная модель прогнозирования негерметичности эксплуатационных колонн объединяет методы пространственного анализа и интеллектуальной обработки эксплуатационных данных. Её применение позволяет заблаговременно выявлять скважины с повышенным риском возникновения дефектов и снижать потери нефти при эксплуатации нефтяных месторождений.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Мищенко И.Т. Скважинная добыча нефти. – М.: Недра, 2007. – 826 с.
2. Карогодин Ю.Н. Введение в нефтяную геологию и разработку месторождений. – Новосибирск: Наука, 2004. – 639 с.
3. Ахметов Р.Т., Бахтизин Р.Н. Эксплуатация нефтяных и газовых скважин. – Уфа: Нефтегазовое дело, 2010. – 456 с.
4. Бурцев В.В., Халимов Э.М. Ремонтно-изоляционные работы в нефтяных скважинах. – М.: Недра, 2012. – 312 с.

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЗАКЛИНКИ ПРИ ОТБОРЕ КЕРНА ИЗ ПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРО-ТРАССОВОЙ ПЛОЩАДИ

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE TELESCOPIC JAMMING SYSTEM IN CORE SAMPLING FROM PALEOZOIC SEDIMENTS OF THE NORTH-HIGHWAY AREA

Савельев Я.В.

Savelev Ya.V.

Россия, НефтИн (филиал) ФГБОУ ВО ЮГУ Нефтяной институт, jakoff.saveljev@yandex.ru

Russia, NeftIn (branch) of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, jakoff.saveljev@yandex.ru

Аннотация. В данной работе проанализирован метод отбора керна с применением телескопической системы заклинки, показана эффективность данной технологии и экономическая выгодность. Представлены результаты, полученные на Северо-Трассовом месторождении.

Ключевые слова: антизаклиночная система, заклинка, керн, отбор керна, телескопическая система, вынос керна

Целью данной работы является анализ эффективности применения телескопической системы керноприемных труб для предотвращения заклинок и повышения выноса керна в условиях трещиноватых пород коры выветривания и палеозоя на месторождениях Томской области.

Для достижения поставленной цели необходимо решить **следующие задачи**:

1.Рассмотреть причины заклинивания керна в сложных геологических условиях.

2.Изучить принцип работы телескопической антизаклиночной системы.

3.Провести сравнительный анализ показателей отбора керна (количество рейсов, проходка, процент выноса) на скважинах Северо-Трассовой площади с применением системы и без нее.

4.Оценить экономический эффект от внедрения данной технологии.

Достоверность изучения геологического строения и оценка запасов нефтегазовых месторождений в Томской области при бурении скважин до юрских отложений зависит от того, насколько информативен поднятый керн на поверхность. Это обусловлено тем, что керн является основным источником и носителем информации о свойствах горных пород и обеспечивает возможность визуального и непосредственного изучения как на буровой, так и в специализированных лабораториях.

Образец породы, извлечённый из скважины, даёт информацию, которая представляется едва ли не истиной в последней инстанции — некоторые характеристики пласта иными методами получить просто невозможно. Причём чем качественнее поднят керн на поверхность, тем лучше проводятся все необходимые его описания.

Качественные образцы керна дают геологам и инженерам больше возможностей для более точного определения геологического строения, геомеханических и петрофизических характеристик пород. Всё чаще для поиска новых месторождений применяют технологию разработки нетрадиционных залежей. Поэтому отбор репрезентативных образцов пород, не связанный с большими затратами и неэффективностью традиционных методов керноотбора, стал насущной задачей.

Основные требования к процессу проведения работ, связанных с отбором керна, заключаются в обеспечении стопроцентного выноса, скорости бурения и максимальном количестве метров за рейс. При проведении работ с отбором керна на кору выветривания и палеозой применялась керноотборное оборудование без применения антизаклиночной системы. При проходке от одного метра до двух метров с отбором керна происходило заклинивание керна в грунтоноске **отсутствием дальнейшей проходки.** Это связано с тем, что кора выветривания

и палеозой слагается неоднородностью пропластков и происходит сминание и расслоение породы, что приводит к заклинке керна в грунтоноске.

К заклиниванию керна приводят такие факторы как естественная трещиноватость, набухание и низкая прочность горных пород. В результате заклинки нагрузка, подаваемая на бурильную головку, передается на столбик керна. В мягких горных породах это приводит к полному его разрушению и бурению «сплошным забоем». В средних и твердых горных породах наблюдается снижение механической скорости проходки, но, как правило, проходит слишком много времени, прежде чем долбление будет прекращено, происходит дробление керна, вплоть до состояния щебня. В подавляющем большинстве случаев бурение с заклинкой керна вызывает значительное снижение качества или низкие выносы.

Трещиноватость как физико-механическое свойство обусловлена неоднородностью состава и строения горных пород. Отбор керна в трещиноватых горных породах характеризуется его разрушением по направлению трещин, снижением процента выноса, а также небольшими рейсовыми проходками из-за частых заклинок. В особо сложных условиях проходка за рейс может составлять не более 1 – 2 м. Увеличение количества рейсов приводит к большим временным потерям на проведение спуско-подъемных операций. Поднятый керн на поверхность представляет собой доломит, голубовато-серый, преимущественно разнонаправленные трещины, трещиноватый, легко рассыпается, крошится и поднимается иногда в виде щебня.

Для решения этой проблемы компанией ООО «КОМПОЗИТМАШ» и ООО ПКФ «АЛАЗ» разработана специальная система телескопических керноприемных труб. В данной системе в основной керноприемной трубе находятся один или два телескопических вкладыша. При возникновении заклинки вкладыш сдвигается и перемещается вместе с заклинившим керном, что позволяет продолжить отбор без проведения СПО.

Наиболее наглядный результат получен при работе на месторождениях Томской области на Северо-Трассовой площади.

В 2021 году при отборе керна на скважине 7П Северо-Трассовой площади кора выветривания и палеозойских отложений с глубины 2952 м до 3030 м запланированных семи рейсах, без применения антизаклиночной системы было проведено дополнительные рейсы и количество их составило 18. Процентный вынос керна составил: пробурено 28,8м, вынос 21,2м или 74%.

В 2022 году при отборе керна на скважине 320 Северо-Трассового месторождения с глубины 2605 до 2954 с применением антизаклиночной системы количество рейсов уменьшилось на 40 % и процентный вынос составил: пробурено 52 м, вынос 44 м или 84%.

В табл. 1, 2 показано сравнение отбора керна в стеклопластиковых керноприемных трубах скважины 7П и скважины 320П Северо-Трассовой площади с применением системы телескопических керноприемных труб в интервалах сильнотрещиноватых известняков с переслаиванием аргиллитов, на одной скважине.

Важно отметить, что геологический разрез в интервалах сравнения на обеих скважинах (7П и 320П) представлен аналогичными литологическими типами пород: сильнотрещиноватыми известняками, переслаивающимися с аргиллитами, характерными для коры выветривания палеозойских отложений. Такие условия традиционно считаются сложными для керноотбора из-за склонности пород к разрушению по плоскостям трещин и, как следствие, к заклиниванию керноприемного устройства. Технические условия бурения (тип долота, компоновка низа бурильной колонны, режимы бурения) были идентичными, что позволяет корректно оценить влияние именно антизаклиночной системы на результат.

Таблица 1. Результаты отбора керна на скважине №320П Северо-Трассовой площади

Дата	№ рейса с отбором керна	Бурение с отбором керна (по стволу), м				Вынос керна			
		От	До	За рейс	Нарастающий	За рейс, м	За рейс, %	Нарастающий по скважине, м	Средний по скважине, %
УКР-185/100-9,0+9,0м б\г BS-215,9\100-613 -2 шт., BS-215,9\100-811, BS-215,9\100-1211 ИЗОКОР, (ротор)									
12.05	1	2552,0	2561,0	9,0	9,0	9,0	100	9,0	100
13.05	2	2561,0	2579,0	18,0	27,0	18,0	100	27,0	100
14.05	3	2579,0	2597,0	18,0	45,0	18,0	100	45,0	100
15.05	4	2597,0	2605,1	8,1	53,1	8,0	99	53,0	100
16.05	5	2605,0	2608,4	3,4	56,5	3,4	100	56,4	100
17.05	6	2608,5	2612,3	3,8	60,3	3,2	84	59,6	99
25.05	7	2917,0	2924,3	7,3	67,6	5,7	78	65,3	97
27.05	8	2924,3	2930,7	6,4	74,0	6,0	94	71,3	96
29.05	9	2930,7	2933,3	2,6	76,6	2,4	90	73,7	96
31.05	10	2933,3	2939,3	6,0	82,6	4,8	80	78,5	95
04.06	11	2939,3	2940,7	1,4	84,0	1,2	86	79,7	95
05.06	12	2940,7	2947,3	6,6	90,6	4,0	61	83,7	92
06.06	13	2947,3	2950,0	2,7	93,3	1,8	66	85,4	92
07.06	14	2950,0	2950,8	0,8	94,1	0,8	100	86,2	92
08.06	15	2950,8	2953,2	2,3	96,5	1,4	60	87,6	91
08.06	16	2953,2	2953,9	0,7	97,2	0,5	71	88,1	91

Скважина 320П (с применением телескопической системы):

В верхней части интервала (рейсы 1-5) система продемонстрировала максимальную эффективность — вынос керна составил 99-100% при стабильной проходке. Однако при углублении в интервал 2917-2953 м (рейсы 7-16) наблюдается снижение как проходки за рейс (до 0,7-2,7 м), так и процента выноса (до 60-80%). Это свидетельствует о том, что, несмотря на наличие антизаклиночной системы, в зонах интенсивной трещиноватости и, возможно, повышенной хрупкости пород процесс разрушения керна полностью исключить не удается. Тем не менее, система позволила продолжить бурение без немедленного извлечения снаряда после каждой заклинки.

Скважина 7П (без антизаклиночной системы):

В интервале глубже 2952 м (рейсы 5-18) наблюдается крайне нестабильная работа. Проходка за рейс колеблется от 0,4 до 5 м, а вынос керна падает до 50-60% (рейсы 7, 11, 13). Характерно частое чередование рейсов с высоким (100%) и низким (50-60%) выносом, что указывает на эпизодическое заклинивание снаряда, приводящее к необходимости частых СПО и разрушению породы. Общее количество рейсов (18) значительно выше, чем в сопоставимом интервале на скважине 320П.

Оценка экономической эффективности

Для количественной оценки экономического эффекта от применения телескопической системы произведем сравнительный расчет затрат времени на бурение в интервале глубже 2950 м (наиболее сложная часть разреза).

Таблица 2. Результаты отбора керна на скважине №7П Северо-Трассовой площади

Дата	№ рейса с отбором керна	Бурение с отбором керна (по стволу), м				Вынос керна			
		От	До	За рейс	Нарастающий	За рейс, м	За рейс, %	Нарастающий по скважине, м	Средний по скважине, %
УКР-185/100-9,0+9,0м б\г BS-215,9\100-613 ИЗОКОР, (ротор)									
09.07	1	2558,0	2569,0	11,0	11,0	11,0	100	11,0	100
10.07	2	2569,0	2584,5	15,5	26,5	14,5	94	25,5	96
10.07	3	2584,5	2602,5	18,0	44,5	18,0	100	43,5	98
11.07	4	2602,5	2620,5	18,0	62,5	18,0	100	61,5	98
17.07	5	2952,0	2952,7	0,7	63,2	0,5	65	62,0	98
18.07	6	2952,7	2953,1	0,4	63,6	0,4	100	62,4	98
19.07	7	2953,1	2958,1	5,0	68,6	2,5	50	64,9	95
21.07	8	2958,1	2961,1	3,0	71,6	2,6	87	67,5	94
22.07	9	2961,1	2964,0	2,8	74,5	2,9	100	70,3	94
24.07	10	2964,0	2965,6	1,6	76,1	1,4	82	71,7	94
25.07	11	2965,6	2966,8	1,2	77,3	0,7	54	72,3	94
26.07	12	2966,8	2967,6	0,8	78,1	0,8	100	73,1	94
27.07	13	2967,6	2970,3	2,6	80,8	1,6	61	74,7	93
28.07	14	2970,3	2971,6	1,3	82,1	1,0	76	75,7	92
29.07	15	2971,6	2973,5	1,9	84,0	1,5	78	77,2	92
30.07	16	2973,5	2975,3	1,8	85,8	1,4	77	78,6	92
01.08	17	2985,0	2985,7	0,7	86,5	0,7	100	79,3	92
15.08	18	3025,0	3030,0	5,0	91,5	3,2	63	82,5	90

На скважине 7П (без системы) для проходки 28,8 м (интервал от 2952 до 2980 м, согласно данным таблицы 2) потребовалось 14 рейсов (с 5 по 18). На скважине 320П (с системой) в схожем интервале трещиноватых пород (2917-2953 м) для проходки сопоставимой длины (около 36 м) потребовалось 10 рейсов (с 7 по 16).

Сокращение количества рейсов составило 28% (с пересчетом на сопоставимый метраж). Учитывая, что глубина скважин составляла порядка 3000 м, среднее время на один спуско-подъемный рейс (СПО) в данном регионе может достигать 18-24 часов.

Примем среднюю стоимость работы буровой установки в сутки за условную величину (или укажите реальную, если она известна). Сокращение на 4 рейса позволяет сэкономить до 4 суток чистого времени бурения (без учета времени на шаблонировку и прочие операции).

Таким образом, даже с учетом стоимости аренды самой телескопической системы, экономия за счет сокращения времени СПО и увеличения коммерческой скорости бурения является очевидной. Кроме того, более высокий процент выноса (в среднем 84% против 74%) повышает информативность геологических данных, что сложно оценить в денежном эквиваленте, но является критически важным для точности построения геологической модели месторождения.

Выводы

Проведенный анализ отбора керна на Северо-Трассовом месторождении позволяет сделать следующие выводы:

- Применение телескопической системы заклинки в условиях трещиноватых пород палеозоя и коры выветривания позволяет повысить выход керна в среднем на 10-14% (с 74% до 84-91% по данным разных интервалов).
- Технология обеспечивает сокращение количества рейсов при бурении сложного интервала за счет возможности продолжать проходку при возникновении локальных заклинок, что снижает общее время на спуско-подъемные операции.
- Однако, анализ показывает, что в зонах тектонических нарушений и максимальной трещиноватости даже работа телескопической системы не гарантирует стопроцентного выноса (падение до 60-80%), что требует дальнейшего совершенствования технологии (например, применения двухтрубных снарядов или забуривания дополнительных стволов).
- Экономическая эффективность применения системы подтверждается сокращением непроизводительного времени (времени на СПО), что перекрывает затраты на более сложное оборудование. Полученный качественный керн, в свою очередь, обеспечивает достоверность оценки запасов и перспектив дальнейшей разработки площади.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Савельева, Н. Н. Экспериментальный отбор керна из угольных пластов Кузнецкого угольного бассейна / Н. Н. Савельева, С. Н. Шедь, Я. В. Савельев // Научная территория: технологии и инновации: Материалы Международной научно-практической конференции, Тюмень, 17–18 ноября 2022 года / Отв. редактор В.А. Чейметова. Том I. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2022. – С. 105-108.
2. Савельева, Н. Н. Совершенствование технологического оборудования для отбора керна из угольных пластов / Н. Н. Савельева, С. Н. Шедь, Я. В. Савельев // Наука и бизнес: пути развития. – 2022. – № 10(136). – С. 29-33.
3. Савельева Н. Н. Нефтегазовое оборудование. Оборудование скважин: учебное пособие / Н. Н. Савельева. – Тюмень: ТИУ, 2020. – 102 с. – Текст: непосредственный.
4. Технологии нефтегазового инжиниринга / В. Я. Мауль, Н. Р. Кривова, Н. Н. Савельева [и др.]. Том Часть 1. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2023. – 167 с. – ISBN 978-5-9961-3167-9.
5. Хайруллин Б.Ю., Мамяшев В.Г., Федорцов В.В. Современные технологии отбора керна повышенной информативности и перспективы их применения в нефтегазовой геологии // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. 2008, № 3.
6. Чистяков Валерий Константинович, Вишневский Николай Александрович Анализ современного состояния технологий и техники отбора керновых проб из гидратосодержащих пород // ГИАБ. 2013. №4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sovremennogo-sostoyaniya-tehnologiy-i-tehniki-otbora-kernovyh-prob-iz-gidratosoderzhaschih-porod (дата обращения: 17.03.2024).
7. Saveleva, N. N. Analysis of the application of a ball suspension in a core project / N. N. Saveleva, S. N. Shed, Ya. V. Savelev // E3S Web of Conferences: International Scientific Siberian Transport Forum - TransSiberia 2023, Novosibirsk, Russia, 16–19 мая 2023 года. Vol. 402. – Novosibirsk, Russia: EDP Sciences, 2023. – P. 10023.
8. Saveleva, N. N. Improving the quality of core sampling from methane coal seams / N. N. Saveleva, S. N. Shed, Ya. V. Savelev // E3S Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference “Environmental Risks and Safety in Mechanical Engineering” (ERSME-2023), Rostov-on-Don, Russia, 01–03 March 20 2023. Vol. 376. – Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2023. – P. 01063. – DOI 10.1051/e3sconf/202337601063.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ В ИСПОЛЬЗОВАНИИ МОДЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ РАСЧЕТНОЙ ПРОРАБОТКИ ОБЪЕКТОВ ДОБЫЧИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ НЕФТИ

(THE USE OF A NEURAL NETWORK IN THE USE OF A MODEL INSTALLATION OF A MAIN PIPELINE TO IMPROVE THE DESIGN STUDY OF OIL PRODUCTION AND TRANSPORTATION FACILITIES)

Станкевич С.М.

Индивидуальный предприниматель, E-mail: stankevich_stepa04@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Разработка и применение нейронной сети позволяет привести к оптимизации расчетов при моделировании объектов добычи и транспортировки углеводородов в магистральном трубопроводе. В рамках исследования предлагается использование искусственного интеллекта для анализа больших и малых объемов данных, что позволяет повысить точность и эффективность проектных решений, а также снизить риски и затраты на строительство и164эксплуатацию нефтегазовых объектов. Все это в целом способствует развитию нефтегазовой отрасли и повышению ее конкурентоспособности на мировом рынке.

ABSTRACT

The development and application of a neural network makes it possible to optimize calculations when modeling hydrocarbon production and transportation facilities in a main pipeline. The research suggests the use of artificial intelligence to analyze large and small amounts of data, which makes it possible to increase the accuracy and efficiency of design solutions, as well as reduce risks and costs for the construction and operation of oil and gas facilities. All this generally contributes to the development of the oil and gas industry and increases its competitiveness in the global market.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Нейронная сеть, искусственный интеллект, моделирование, анализ данных

KEYWORDS

Keywords Neural network, artificial intelligence, modeling, data analysis

Прогресс в области энергетики приводит к истощению запасов традиционной нефти и необходимости использования альтернативных углеводородных источников. Нефтедобывающие страны, включая Россию, сталкиваются с необходимостью обеспечения эффективной переработки ресурсов и удовлетворения растущего спроса на энергоносители. Повышение эффективности трубопроводного транспорта высоковязкой нефти связано с усовершенствованием гидродинамического моделирования трубопроводных систем, что позволяет учесть изменения свойств перекачиваемой среды и их влияние на структуру течения и характеристики движения. Результаты этих исследований представляют собой важную область для анализа и дальнейшего развития технологий транспортировки углеводородов [1]. Применение нейронных сетей в моделировании магистральных трубопроводов открывает новые возможности для повышения эффективности расчетной проработки объектов добычи и транспортировки нефти. Использование данных технологий позволяет автоматизировать процесс анализа больших объемов данных, что способствует более точному прогнозированию потенциальных проблем и оптимизации рабочих процессов [2, 3]. Нейронные сети будут обучаться на основе исторических данных о работе трубопроводов и модельной установки магистрального трубопровода, способной создать схожие на реальные условия транспортировки нефти [4]. Для машинного обучения будет необходима информация о давлении, температуре,

скорости потока и других критических параметрах [5]. Это позволит создавать предсказательные модели, которые будут выявлять аномалии и предсказывать потенциальные сбои до их возникновения [6]. Таким образом, операторы смогут предпринять профилактические меры, чтобы предотвратить аварии и сократить время простоя.

Кроме того, нейронные сети помогут оптимизировать процессы добычи нефти, анализируя различные сценарии и выбирая наиболее эффективные методы эксплуатации. Это включает в себя определение оптимального давления и скорости для максимизации выхода нефти при минимальных затратах.

В целом, интеграция нейронных сетей в системы управления магистральными трубопроводами даст значительный шаг вперед в области нефтяной индустрии, обеспечивая более высокую безопасность, надежность и экономическую эффективность. Это направление развития технологий открывает новые перспективы для компаний, стремящихся к инновациям и устойчивому развитию [7, 8].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Якубов М.Р. Состав и свойства продуктов взаимодействия асфальтенов тяжелых нефтей с серной кислотой // Вестник Казанского технологического университета. -2010. - №7. – С. 227-233.
2. Платонов А. В. Машинное обучение: учебное пособие для вузов / А. В. Платонов. — Москва: Издательство Юрайт, 2024. С. 85. (Высшее образование). — ISBN 978-5-534- 15561-7. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/544780
3. Еремин Н.А., Селенгинский Д.А. О возможностях применения методов искусственного интеллекта в решении нефтегазовых задач // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2023. Вып. 1. С. 201-211.
4. Харитонов Е.В., Байбекова Л.Р., Шарифуллин А.В., Годящева М.В., Лабораторный стенд для испытания реагентов для трубопроводного транспорта и его модернизация к системе «из насоса в насос» / Вестник технологического университета. 2022, т.25, в.10, с.36-39.
5. Харитонов Е.В., Минеев А.Э., Максимов А.Ф., Годящева М.В., Багеев А.М. Модельная установка магистрального трубопровода для исследования противотурбулентных присадок // Трубопроводный транспорт углеводородов. 2022. С. 44-45.
6. Е.В. Харитонов, Л.Р. Байбекова, А.В. Шарифуллин Г.И Дусметова. Исследования по подбору реагентов для транспорта вязких углеводородов на экспериментальном стенде // Трубопроводный транспорт углеводородов: материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. (Омск, 30 окт. 2020 г.). Омск: Изд-во ОмГТУ, 2020. С. 31–35.
7. Дмитриевский А Н., Столяров В. Е., Еремин Н. А. Актуальные вопросы и индикаторы цифровой трансформации на заключительной стадии нефтегазодобычи промыслов // Научно-технический журнал «SOCAR Proceedings». Научные труды НИПИ Нефтегаз ГНКАР. Спецвыпуск SOCAR Proceedings Special Issue No.2. 2021. P 001–013. http://dx.doi.org/10.5510/OGP2021SI200543.
8. Г.И. Дусметова, А.В. Шарифуллин, Л.Р. Байбекова, Е.В. Харитонов, Г.Ф. Сагитова. Специфика применения присадок в трубопроводном транспорте нефтяных эмульсий. Южно-Казахский университет им. М. Ауезова, Шымкент, 2023. 172 с.

REFERENCES:

1. Yakubov M.P. Structural-group composition and properties of heavy oil asphaltenes modified with sulfuric acid // // Bulletin of the Kazan Technological University. -2010. - No.7. – pp.227-233.
2. Platonov A.V. Machine learning: a textbook for universities / A.V. Platonov. — Moscow: Yurait Publishing House, 2024. p. 85. (Higher education). — ISBN 978-5-534-15561-7. — Text:electronic // Yurayt Educational platform [website]. — URL: https://urait.ru/bcode/544780

3. Eremin N.A., Selenginsky D.A. On the possibilities of using artificial intelligence methods in solving oil and gas problems // Izvestiya Tula State University. Earth Sciences. 2023. Issue 1. pp.201-211.
4. Kharitonov E.V., Baibekova L.R., Sharifullin A.V., Godyashcheva M.V., Laboratory stand for testing reagents for pipeline transport and its modernization to the "pump to pump" system /Bulletin of the Technological University. 2022, v.25, v.10, p.36-39.
5. Kharitonov E.V., Mineev A.E., Maksimov A.F., Goryacheva M.V., Bagaev A.M. Model installation of a main pipeline for the study of anti-turbulent additives // Pipeline transport of hydrocarbons. 2022. pp. 44-45.
6. E.V. Kharitonov, L.R. Baybekova, A.V. Sharifullin G.I. Dusmetova. Research on the selection of reagents for the transport of viscous hydrocarbons at an experimental stand // Pipeline transport of hydrocarbons: materials of the IV All-Russian. scientific-practical conf. (Omsk, October 30, 2020). Omsk: Omsk State Technical University Publishing House, 2020. pp. 31–35.
7. Dmitrievsky A. N., Stolyarov V. E., Eremin N. A. Topical issues and indicators of digital transformation at the final stage of oil and gas production of fields // Scientific and technical journal "SOCAR Proceedings". Scientific works of NIPI Neftegaz SOCAR. SOCAR Proceedings Special Issue No. 2. 2021. P 001-013. http:// dx.doi.org/10.5510/OGP2021SI200543 .
8. G.I. Dusmetova, A.V. Sharifullin, L.R. Baybekova, E.V. Kharitonov, G.F. Sagitova. Specifics of using additives in pipeline transport of oil emulsions. South Kazakh University named after. M. Auezova, Shymkent, 2023. 172 p.

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ ПЛАСТА Х МЕСТОРОЖДЕНИЙ КРАСНОЛЕНИНСКОГО СВОДА С ЦЕЛЬЮ ПОИСКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБЛАСТЕЙ

COMPREHENSIVE ANALYSIS OF THE FORMATION CONDITIONS OF THE RESERVOIR X OF THE KRASNOLENINSKY ARCH IN ORDER TO FIND PERSPECTIVE AREAS

Тасаковская М.А.

Tasakovskaya M.A.

Россия, Тюменское отделение «СургутНИПИнефть» ПАО «Сургутнефтегаз», mtasakovskaya@yandex.ru

Основная задача любой нефтяной компании – это увеличение энергетического потенциала. Одним из способов приращения ресурсной базы является поиск пропущенных залежей. Для этого необходимо вернуться к истокам формирования ловушки углеводородов. Определить условия образования пласта помогут фациальный анализ и метод по восстановлению древнего рельефа.

Для прогнозирования распространения коллекторов и непроницаемых пород используется фациальный анализ.

Более точная реконструкция обстановок осадконакопления проводится путем комплексирования методов, а именно фациально-циклического анализа с использованием атласа-определителя В.П. Алексеева, динамического анализа и электрометрических модели фаций по Муромцеву В.С.

Фациально-циклический анализ – метод изучения осадочных отложений, основанный на выявлении закономерностей циклического чередования литогенетических типов пород и их фаций в разрезе. Подобная цикличность отложений связана с представлениями о периодичных изменениях условий осадконакопления, которые являются следствием проявления дифференцированных колебательных движений земной коры. Эти движения вызывают периодические изменения ландшафтов, что находит отражение в закономерной смене фаций внутри отдельных циклов (ритмов) осадконакопления.

Понимание фации, как составной части цикла позволяет беспрепятственно выполнять фациальную реконструкцию по ряду диагностических признаков, присущих той или иной обстановке осадконакопления.

В качестве постулата в данной работе принят «Атлас субаквальных фаций нижнемеловых отложений Западной Сибири (ХМАО-Югра)» [1].

Описание фаций в Атласе проведено по единой схеме, включающей следующие характеристики нижнемеловых терригенных пород: гранулометрический состав, соотношение различных фракций (сортированность), текстура, растительные остатки (количество и степень сохранности), степень переработанности роющими организмами, ихнофации, контакты и парагенез с другими фациями. Все диагностические признаки отложений объединены в сводную таблицу.

Для удобства анализа кернового материала составлена диагностическая таблица, в которой дублируются основные диагностические признаки с атласа-определителя. По изучаемому объекту в разрезе месторождений таблица заполнена по скважинам с керном с указанием интервалов долбления, толщин слоев, наличия признаков УВ и особых диагностических признаков. Пример диагностической таблицы представлен на рисунке 1.

Дополнительно для анализа межскважинного пространства использовались динамический анализ и электрометрические модели фаций. Данные методы позволили уточнить границы палеоканалов [2, 3].

Используя все вышеперечисленные методы для фациального анализа, составлена схема фациального районирования по пласту Х (Рис. 2).

№скв	Пласт	Фация	ЭМФ	Интервал долбления	№ слоя	Толщина слоя, м	Признак и УВ	Карбонатность	Гранулометрический состав						Текстура							II		УД
									Аргиллит	Алевролит		Песчаник			Слоистость							2 (2-10%) слабая, редкие	3 (10-40%) следы	
										м/з	к/з	т/з	м/з	с/з	к/з	массивная	горизонтальная	пологонаклонистая	линзовидно-волнистая	косо-волнистая	косая	Нарушенная (оползни, оплывины)			
		БПР		1585,8-1598	2	2,43			+	+	+								+			+			
		БПР		1585,8-1598	3	2,26	+		+			+	+						+			+		+	
		БПР		1585,8-1598	4	1,08			+	-									+				+		
		КСР	ПРТ	1585,8-1598	5	0,1	+						+												+
		КСР	ПРТ	1585,8-1598	6	1,8		+					+												+
		КСР	ПРТ	1598-1611	1	1,92		+					+												
		КСР	ПРТ	1598-1611	2	3,5	+						+				+								
		КСР	ПРТ	1598-1611	3	0,12						+	+				+								
		КСР	ПРТ	1598-1611	4	3,41	+		-				+				+				+				
		КСР	ПРТ	1598-1611	5	3,44	+		-				+												+
		КСР	ПРТ	1611-1624	1	0,68	+		-				+												+
		БПП		1611-1624	2	1,7		+		+		+	+								+	+			
		БПП		1611-1624	3	2,99		+	+			+	+								+	+			
		БПР		1611-1624	4	1,53				+			-								+	+			
		БПР		1611-1624	5	2,97		+	+			+	+								+	+		+	

Рис. 1 - Диагностическая таблица



Рис. 2 - Схема фациального районирования по пласту Х месторождений Красноленинского свода

Обстановка осадконакопления – зона приберегового взмучивания, разрываемая мелкими прибрежными водотоками. В юго-восточной части развиты зоны разгрузки кластического материала в виде подводных конусов выноса.

Для подтверждения схем фациального районирования построены диаграммы К.К. Гостинцева отдельно по месторождениям Красноленинского свода.

По построенным диаграммам можно сделать вывод, что формирование отложений изучаемого объекта проходило в фациальных обстановках мелководья, мутьевых потоков, морских фаций и фаций пляжей.

Оценены фильтрационно-емкостные свойства. Повышенные значения параметров пористости и проницаемости наблюдаются в скважинах, вскрывших разрывные течения.

В итоге, наиболее благоприятная обстановка для формирования ловушек углеводородов – это фация гравийно-песчаных осадков русел малых прибрежных водотоков (по методу Алексеева В.П.). Аналог данной фации по методу Муромцева В.С. являются разрывные течения.

В процессе интерпретации геолого-геофизических данных на этапе построения и анализа карт нередко возникает потребность в разделении структурных карт на региональную и локальную составляющие. Благодаря такому разделению возможно проведение палеореконструкций, ранжирование аномалий, контрастное отображение локальных структур и т.д. Для решения таких задач применяется метод, основанный на математическом выделении компонент измеренного параметра - тренд-анализ [2] или метод по восстановлению древнего рельефа.

При проведении тренд-анализа возникает две задачи:

- выявление общей тенденции (тренда) в изменении признака Z;
- обособление локальной составляющей как знакопеременных отклонений от тренда.

Для решения первой задачи необходимо выполнить процедуру сглаживания, при этом понимая, что степень сглаживания зависит от конкретной решаемой задачи. Вторая задача решается путем вычитания из детального исходного поля результатов сглаживания.

Применяя инструмент тренд-анализа, можно выделить, как основную тенденцию в изменении геологических характеристик, так и локальные изменения этих характеристик, что позволяет более уверенно и надежно проводить локальный прогноз в исследуемой области.

В данной работе в качестве наиболее реалистичной оценки выбран подход, основанный на выделении локальных поднятий по современному структурному плану. Второй подход основывается также на структурном плане, но по восстановленному древнему рельефу. На рисунке 3 представлена структурная карта по пласту Х с поднятиями, выделенными по современному структурному плану и по восстановлению древнего рельефа. Данное сопоставление помогает определить расположение неструктурных ловушек. Отдельно представлен фрагмент карты с разрывными течениями

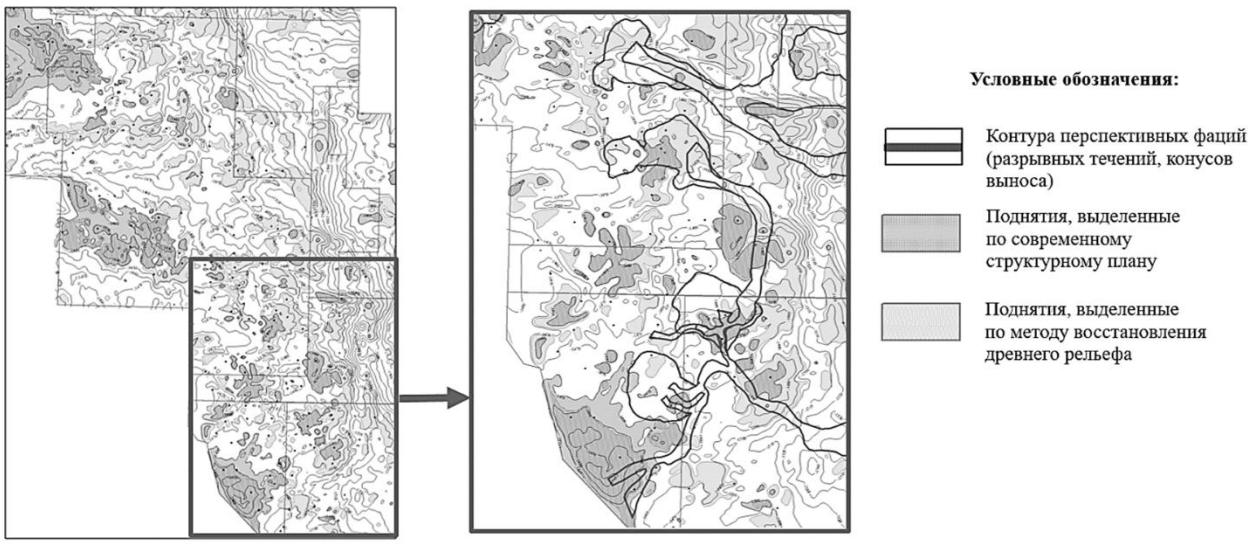


Рис. 3 - Структурная карта по пласту Х с сопоставлением поднятий, выделенных по современному структурному плану и по восстановлению древнего рельефа

Проведено комплексирование схемы фациального районирования по пласту Х месторождений Красноленинского свода и выделенных по структурному анализу поднятий. На рисунке 4 приведен фрагмент рассматриваемой территории с результатом комплексирования проведенных методов.

По результатам комплексирования на изучаемом объекте выделены две перспективные области, где на ближайшие 4 года не запланировано работ по бурению скважин.

Перспективность подтверждается испытанием поискового и разведочного фонда, керном с нефтяным насыщением и работой эксплуатационных скважин. Посчитаны запасы по перспективной области в районе проектной скважины 2Р. Прирост геологических запасов нефти по категории В1 составил 1.97 млн. т. Прирост извлекаемых запасов нефти составил 402,0 тыс.т.

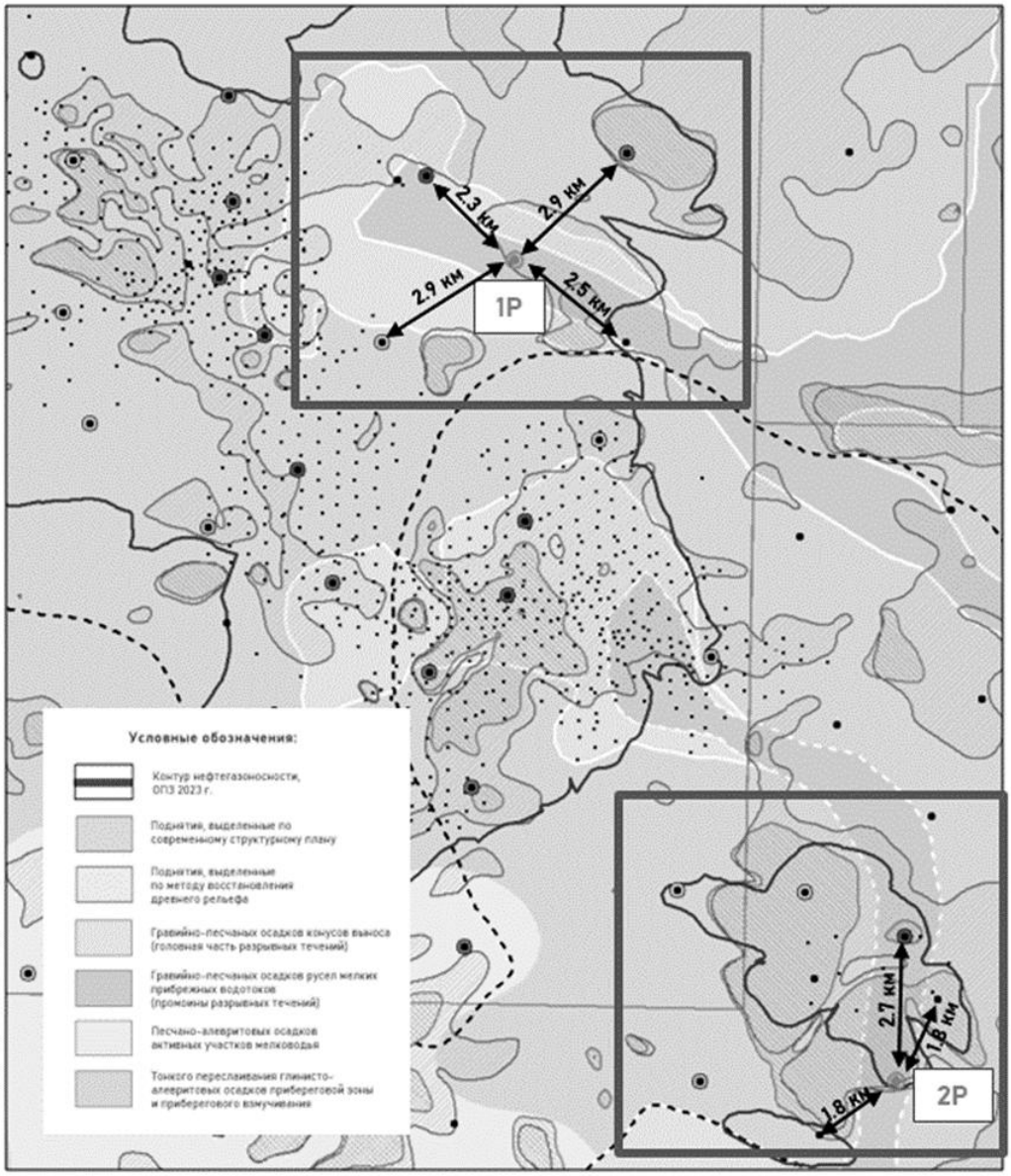


Рис. 4 - Комплексирование схемы фациального районирования пласта Х месторождений Красноленинского свода и поднятий, выделенных в результате анализа структурной карты

Комплексный анализ условий осадконакопления имеет важную роль в построении геологической модели. Зная обстановку образования пород, можно детализировать геологическую модель, проследить закономерности распространения пород в пространстве, выявить наиболее перспективные области для накопления углеводородов, более качественно спрогнозировать фильтрационно-емкостные характеристики в резервуаре, что позволяет повысить надежность петрофизического моделирования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Алексеев В.П. Атлас субаквальных фаций нижнемеловых отложений Западной Сибири (ХМАО-Югра) / В.П. Алексеев. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. – 284 с.
2. Дэвис Дж. С. Статистический анализ данных в геологии / Дж.С. Дэвис. – Москва: Недра, 1990. – 426 с.
3. Ежова А.В. Литолого-фациальный анализ нефтегазоносных толщ / А.В. Ежова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 112 с.
4. Муромцев В.С. Электрометрическая геология песчаных тел – литологических ловушек нефти и газа /В.С. Муромцев. – Л: Недра, 1984. – 260 с.

МОДЕЛЬ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ КЕРОГОНОСОДЕРЖАЩИХ ПОРОД
THE PERMITTIVITY MODEL KEROGEN-CONTAINING ROCKS

Темников Е.П., Ельников А.В., Сысоев С.М.
Temnikov E.P., Elnikov A.V., Sysoev S.M.
Россия, Бюджетное учреждение высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет». temnikov_ep@surgu.ru

Кероген — это осадочное органическое вещество (ОВ), которое генерирует нефть и природный газ. В этой связи было приложено много усилий для его изоляции и характеристики его химической структуры и эволюции во время захоронения осадков с целью лучшего прогнозирования залежей нефти и газа. Были достигнуты большие успехи в отношении прогнозирования потенциала нефти и газа и моделирования нефтяных систем. Это концептуальное определение подразумевает, что кероген и нефть имеют взаимодополняющие характеристики.

Надежная оценка коллектора с использованием геофизических исследований скважин в органически богатых глинистых сланцах требует знания физических свойств керогена. Однако влияние термической зрелости чистого керогена на его диэлектрические параметры еще не до конца изучено.

Целью данного исследования было исследование диэлектрических параметров керогеносодержащих пород и разработка численной модели

Для численного анализа данных по диэлектрическим свойствам образца керогена была использована модель, включающая в себя сумму функций Коула-Коула и Джоншера, а также DC проводимость [1-3].

Функция Джоншера учитывает влияние процессов, которые выходят за пределы окна измерений со стороны низких частот.

В рамках исследуемой модели комплексная диэлектрическая проницаемость имеет следующий вид:

$$\varepsilon^*(\omega) = \varepsilon'(\omega) - i\varepsilon''(\omega) = \varepsilon_\infty + \frac{\Delta\varepsilon}{1 + (i\omega\tau)^\alpha} + B(i\omega)^{n-1} + \frac{\sigma_0}{i\omega\varepsilon_0 C}$$

где ε' - действительная часть комплексной диэлектрической проницаемости; ε'' – мнимая части комплексной диэлектрической проницаемости; $\omega = 2\pi f$ – циклическая частота; i – мнимая единица; ε_∞ — обозначает экстраполированную высокочастотную диэлектрическую проницаемость; $\Delta\varepsilon = \varepsilon_s - \varepsilon_\infty$ — амплитуда релаксации (низкочастотный предел диэлектрической проницаемости обозначен ε_s); τ – время релаксации; показатель α ($0 < \alpha \leqslant 1$) является мерой симметричного уширения спектра; B – вклад функции Джоншера; $0 < n \leqslant 1$ – степенной параметр функции Джоншера; σ_0 – сквозная проводимость (DC); $\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – диэлектрическая проницаемость вакуума; C – ёмкость измерительного конденсатора.

Экспериментальные данные для исследования модели были предоставлены Казанским Федеральным Университетом (КФУ). Их исследование образца керогена проводилось методом диэлектрической спектроскопии на широкополосном измерительном комплексе Novocontrol Concept BDS-80 в частотном диапазоне 1 Гц – 1 МГц и температурном диапазоне 30–400 °C с шагом 20 °C (303–673 K).

В работе были обработаны данные для вещественной и реальной части диэлектрической проницаемости и построены их зависимости от частоты и температуры.

Построения графиков производились в программном пакете MATLAB с использованием написанного специально под нужды исследования кода.

В исследовании стояла задача построения расчётных зависимостей, используя выбранную математическую модель, и сравнение построенных зависимостей с экспериментальными данными.

Были подобраны значения параметров и построены серии графиков для расчётных зависимостей с наложением экспериментальных данных для сравнения. В таблице 1 представлены значения параметров для каждой из рассматриваемых температур.

Таблица 1. Аппроксимированные и подобранные параметры

T, K	**$\Delta\varepsilon$, Ф/м**	**τ, c^{-1}**	**α**	**β**	**n**	**ε_∞, Ф/м**
483	0.977526	0.000518921	0.680838	25	0.66	4.53401

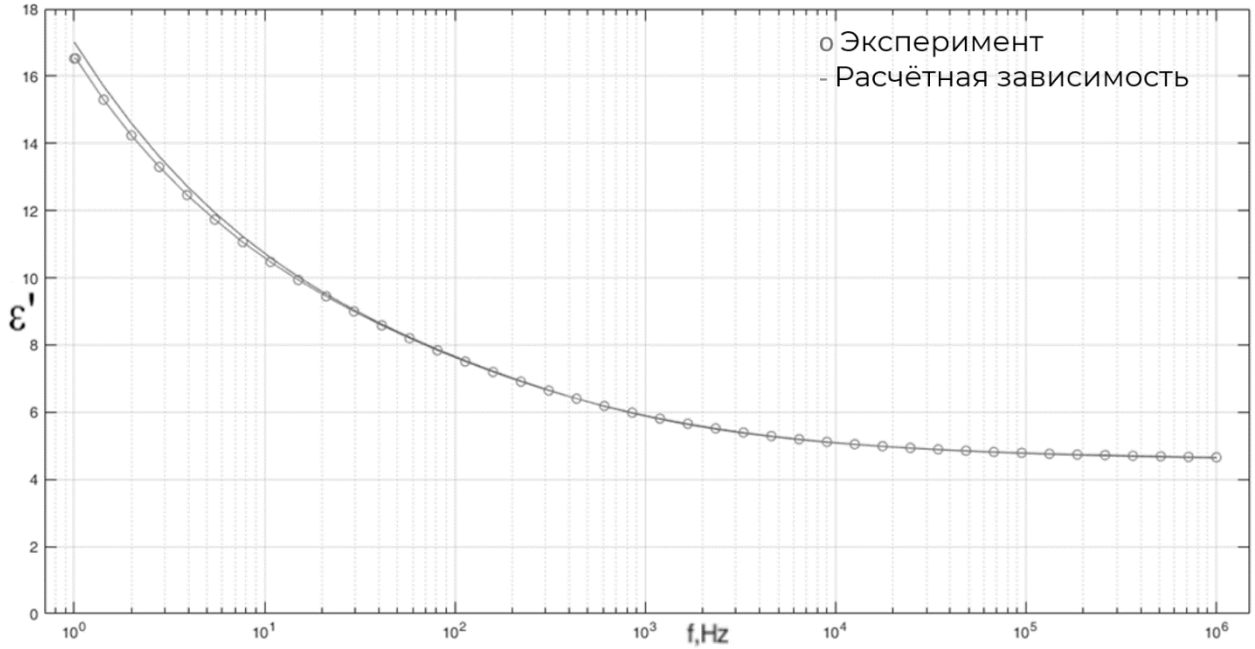


Рис. 1 - Зависимость реальной части диэлектрической проницаемости от частоты для температуры 483К

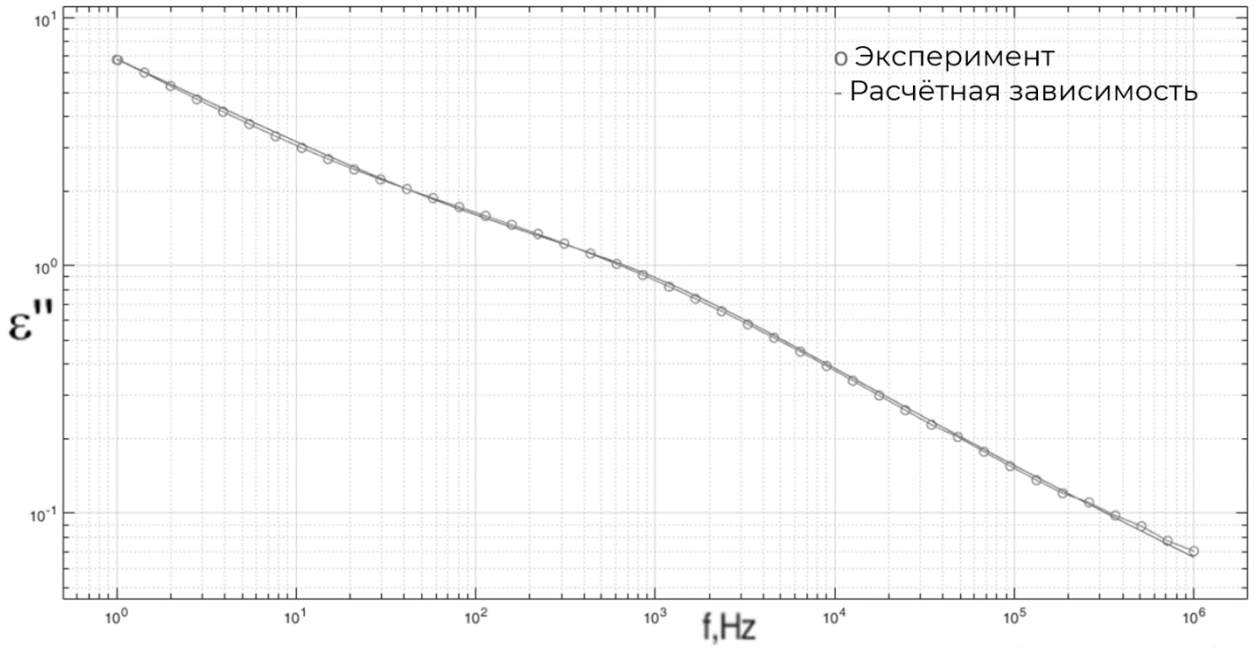


Рис. 2 - Зависимость мнимой части диэлектрической проницаемости от частоты при температуре 483К

У полученных на рисунке 1 и рисунке 2 расчётных зависимостей видно вполне точное совпадение с экспериментальными данными, что свидетельствует о адекватной применимости используемой модели для температуры 483К.

В рамках модели Коула-Коула с поправкой Джоншера были исследованы зависимости действительной и мнимой части диэлектрической проницаемости в диапазоне частот от 1 Гц до 1 МГц и при температурах от 300 до 670 К для керогеносодержащих пород.

Показано, что модель Коула-Коула с поправкой Джоншера адекватно описывает экспериментальные диэлектрические параметры керогеносодержащих пород.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Зиннатуллин, Р. Р. Исследование диэлектрических свойств водонефтенасыщенных горных пород и их нагрева в электромагнитном поле / Р. Р. Зиннатуллин, Л. А. Ковалева, Р. Ф. Султангужин // Теплофизика высоких температур. — 2019. — Т. 57, № 1. — С. 143–145.
2. Нигматуллин, Р. Р. Диэлектрическая релаксация типа Коула-Девидсона и самоподобный процесс релаксации Р. Р. Нигматуллин, Я. Е. Рябов // Физика твердого тела. — 1997. — Т. 39, № 1. — С. 101–105.
3. Khamzin, A. A. Microscopic model of a non-Debye dielectric relaxation: The Cole-Cole law and its generalization / A. A. Khamzin, R. R. Nigmatullin, I. I. Popov // Theoretical and Mathematical Physics. — 2012. — Vol. 173. — P. 1604–1619.

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА К ЗАДАЧЕ ПЛАНИРОВАНИЯ ГЕОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO THE PROBLEM OF PLANNING GEOLOGICAL AND TECHNOLOGICAL EVENTS

Трофимович Е.А.
Trofimovich E.A.
Россия, ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь» ТПП «Лангепаснефтегаз», egor.trofimovich.2001@mail.ru

В настоящее время многие месторождения, в том числе в Западной Сибири, вступают в позднюю стадию разработки, для которой характерны высокая выработка запасов, обводнение и снижение продуктивности скважин [1, 2]. В таких условиях поддержание рентабельного уровня добычи невозможно без регулярного проведения геолого-технологических мероприятий (ГТМ). Возникает потребность в применении новых методов, способных выявлять скрытые закономерности и повышать эффективность принимаемых решений. Именно здесь открываются перспективы использования методов искусственного интеллекта (ИИ), как инструмента поддержки принятия решений при планировании ГТМ.

В связи с этим целью настоящей работы является разработка архитектуры интеллектуальной системы, которая на основе методов машинного обучения обеспечивает поддержку принятия решений при планировании ГТМ. Предлагаемый подход предполагает последовательное решение трех взаимосвязанных задач: идентификация скважин-кандидатов из действующего фонда, определение оптимального типа мероприятия для каждой скважины и количественный прогноз ожидаемого технологического эффекта.

В рамках исследования был проведен сравнительный анализ различных алгоритмов машинного обучения. Критериями выбора являлись устойчивость к шумам в данных, способность работать с разнотипными признаками (числовыми и категориальными), и требуемая точность прогноза. Обучение моделей производилось на исторических выборках, содержащих сведения о ранее проведенных ГТМ и соответствующих им геолого-технологических характеристиках скважин.

В соответствии с поставленными задачами была разработана архитектура программного комплекса, представленная на рисунке 1. Первый модуль системы, реализующий алгоритмы классификации, предназначен для решения задачи отбора потенциальных скважин-кандидатов. Второй модуль обеспечивает решение задачи классификации рекомендуемого типа ГТМ. Третий модуль, построенный на основе регрессионных алгоритмов, направлен на решение задачи количественной оценки прогнозной эффективности мероприятия.

Результаты тестирования обученных моделей на контрольной выборке подтвердили их эффективность. Точность модели составила 80%, а среднее абсолютное отклонение прогнозного дебита от фактического составило 2,4 тонны в сутки. Экономическая оценка, выполненная в соответствии с отраслевыми стандартами, подтверждает положительный эффект от внедрения рекомендованных интеллектуальной системой мероприятий. Разработанный подход может служить инструментом поддержки принятия решений при планировании геолого-технологических мероприятий.

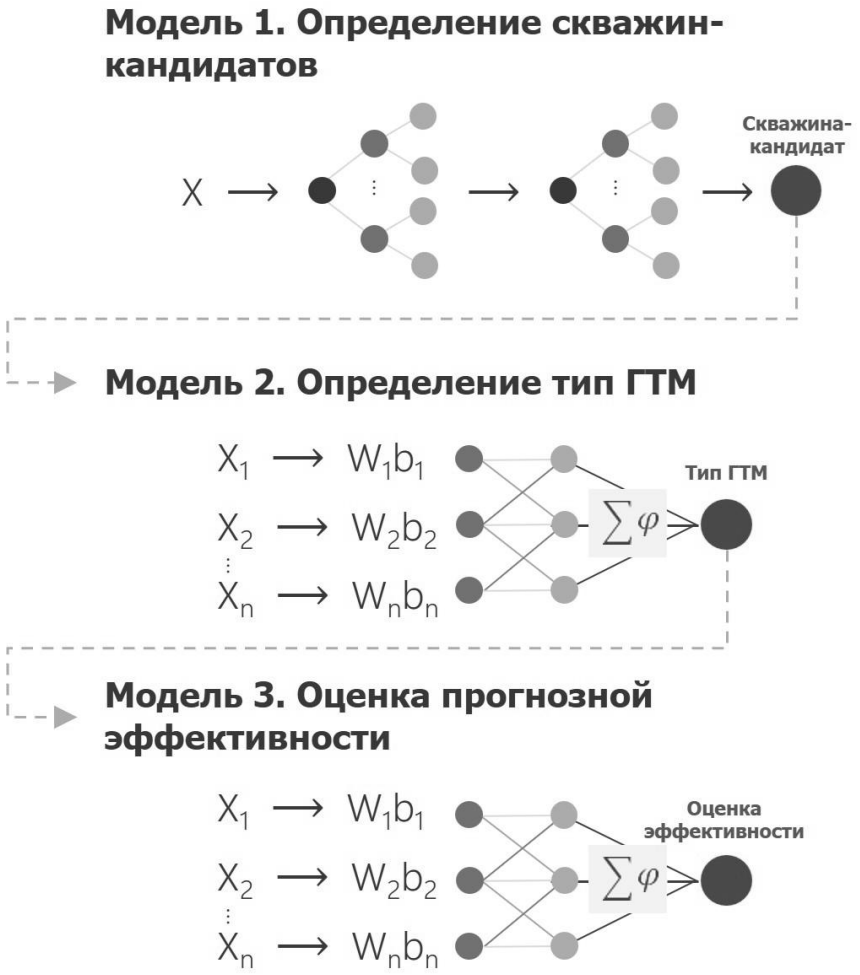


Рис. 1 - Архитектура программы

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Кочнев А. А. и др. Разработка комплексной методики прогноза эффективности геолого-технических мероприятий на основе алгоритмов машинного обучения //Георесурсы. – 2020. – Т. 22. – №. 3. – С. 79-86.
2. Галеев А. А., Синицына Т. И. Опыт применения алгоритмов машинного обучения для автоматизации процесса поиска скважин-кандидатов для гидравлического разрыва пласта //Экспозиция Нефть Газ. – 2024. – №. 7. – С. 70-75.

УВЕЛИЧЕНИЕ ЗАГРУЗКИ ЭНЕРГОБЛОКОВ НА БАЗЕ ГТД Д-30ЭУ-2 ГТЭС-1А УВСИНГ
INCREASING THE LOAD ON POWER UNITS BASED ON THE D-30EU-2 GAS TURBINE ENGINE OF THE GAS TURBINE POWER PLANT-1A UVSING

Фаник Д.С.
Fanik D.S.
Россия, Публичное акционерное общество «Сургутнефтегаз» Управление по внутрипромысловому сбору и использованию нефтяного газа, fanik_1990@mail.ru

В ПАО «Сургутнефтегаз» производиться утилизация попутного нефтяного газа с последующей выработкой электроэнергии. В управлении по внутрипромысловому сбору и использованию нефтяного газа (далее – УВСИНГ) ПАО «Сургутнефтегаз» эксплуатируется газотурбинные электростанции (далее – ГТЭС) с энергоблоками (далее – ЭБ) разных типов, которые обеспечивают выработку электроэнергии за счет утилизации попутного нефтяного газа.



Рис. 1 - Энергоблоки газотурбинной электростанции

ГТЭС-1А введена в эксплуатацию в 2001 году, именно эта ГТЭС положила начало эпохи развития малой энергетики не только в рамках ПАО "Сургутнефтегаз" но и в масштабах страны. В эксплуатации ГТЭС-1А находятся 6 энергоблоков на базе ГТД Д-30ЭУ-2, номинальной мощностью 4 МВт каждый. Согласно отборам попутного нефтяного газа, подтверждается дальнейшая перспектива эксплуатации оборудования ГТЭС-1А, выработка электроэнергии которой на сегодняшний день остается актуальной [4].

В данном докладе представлено предложение по увеличению выработки электроэнергии энергоблоками ГТЭС для выполнения производственной программы УВСИНГ в случаях внеплановых остановов энергоблоков или снижения объемов поставки газа на ГТЭС от нефтегазодобывающего управления (далее – НГДУ) [1].

Выработка электроэнергии является одной из основных составляющих производственной программы УВСИНГ. В случае внеплановых остановов энергоблоков ГТЭС и снижения поставки газа на газотурбинные электростанции, снижается объем вырабатываемой электроэнергии, выполнение плана по выработке электроэнергии попадает в зону риска. Для компенсации потерь вырабатываемой электроэнергии, специалистами УВСИНГ разработаны мероприятия по дополнительной загрузке энергоблоков [3].

На ГТЭС-Н в составе энергоблоков эксплуатируются газотурбинные двигатели Д-30ЭУ-2, идентичные ГТЭС-1А, при этом заводом изготовителем ГТД согласована эксплуатация ГТД на режиме активной мощности 4,15 МВт.

Специалистами УВСИНГ проработана с заводами-изготовителями газотурбинной установки и газотурбинного двигателя возможность увеличения активной мощности энергоблоков ГТЭС-1А с 4 МВт до 4,15 МВт [2]. Анализ активной мощности 1 энергоблока, номинальной мощности и выработки электроэнергии ГТЭС-1А до и после реализации дополнительной загрузки энергоблоков представлены на рисунках 2, 3, 4.

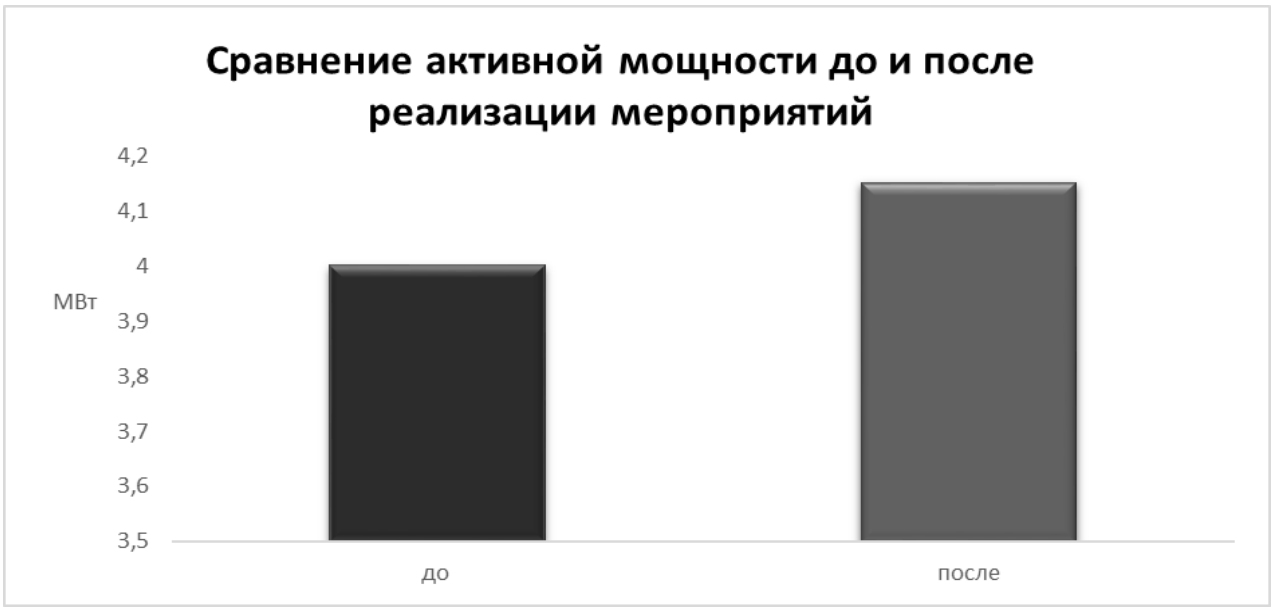


Рис. 2 - Сравнение активной мощности до и после реализации мероприятий

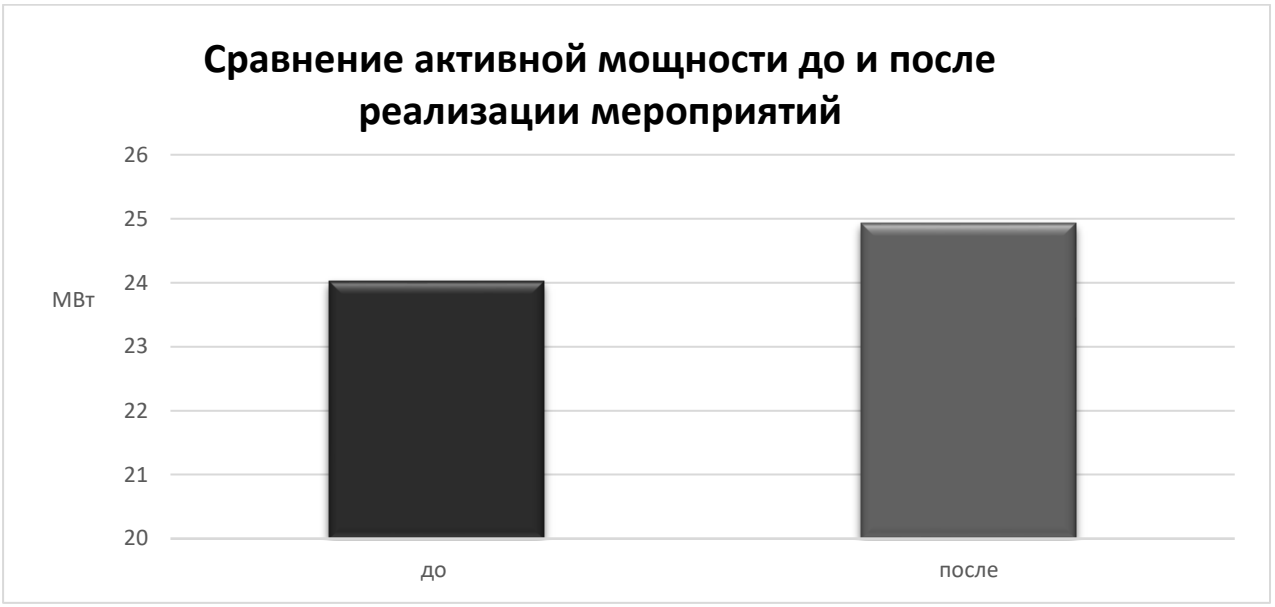


Рис. 3 - Номинальная мощность ГТЭС до и после реализации мероприятий

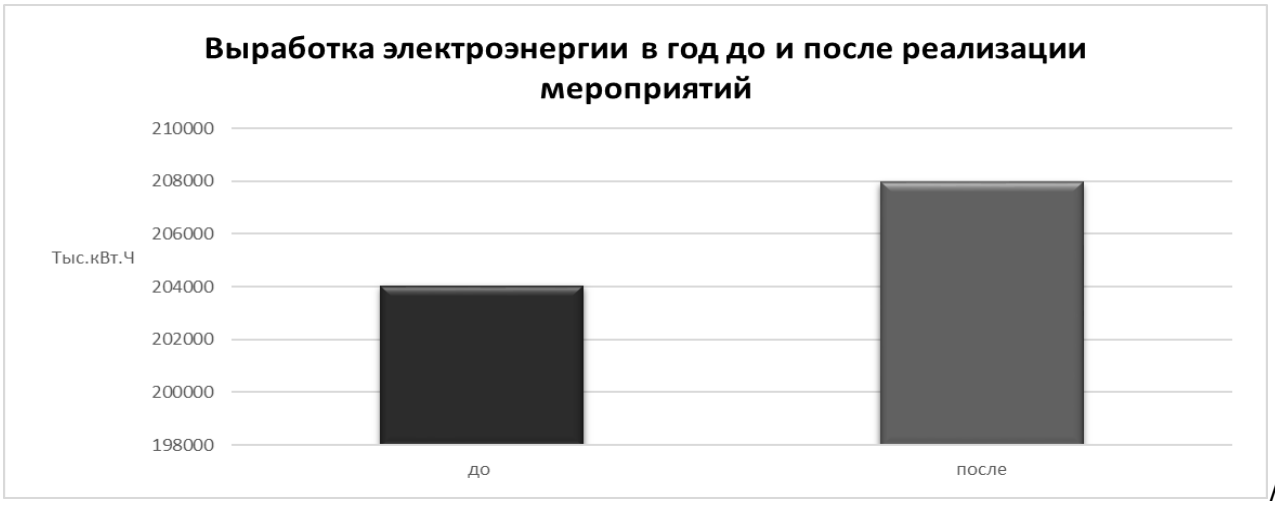


Рис. 4 - Выработка электроэнергии в год до и после реализации мероприятий

Дополнительный объем вырабатываемой электроэнергии в год равен 3 931 тыс. кВт*ч. Анализ надежности действующего оборудования представлен в таблице 1.

Таблица 1. Анализ надежности действующего оборудования

Оборудование	Назначенный ресурс, ч.	Наработка фактическая, ч.	Дата проведения экспертизы	Дата проведения следующей экспертизы
Энергоблок – 1				
ГТД	100 000 30 000	82 771	-	-
Редуктор	100 000	118 609	22.05.2020	22.03.2028
Энергоблок – 2				

ГТД	120 000 30 000	41 748	-	-
Редуктор	100 000	59 957	22.05.2020	22.03.2028
Энергоблок – 3				
ГТД	120 000 30 000	25 510	-	-
Редуктор	100 000	70 574	-	-
Энергоблок – 4				
ГТД	120 000 30 000	46 825	-	-
Редуктор	100 000	45 852	22.05.2020	22.03.2028
Энергоблок – 5				
ГТД	120 000 30 000	23 741	-	-
Редуктор	120 000	45 636	-	-
Энергоблок – 6				
ГТД	100 000 30 000	50 363	-	-
Редуктор	50 000	95 791	22.05.2020	22.03.2028

Расчет экономической эффективности выполнен на период планируемой реализации увеличения мощности ГТЭС-1А в 2026 году (таблица 2).

Таблица 2. Расчет экономической эффективности

№ п/п	Показатели	Усл. Обоз.	Ед. изм.	План		Примечания (источник данных, расчет, формулы)
				До внедрения	После внедрения	
1.	Объем внедрения	А	объект	6	6	6 ЭБ
2.	Увеличение выработки эл. энергии ГТЭС	W	тыс. кВт*ч	-	402,3	По данным УЭХ
3.	Увеличение выработки мощности ГТЭС	Р	кВт	-	5 222	
4.	Экономический эффект (за 1 год)	Эа1	тыс. руб	-	5 805,10	-
	Расчет Экономический эффект (за 3 года)	Эа3	тыс. руб	-	17 415	Эа3=Эа1*3

Положительный результат выполненного экономического расчета по данному предложению доказывает перспективную эффективность его применения.

Реализация дополнительной загрузки энергоблоков ГТЭС-1А позволит:

1. Увеличить суммарную активную мощность энергоблоков до 24,9 МВт;
2. Обеспечить компенсацию отрицательных потерь по выработке электроэнергии и мощности и соответственно выполнения производственной программы УВСИНГ;
3. Получать дополнительный ежегодный доход за счет увеличения выработки электроэнергии на ГТЭС-1А;
4. Снизить себестоимость выработки электроэнергии.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Петров, В.Ф. (2021). Организация работы малых энергетических систем на основе газотурбинных установок. Энергетика и окружающая среда, 77-83с.
2. Точилкин, М.Д. (2023). Оптимизация процессов выработки электроэнергии на газотурбинных электростанциях. Энергетический вестник, 34-41 с.
3. Чурин, В.Л. (2019). Современные тенденции в развитии малой энергетики России. Наука и техника, 11-15 с.
4. Лебедев, С.Ю., & Смирнов, И.П. (2018). Новый подход к эксплуатации газотурбинных электростанций. Энергетические технологии и ресурсы, 22-29 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЛИНИСТОСТИ ПРОДУКТИВНОГО ПЛАСТА

IMPROVEMENT OF THE FORMATION PRESSURE MAINTENANCE SYSTEM BASED ON THE ANALYSIS OF THE CLAY CONTENT OF THE PRODUCTIVE FORMATION

Фархутдинова А.И.
Farkhutdinova A.I.
Российская Федерация, ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь», ТПП «Лангепаснефтегаз», alsoufar@mail.ru

В практике разработки нефтяных месторождений эффективность системы поддержания пластового давления (ППД) является одним из ключевых факторов, определяющих достижение проектных уровней добычи. В процессе анализа текущего состояния разработки одного из участков была выявлено: при компенсации отборов закачкой (200%) наблюдалось падение добычи нефти на 40 тыс. тонн. Данное обстоятельство обусловило актуальность проведения настоящего исследования с целью выявления причин низкой эффективности заводнения и выработки мер по оптимизации системы ППД.

Анализ динамики пластового давления в периоды остановки блочной кустовой насосной станции (БКНС) не выявил критического снижения энергетического состояния рассматриваемого участка. Трассерные исследования подтвердили наличие фильтрационных каналов, однако активные участки выявлены лишь частично, что указывало на существенную неоднородность фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) коллектора.

Анализ гранулометрического состава показал повышенное содержание алевритовой фракции (до 42%) и наличие глинистых минералов, преимущественно каолинита и гидрослюды. Указанные минералы характеризуются высокой адсорбционной способностью по отношению к воде, что потенциально может приводить к снижению фазовой проницаемости.

Дополнительно была рассмотрена гипотеза о набухании глин при контакте с закачиваемой водой. Лабораторный и промысловый контроль минерализации показал, что закачиваемая вода имеет минерализацию 35 г/л, что исключает механизм активного набухания. Таким образом, установлено, что снижение фильтрационных характеристик обусловлено не техногенным изменением свойств породы, а первичной литологической неоднородностью пласта.

Для количественной оценки степени глинистости и ее пространственного распространения были использованы данные геофизических исследований скважин (ГИС). Установлено, что между коэффициентом глинистости и совокупностью параметров пористости и альфа ПС существует устойчивая корреляционная связь (коэффициент детерминации $R^2 = 0,8$).

Интеграция полученной зависимости с геологической моделью позволила построить карту распространения глинистых зон. Пространственный анализ выявил совпадение зон повышенной глинистости с участками, характеризующимися минимальной эффективностью заводнения. Данный вывод подтвердил исходное предположение о том, что глинистость является доминирующим фактором, снижающим эффективность системы ППД.

Предлагается вывести из эксплуатации 7 нагнетательных скважин, расположенных в зонах с подтвержденной высокой глинистостью и низкой эффективностью заводнения. Реализация данного мероприятия позволит исключить нецелевое использование рабочего агента и снизить операционные затраты.

Экономическая оценка предложенных мероприятий демонстрирует их высокую эффективность. Оптимизация системы ППД на рассматриваемом участке обеспечивает снижение операционных затрат на 6%, прирост свободного денежного потока в размере 131 млн руб., а также увеличение продолжительности рентабельного периода разработки с 8 до 10 лет.

Таким образом, в результате проведенного исследования:

1. Установлена прямая корреляция между зонами повышенной глинистости и снижением эффективности заводнения.

2. Предложен методический подход к картированию глинистости на основе данных ГИС, керна и геологической модели.

3. Разработаны и экономически обоснованы рекомендации по оптимизации системы ППД, включающие вывод из эксплуатации неэффективных нагнетательных скважин.

4. Обоснована возможность тиражирования предложенного подхода на другие объекты со схожими геолого-физическими характеристиками. Использование карт глинистости в дополнение к традиционному геолого-промысловому анализу позволяет повысить обоснованность управленческих решений и концентрацию ресурсов на наиболее эффективных элементах системы разработки.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Атлас литолого-палеогеографических карт юрского и мелового периодов Западно-Сибирской равнины: труды / ЗапСибНИГНИ; под ред. И.И. Нестерова. – Тюмень, 1976.
2. Яркеева, Наталья Расатовна. Water injection front estimation of oil fields to reduce risks of sharp water flooding / Н. Р. Яркеева, А. И. Фархутдинова, Д. А. Зарипова. - Текст: электронный // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: VI International Scientific Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development 17/11/2021 - 19/11/2021 Krasnoyarsk, Russia. - 2022. - Vol. 981. - С. 042014. - DOI 10.1088/1755-1315/981/4/042014. Scopus
3. Желтов, Ю. П. Разработка нефтяных месторождений. Учебник / Ю.П. Желтов. - М.: Недра, 2020.

ОПТИМИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА СОЗДАНИЯ ФАЦИАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ (НА ПРИМЕРЕ СРЕДНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КРАСНОЛЕНИНСКОГО СВОДА)

OPTIMIZATION OF ALGORITHM FOR CREATING FACIAL MODELS (ON THE EXAMPLE OF THE MIDDLE JURASSIC DEPOSITS OF KRASNOLENINSKY ARCH FIELD)

Черепанов В.В.
Cherepanov V.V.
Россия, Тюменское отделение «СургутНИПИнефть», vladchch@yandex.ru

Создание фациальной модели является одной из первичных задач, которые следует выполнить при моделировании залежей углеводородов. Фациальная модель закладывает концептуальные основы строения залежи и, в конечном счете, определяет соответствие полученной литологической модели и реального объекта.

Одна из основных сложностей при создании фациальных моделей связана с длительной ручной обработкой и структурированием большого количества разнородной исходной информации. Поэтому вопрос о возможности оптимизации данного процесса является актуальным. Решение такой задачи представляется целесообразным и имеет прикладное значение.

Целью работы является разработка методики, которая позволит сократить время, затрачиваемое на создание концептуальных фациальных моделей.

Разработанный алгоритм можно представить в виде последовательности трех основных этапов: создание из исходных данных датафреймов, использование регулярных выражений для анализа датафреймов, структурирование полученной информации.

На рисунке 1 приведена наглядная схема работы алгоритма.

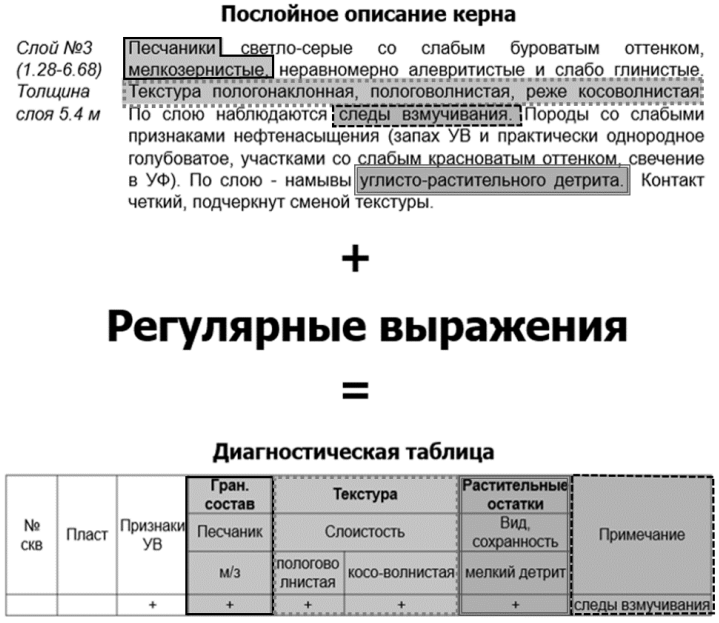


Рис. 1 - Схема работы алгоритма

Этап 1. Создание из исходных данных датафреймов

Для применения данного алгоритма необходима среда разработки кода Python. В работе использовался редактор кода, встроенный в ПО Techlog.

В первую очередь, необходимо перевести послойные описания керна в удобный для анализа данных вид. Это реализуется с помощью библиотеки «Pandas», которая позволяет прочитать информацию из документа, таблицы или напрямую из базы данных и создать на ее основе датафреймы - объекты данных.

Этап 2. Использование регулярных выражений для анализа датафреймов

Регулярные выражения – это продвинутый поисковый механизм, основанный на использовании паттернов (строк–образцов), которые определяют правила поиска.

В рамках данной работы регулярные выражения необходимы чтобы извлекать из послойных описаний керна с одной стороны максимально сжатое, а с другой стороны принципиально достаточное количество признаков, необходимых для определения генезиса породы согласно атласу-определителю Алексеева В.П [1]. При этом один список паттернов «равняется» одному диагностическому признаку из атласа.

В базовом варианте используется шесть диагностических признаков: гранулометрический состав, сортировка различных фракций, текстура, растительный остатки (количество и степень сохранности), контакты и переходы, и прочие признаки.

Приведенный набор признаков имеет достаточно общий характер, однако в рамках работах по какому-либо определенному региону этот набор можно конкретизировать и видоизменять. Основным ограничением является только наличие какого-то конкретного диагностического признака в исходном текстовом описании.

Этап 3. Структурирование полученной информации

Полученный комплекс признаков необходимо, во-первых, структурировать, а во-вторых, представить в виде удобном для человека, например, в виде таблицы. На рисунке 2 представлено сопоставление данных до и после применения алгоритма. Табличный формат данных более применим для дальнейшей работы, как для человека, так и для «машины».

Данные до применения предложенного алгоритма



Данные после применения предложенного алгоритма

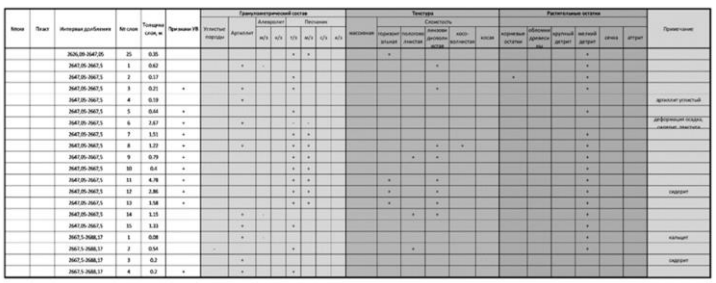


Рис. 2 - Данные до и после применения алгоритма

Результат работы предложенного алгоритма был использован, как основа для построения схемы фациального районирования среднеюрских отложений месторождения Красноленинского свода (Рис. 3). В рамках работы было проанализировано порядка 90 скважин с керном, также были учтены данные кривых ГИС [2] и сейсмических исследований для более детального прогнозирования развития фациальных тел в межскважинном пространстве.

Обстановка осадконакопления – малоподвижное мелководье, полуизолированное в северо-восточной части, разрываемое мелкими прибрежными водотоками.

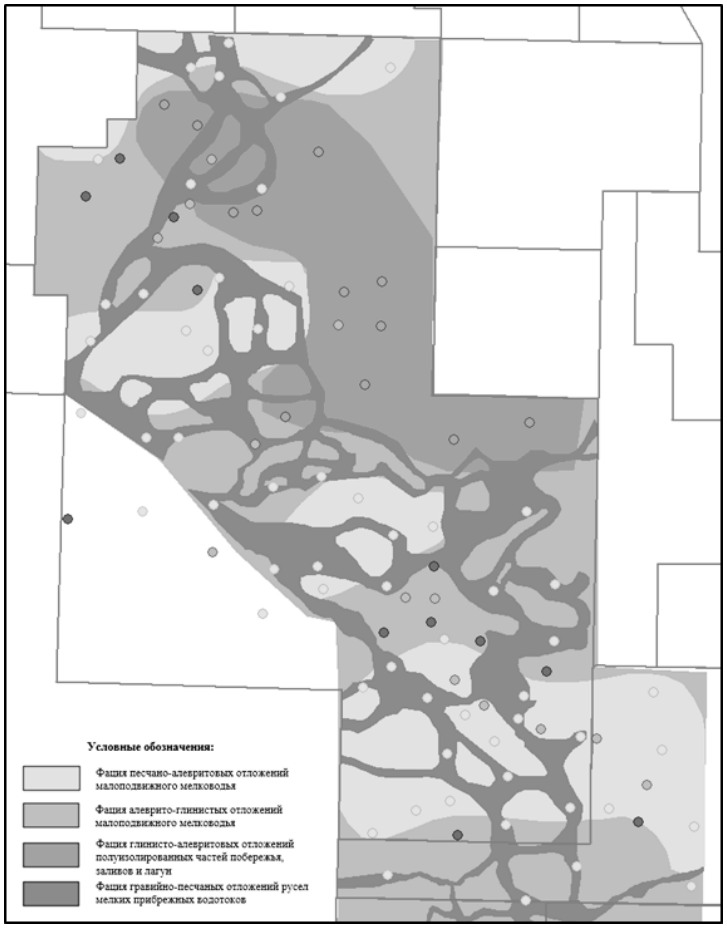


Рис. 3 - Схема фациального районирования среднеюрских отложений месторождения Красноленинского свода

Характерными признаками малоподвижного прибрежного мелководья являются различные типы волнистых структур, нарушенные деформацией в виде взмучиваний, оползаний, следов биотурбации. В нескольких скважинах обнаружены трещины синерезиса, что говорит об изменении солености воды. Следовательно, указывает на переходную фазу с континентальных отложений на морские (область заливов и лагун).

Наличие полуизолированной части мелководья в северо-восточной части территории подтверждает большое количество углистого материала и растительных остатков (харовые водоросли, листья папоротника), наличие минералов-индикаторов пирита и сидерита.

Далее приведены характеристики каждой фации:

1. Фация гравийно-песчаных осадков русел мелких прибрежных водотоков.

Фация представляет собой неширокие и недлинные водотоки, обеспечивающие снос материала в прибрежно-бассейновой полосе от подножий внутриконтинентальных холмогорий. По литологии преимущественно мелкозернистые песчаники с косоволнистой текстурой с небольшим количеством растительного детрита. Чаще залегает на прибрежно-бассейновых отложениях полуизолированного мелководья. Может залегать «внутри» заливовых отложений.

2. Фация песчано-алевритовых осадков малоподвижного мелководья.

Фация представляет собой хорошо отсортированные отложения крупнозернистого алевролита и тонкозернистого песчаника внутри полуизолированного малоподвижного бассейнового мелководья преобладает косоволнистая в сочетании с линзовидно- и пологоволнистой слоистостью. По генезису расположена внутри мелководно-бассейнового комплекса.

3. Фация алеврито-глинистых осадков малоподвижного мелководья.

Фация представляет собой отложения аргиллита и мелкозернистого алевролита с горизонтальной и пологовонистой слоистостью внутри полуизолированного малоподвижного бассейнового мелководья. Обычно накапливаются нерасчленяемые интервалы большой мощности. Фация нередко заболачивается. Парагенезис самый разнообразный Обычен с застойными озерами, мелкими прибрежными водотоками и открытой частью бассейна.

4. Фация глинисто-алевритовых осадков полуизолированных частей побережья заливов и лагун.

Фация представляет собой прибрежно-застойные осадки заливно-лагунного генезиса. По литологии алевролиты с примесью глинистого материала. Слоистость горизонтальная, пологоволнистая. Характерны текстуры фьямме. Большое количество растительных остатков, нередки корневые остатки. Достаточно часто встречается сидерит. Обычно залегают в основании заливовых комплексов, сменяя прибрежно-бассейновые отложения.

Наиболее перспективная фация для образования ловушек углеводородов - фация гравийно-песчаных осадков русел мелких прибрежных водотоков.

Оценить экономическую эффективность использования методики можно при помощи диаграммы, приведенной на рисунке 4, на которой отображены временные затраты специалиста на процесс анализа послойных описаний керна, в рамках создания фациальной модели среднеюрских отложений.

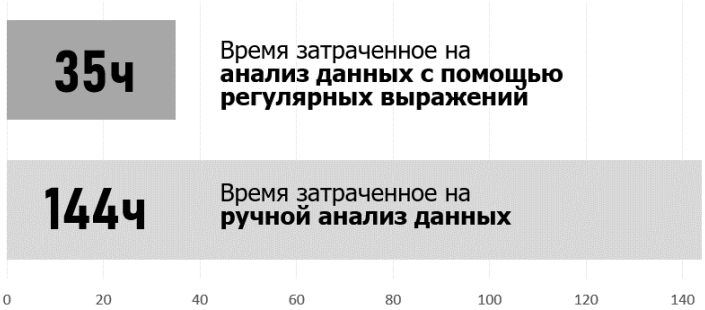


Рис. 4 - Сопоставление временных затрат при ручном и полуавтоматическом методах анализа послойных описаний керна

Рассмотрены два случая: вариант с регулярных выражений и вариант с ручной обработкой данных. Процесс корректировки с использованием регулярных выражений занимает значительно меньше рабочего времени по сравнению с «ручным» вариантом. Затраты времени снизились более чем в 4 раза (Рис. 4).

Рассчитанный экономический эффект для данного подсчётного объекта составил 227 701 рублей. Дополнительно был рассчитан суммарный экономический эффект в пересчёте на среднегодовое количество объектов, и он составил приблизительно 2.7 миллиона рублей за год.

Вывод: Рекомендуется использование представленного скрипта для решения оперативных задач в рамках работ по созданию моделей углеводородов с учетом обстановок осадконакопления. Снижение затрачиваемого времени, при сохранении качества работы, возможно только в связке «машина + человек».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Алексеев В.П. Атлас фаций юрских терригенных отложений (угленосные толщи Северной Евразии) / В.П. Алексеев. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. – 209 с.
2. Муромцев В.С. Электрометрическая геология песчаных тел – литологических ловушек нефти и газа / В.С. Муромцев. – Л.:Недра, 1984. – 260 с.

ПОДБОР СПЕЦИАЛЬНЫХ КОМПЛЕКТАЦИЙ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПОГРУЖНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСЛОЖНЕННОМ ФОНДЕ СКВАЖИН

SELECTION OF SPECIAL CONFIGURATIONS AND OPERATION OF SUBMERSIBLE EQUIPMENT IN COMPLEX WELL STOCK

Чернов А.А.

Chernov A.A.

Российская Федерация, ПАО «Сургутнефтегаз», chernov_alexey@icloud.com

Устойчивая тенденция роста осложненного фонда скважин, оборудованных УЭЦН в ПАО «Сургутнефтегаз» сложилась достаточно давно. На протяжении нескольких лет основной прирост эксплуатационного парка приходится именно на эту категорию скважин. В течение последних 5 лет механизированный фонд скважин УЭЦН увеличился на значение порядка 20 %, при этом осложненный фонд скважин увеличился на значение порядка 40 % – темп роста осложненного фонда в несколько раза выше, чем в целом по добывающему фонду. На сегодняшний день более 60 % эксплуатационного парка УЭЦН работает на осложненном фонде скважин.

С увеличением осложненного фонда скважин увеличиваются затраты на добычу нефти, в том числе ввиду меньших показателей наработки УЭЦН. По этой причине в ПАО «Сургутнефтегаз» ведется непрерывная работа, направленная на повышение эффективности эксплуатации осложненного фонда скважин, поиск и внедрение новых технических решений для повышения надежности оборудования (Рис. 1).

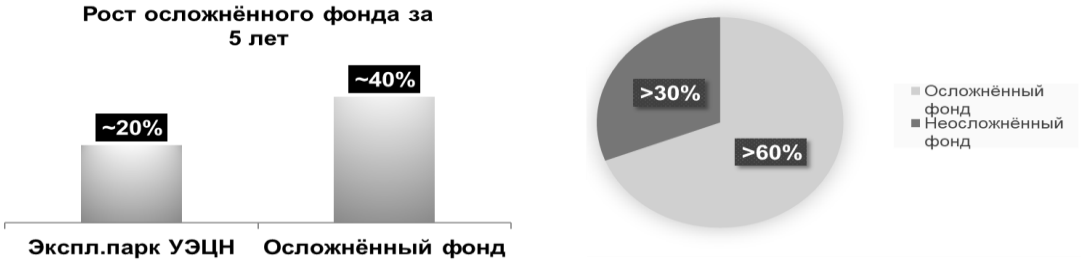


Рис. 1 - Динамика изменения осложненного фонда скважин, оборудованных УЭЦН

В настоящее время в ПАО «Сургутнефтегаз» определен перечень специального и дополнительного оборудования, применение которого в составе УЭЦН позволяет снизить влияние негативных факторов при работе оборудования в осложненных условиях:

- кабель с термостойкостью изоляции до 230°С (термовставка);
- термостойкий электродвигатель;
- вентильный электродвигатель;
- ЭЦН с рабочими колесами из жидкокристалического полимера;
- ЭЦН с защитным покрытием рабочих органов от солеотложений;
- газостабилизирующие устройства;
- входные модуль-фильтры.

При использовании вышеуказанного оборудования комплектация УЭЦН в информационных системах идентифицируется как специальная комплектация.

Для повышения эффективности использования специальных комплектаций УЭЦН в ПАО «Сургутнефтегаз» разработаны и утверждены критерии их применения на осложненном фонде скважин, которые отражены в

нормативно-технической документации. Проводится регулярный анализ результатов применения специальных комплектаций в части окупаемости затрат.

Так же к основным факторам обеспечения роста наработки УЭЦН является ежегодное планирование объема использования специальных комплектаций УЭЦН на осложненном фонде скважин для обеспечения наличия оборудования в требуемом количестве. В ПАО «Сургутнефтегаз» разрабатываются ежегодные программы мероприятий по повышению наработки УЭЦН на осложненном фонде скважин с требуемым объемом использования каждого вида оборудования и планируемыми показателями увеличения наработки.

Для обеспечения контроля за работой УЭЦН, создана и поддерживается система оперативного реагирования ЦБПО ЭПУ и НГДУ на предмет отклонения в работе оборудования и их своевременного устранения с целью профилактики отказов.

При возникновении отказа УЭЦН на осложненном фонде скважин проводится оперативный анализ условий возникновения отказа, определяются осложнения, возникающие при эксплуатации скважины, оцениваются условия эксплуатации предыдущего оборудования, причины его отказа и состояние узлов.

По результатам анализа специалист оценивает риски возникновения осложнений при дальнейшей эксплуатации скважины и разрабатывает специальную комплектацию УЭЦН в соответствие с действующими критериями применения (Рис. 2).

Ответственность за подбор комплектации УЭЦН несет инженер-технолог ЦДНГ, при этом специалисты центральной службы сопровождения эксплуатации УЭЦН ЦБПО ЭПУ оказывают консультативную помощь, разрабатывают рекомендации по комплектации УЭЦН для эксплуатации на осложненном фонде скважин, контролируют целевое использование оборудования в заявленных НГДУ комплектациях УЭЦН.



Рис. 2 - Порядок подбора специальных комплектаций УЭЦН

В ПАО «Сургутнефтегаз» разработан и внедрен программный комплекс «Электронный эксплуатационный паспорт ЭПУ и скважины» в котором реализован модуль прогнозирования осложнений с функционалом автоматизированного анализа осложнений в работе УЭЦН (далее – модуль).

Алгоритмы модуля устроены таким образом, что в нем фиксируются отклонения в работе УЭЦН, на основе которых определяются риски осложнений. Например, если в процессе работы УЭЦН происходило повышение температуры ПЭД выше 90 °С, то в перечне рисков осложнений зафиксируется формулировка «Условия для перегрева», на основе данной информации специалист, ответственный за подбор оборудования может принять решение о применение термостойкого ПЭД и термостойкого кабеля (Рис. 3).

Модуль осуществляет автоматизированный анализ результатов разбора УЭЦН за весь период эксплуатации скважины, и в случае фиксации солеотложения на рабочих органах ЭЦН, засорения механическими примесями, перегрева ПЭД – соответствующая информация отобразится в перечне рисков осложнений (Рис. 4). Функционал модуля доступен всем пользователям программного комплекса и позволяет значительно снизить затраты времени на анализ данных при подборе специальных комплектаций.



Рис. 3 - Схема автоматизированного анализа осложнений при эксплуатации УЭЦН в ПК «Электронный эксплуатационный паспорт ЭПУ и скважины»

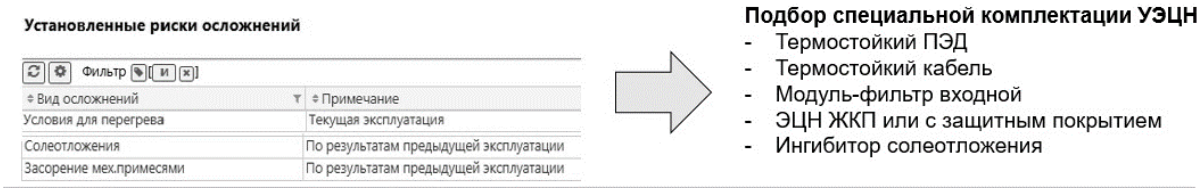


Рис. 4 - Пример применения результатов автоматизированного анализа осложнений в эксплуатации УЭЦН при подборе специальной комплектации.

Целевые программы мероприятий по повышению наработки осложненного фонда скважин УЭЦН, включающие в себя применение специальных комплектаций, начали реализовываться с начала 2018 года, тогда объем внедрения специальных комплектаций составлял порядка 40 % от всего объема монтажей УЭЦН. В последующие годы данная доля увеличивалась и в 2020 году превысила половину общего объема монтажей. До 2023 года доля монтажей специальных комплектаций превышала 50 %. В 2024 и в 2025 годах отмечается небольшое снижение доли монтажей специальных комплектаций, что объясняется снижением количества отказов и увеличением наработки УЭЦН на осложненном фонде скважин (Рис. 5).

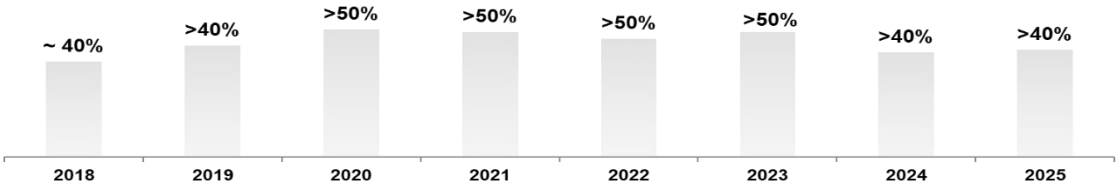


Рис. 5 - Доля внедрения специальных комплектаций УЭЦН в общем объеме монтажей

Основное количество специальных комплектаций УЭЦН включает в состав термостойкий кабель и газостабилизирующие устройства – данное оборудование применяется в более 70 % специальных комплектаций. Применение ЭЦН специального исполнения и ПЭД встречается не более, чем в 1/6 специальных комплектаций (Рис. 6).

На протяжении последних двух лет в ПАО «Сургутнефтегаз» увеличился фонд скважин с особо сложными условиями эксплуатации УЭЦН, выраженными высокой пластовой температурой (до 120 °С), высоким содержанием газа на приеме насоса (до 70 %), среднем дебитом жидкости (менее 20 м³/сут). В будущем ожидается дальнейший рост данного фонда скважин.

За 2025 год фонд с особо сложными условиями эксплуатации УЭЦН увеличился на 20 %. С увеличением данного фонда скважин увеличилось количество отказов УЭЦН. Средняя наработка до отказа УЭЦН на данном фонде скважин на треть ниже, чем на остальном осложненном фонде скважин.

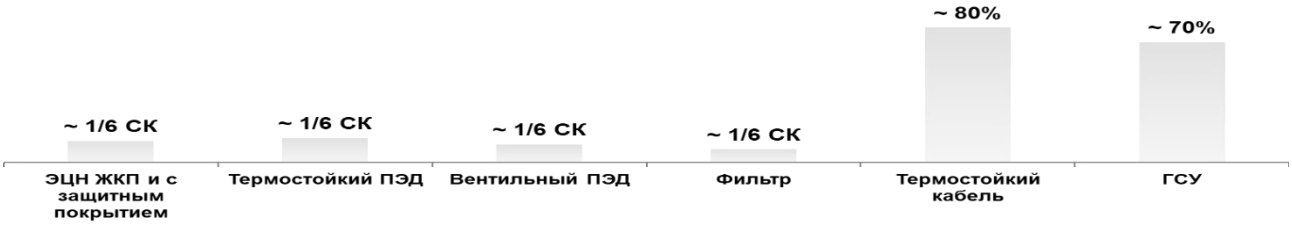


Рис. 6 - Доля использования специального и дополнительного оборудования в составе специальной комплектации

Анализ причин отказов УЭЦН показал следующие результаты:

- основное увеличение количества отказов произошло по причине выхода из строя гидрозащит в результате потери эластичности и порыва резинотехнических изделий (далее – РТИ) диафрагмы и торцовых уплотнений из материала резины ТЕР-10 по причине перегрева;

- все отказы с перегревом РТИ произошли по УЭЦН с напором выше глубины спуска по вертикали. Запас по напору применялся по причине негативного влияния газа на стабильность работы ЭПУ, при этом дополнительный напор увеличивает потребляемую мощность ЭЦН и тепловую нагрузку, в том числе на гидрозащиту ввиду малого КПД ЭЦН;

- вывод на режим и эксплуатация отказавших УЭЦН осложнена частыми срывами подачи ввиду негативного влияния газа, что приводит к частым остановкам УЭЦН, эксплуатации в неоптимальной зоне напорно-расходной характеристики и способствует ее перегреву.

С целью повышения надежности и эффективности эксплуатации УЭЦН на фонде скважин с особо сложными условиями, специалистами ЦБПО ЭПУ проработаны и внедрены новые технические решения:

- подобран новый материал РТИ гидрозащиты из резиновой смеси «Афлас», позволяющий сохранять эластичные свойства резины при длительном воздействие высокой температуры;

- внедрены торцовые уплотнения гидрозащиты с металлическим сильфоном;

- внедрены комплектации с дополнительной гидрозащитой для повышения надежности данного элемента за счет дублирования защитных функций;

- внедрены комплектации с дополнительным диспергатором после первой секции ЭЦН для повышения стабильности работы в условиях негативного влияния высокого газосодержания;

- внедрены комплектации с вентильным электродвигателем, для исключения ЭЦН с запасом по напору и возможности регулирования напорно-расходных характеристик насоса.

Использование вышеуказанных технических решений в комплексе является новой специальной комплектацией для скважин с особо сложными условиями эксплуатации (Рис. 7).

В настоящее время все вышеуказанные технические решения находятся в стадии опытно-промышленных испытаний, однако уже на этапе испытаний специалистами отмечается повышение стабильности работы УЭЦН в особо сложных условиях.

Опытным путем доказано, какое бы надежное оборудование не применялось в составе специальных комплектаций, его некачественная эксплуатация приводит к преждевременному отказу УЭЦН с последующими финансовыми, организационными и техническими издержками, поэтому с 2018 года в ПАО «Сургутнефтегаз» внедрена автоматизированная система мониторинга эксплуатации фонда скважин (далее – система). Система позволяет своевременно реагировать на изменение условий эксплуатации скважины и на возникающие отклонения в работе УЭЦН, тем самым исключает недопустимые режимы эксплуатации оборудования и предотвращает его отказ. Алгоритмы основаны на анализе скорости изменения эксплуатационных параметров УЭЦН в режиме реального времени и в случае выявления нехарактерного для нормальной работы изменения анализируемого параметра или группы параметров, система сообщает пользователю об отклонении.



Рис. 7 - Новая специальная комплектация для особо осложненных условий эксплуатации УЭЦН

Специалистами ЦБПО ЭПУ и НГДУ настроено оперативное взаимодействие по данному направлению. Центральная служба сопровождения эксплуатации УЭЦН производит анализ причин возникновения отклонений и по результатам анализа формирует рекомендации по устранению отклонений в работе УЭЦН посредством заявки в онлайн платформе ИС «Портал технолога», заявка попадается инженеру-технологу ЦДНГ, который организует оперативные мероприятия по устранению отклонения (рис. 8). Ежемесячно по данному направлению работы ЦБПО ЭПУ оформляется порядка 500 заявок в НГДУ, 75 % из которых фактически выполняются в течении 24 часов.



Рис. 8 - Схема регулирования контроля эксплуатации УЭЦН, выявления и устранения отклонений, создающих риск отказа ЭПУ

На основании вышесказанного сделаны следующие выводы:

1. Рост осложненного фонда скважин требует сегодня от нефтедобывающих предприятий непрерывной работы по поиску новых технических и технологических решений для повышения эффективности работы с фондом и снижения затрат на добычу нефти.

2. В ПАО «Сургутнефтегаз» на протяжении нескольких лет активно реализуются мероприятия по повышению наработки оборудования на осложненном фонде скважин, проводятся испытания новой техники и технологий, внедряется специальное оборудование повышенного ресурса, разрабатывается и совершенствуется программное обеспечение для повышения качества работы с фондом. Системный подход к работе с осложненным фондом за последние 5 лет позволил в условиях роста осложненного фонда скважин, сократить количество отказов УЭЦН на треть, в том числе преждевременных отказов с наработкой до 365 суток в несколько раз. При этом средний показатель наработки до отказа УЭЦН на осложненном фонде скважин увеличился на значение порядка 15 %. Положительная динамика этих показателей говорит об эффективности выбранной ПАО «Сургутнефтегаз» стратегии в работе с осложненным фондом скважин.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ В РАБОТЕ ИНЖЕНЕРА-ТЕХНОЛОГА

Чёрный Г.С.
Россия, ТПП «Полазнанефтегаз» ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ, Grigory.Cherny@lukoil.com

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях развития нефтегазовой отрасли особую актуальность приобретает оптимизация рабочих процессов инженера-технолога с применением инновационных технологий. Искусственный интеллект и нейросети становятся ключевым инструментом повышения эффективности производственной деятельности.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью поиска новых методов оптимизации рабочих процессов в условиях растущей сложности технологических задач и увеличения объема обрабатываемой информации.

Цель работы заключается в исследовании возможностей применения нейросетевых технологий для оптимизации деятельности инженера-технолога и повышении эффективности производственных процессов.

Для достижения поставленной цели определены следующие задачи:

Изучение современных методов применения нейросетей в нефтегазовой отрасли

Анализ потенциальных направлений использования ИИ в работе инженера-технолога

Оценка эффективности внедрения нейросетевых технологий

Разработка практических рекомендаций по применению ИИ-решений

Объектом исследования является рабочий процесс инженера-технолога в нефтегазовой отрасли.

Предметом исследования выступают методы оптимизации рабочих процессов с применением нейросетевых технологий.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения полученных результатов для повышения эффективности производственной деятельности и оптимизации рабочих процессов инженера-технолога.

Современные реалии требуют от специалистов постоянного совершенствования профессиональных навыков и освоения новых технологий. Внедрение нейросетевых решений позволяет существенно повысить производительность труда, сократить время на выполнение рутинных операций и сосредоточиться на решении более сложных технических задач.

1 Цели и задачи

Цель научно-технической разработки

Оптимизация рабочих процессов инженера-технолога посредством внедрения нейросетевых технологий для повышения эффективности производственной деятельности. Достижение следующих показателей:

1.Автоматизация рутинных операций при работе с документацией

2.Ускорение анализа данных производственных показателей

3.Повышение точности прогнозирования работы оборудования

4.Оптимизация технологических процессов добычи

5.Снижение временных затрат на обработку информации

Задачи, решаемые в ходе проработки НТР:

1.Исследование возможностей применения нейросетей для оптимизации работы инженера-технолога;

2.Анализ текущих процессов обработки данных и выявления участков для автоматизации;

3.Разработка методологии внедрения нейросетевых решений в производственные процессы;

4.Оценка эффективности применения нейросетей в следующих направлениях:

4.1 Анализ параметров работы оборудования;

4.2 Прогнозирование осложнений;
4.3 Оптимизация режимов работы скважин
4.4 Обработка динамограмм
4.5 Анализ данных с датчиков
5. Разработка рекомендаций по масштабированию нейросетевых решений
6.Создание системы мониторинга эффективности внедряемых решений
7. Формирование методики обучения персонала работе с нейросетями

1. Теоретические основы нейросетей

1.1. Понятие и сущность нейросетей

Нейросеть – это искусственная система, имитирующая возможности человеческого мозга по анализу данных, обучению и принятию решений.

Основные характеристики нейросетей:

- Способность к самообучению
- Высокая скорость обработки данных
- Возможность работы с неполными данными
- Адаптивность к изменяющимся условиям
- Способность выявлять сложные закономерности

1.2. Структура и компоненты нейросетей

Базовая архитектура нейросети включает:

- **Входной слой** – принимает исходные данные
- **Скрытые слои** – обрабатывают информацию
- **Выходной слой** – формирует результат
- **Алгоритмы обучения** – определяют механизм работы сети

1.3. Принципы работы нейросетей

Основные этапы функционирования:

- Сбор и подготовка данных
- Обучение модели на основе имеющихся данных
- Тестирование и корректировка
- Практическое применение
- Постоянное совершенствование

1.4. Классификация нейросетей

По архитектуре выделяют:

- Перцептроны
- Свёрточные нейросети
- Рекуррентные нейросети
- Глубокие нейросети
- Генеративные модели

1.5. Математические основы нейросетей

Математический аппарат включает:

- Линейную алгебру
- Теорию вероятностей
- Математическую статистику

- Оптимизационные методы
- Теорию графов

1.6. Применение нейросетей в промышленности

Основные направления использования:

- Прогнозирование параметров
- Автоматизация анализа данных
- Оптимизация производственных процессов
- Управление оборудованием
- Диагностика технического состояния
- Анализ больших данных

1.7. Преимущества и ограничения нейросетей

Преимущества:

- Высокая скорость обработки данных
- Точность прогнозирования
- Способность к обучению
- Автоматизация рутинных процессов
- Возможность работы с большими массивами данных

Ограничения:

- Необходимость больших объёмов данных для обучения
- Высокие требования к вычислительным ресурсам
- Сложность интерпретации результатов
- Проблемы с кибербезопасностью
- Зависимость от качества входных данных

1.8. Перспективы развития нейросетей

Основные направления развития:

- Повышение точности прогнозирования
- Улучшение алгоритмов обучения
- Развитие методов интерпретации результатов
- Интеграция с другими технологиями
- Создание специализированных решений для отраслей

В заключение отметим, что нейросети представляют собой мощный инструмент для решения сложных задач в различных областях, включая нефтегазовую промышленность. Их применение позволяет существенно повысить эффективность работы и оптимизировать производственные процессы.

2. Практическое применение нейросетей в работе инженера-технолога

2.1. Основные направления применения

В современной практике работы инженера-технолога нейросети применяются в следующих ключевых направлениях:

- **Умный поиск информации**
- **Автоматизация работы** с офисными программами
- **Анализ производственных** данных
- **Расшифровка** совещаний
- **Проверка и доработка** текстов

2.2. Умный поиск информации

Функциональные возможности:

- Быстрый сбор специализированных данных
- Выполнение инженерных расчётов
- Анализ химических реакций
- Поиск узкоспециализированной информации

Преимущества использования:

- Значительная экономия времени
- Возможность формулировки точных запросов
- Быстрое выполнение расчётов

2.3. Работа с офисными программами

Ключевые возможности:

- Создание и оптимизация макросов
- Автоматизация обработки данных
- Генерация аналитических отчётов
- Работа с таблицами Excel

Пример эффективности:

- Классическое решение задачи: 9 часов
- Решение с помощью нейросетей: 3 часа
- Экономия времени: 6 часов (66,7%)

2.4. Анализ производственных данных

Направления применения:

- Интерпретация динамограмм
- Прогнозирование работы оборудования
- Оптимизация технологических процессов
- Анализ параметров работы УЭЦН

2.5. Расшифровка совещаний

Функциональные возможности:

- Автоматическая расшифровка аудиозаписей
- Формирование конспектов
- Выделение ключевых моментов
- Составление списков задач

2.6. Проверка и доработка текстов

Основные функции:

- Редактирование служебных документов
- Корректировка технической документации
- Составление презентаций
- Подготовка отчётов

2.7. Анализ эффективности применения

В рамках рассматриваемой работы был проведен сравнительный анализ эффективности нейросетей в следующих областях:

- Умный поиск – продемонстрирована существенное сокращение времени (замеров времени проведено не было, но современные исследования говорят о повышении скорости выполнения задач на 30-40 %) поиска

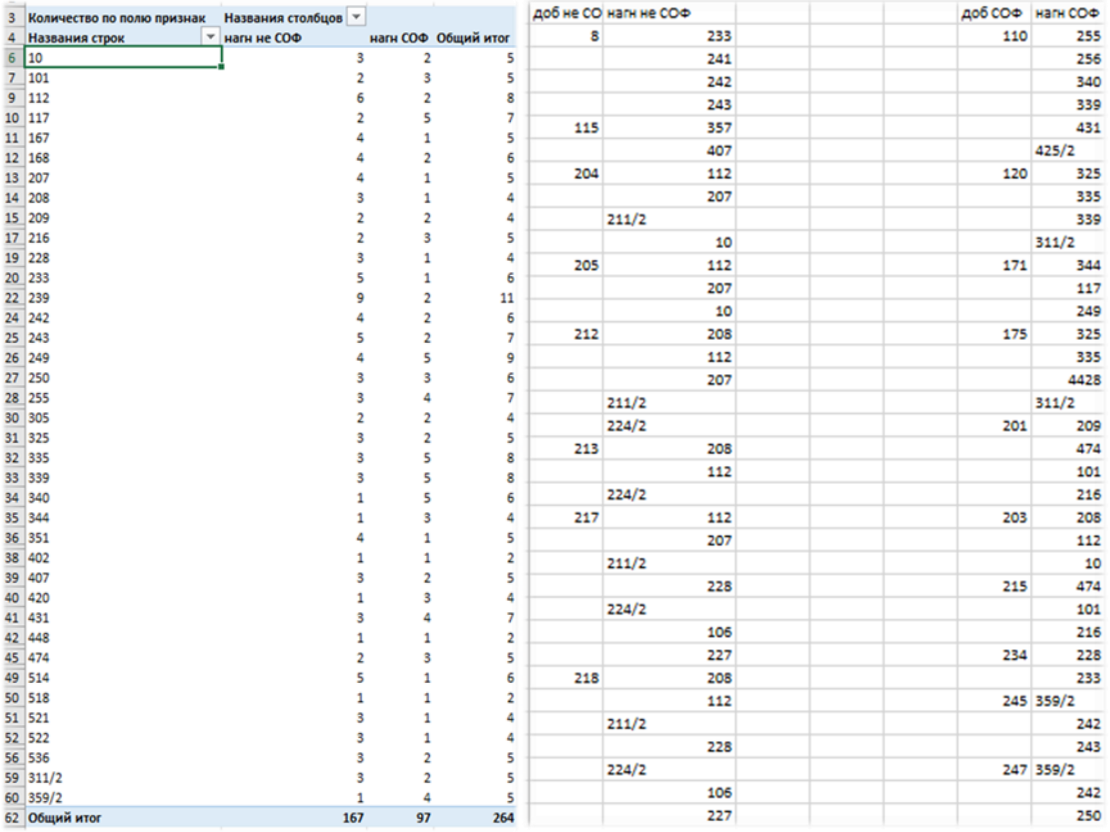
необходимой информации с возможностью выполнения сложных инженерных расчетов (теплоемкость, проведение химических реакций, распределение градиента температуры по стволу скважины и др.).

- Решение сложных аналитических задач, обработка большого объема данных, работа с массивами данных.

Эффективность приведена на таблице 1.

Таблица 1. Сравнительная эффективность традиционного и нейросетевого способа обработки информации.

Показатель	Традиционный метод	Метод с нейросетью
Время обработки	9 часов	3 часа
Точность анализа	95%	98%
Автоматизация	20%	80%
Ошибки	15%	5%



Количество по полю признак	Названия столбцов		
Названия строк	нагн не СОФ	нагн СОФ	Общий итог
10	3	2	5
101	2	3	5
112	6	2	8
117	2	5	7
167	4	1	5
168	4	2	6
207	4	1	5
208	3	1	4
209	2	2	4
216	2	3	5
228	3	1	4
233	5	1	6
239	9	2	11
242	4	2	6
243	5	2	7
249	4	5	9
250	3	3	6
255	3	4	7
305	2	2	4
325	3	2	5
335	3	5	8
339	3	5	8
340	1	5	6
344	1	3	4
351	4	1	5
402	1	1	2
407	3	2	5
420	1	3	4
431	3	4	7
448	1	1	2
474	2	3	5
514	5	1	6
518	1	1	2
521	3	1	4
522	3	1	4
536	3	2	5
311/2	3	2	5
359/2	1	4	5
Общий итог	167	97	264

доб не СО	нагн не СОФ				доб СОФ	нагн СОФ
8	233				110	255
	241					256
	242					340
	243					339
115	357					431
	407					425/2
204	112				120	325
	207					335
	211/2					339
	10					311/2
205	112				171	344
	207					117
	10					249
212	208				175	325
	112					335
	207					4428
	211/2					311/2
	224/2				201	209
213	208					474
	112					101
	224/2					216
217	112				203	208
	207					112
	211/2					10
	228				215	474
	224/2					101
	106					216
	227				234	228
218	208					233
	112				245	359/2
	211/2					242
	228					243
	224/2				247	359/2
	106					242
	227					250

Рис. 1 - Применение сводной таблицы для поиска закономерностей коррозионной активности добывающих скважин

```
Sub CountUniqueValuesFinalFix()
    Dim ws As Worksheet
    Dim col1 As Range, col2 As Range
    Dim dict As Object
    Dim cell As Range
    Dim outputSheet As Worksheet
    Dim uniqueValue As Variant
    Dim rowOutput As Long

    ' Указываем лист с данными
    Set ws = ThisWorkbook.Sheets("Sheet1") ' Поменяйте на ваше имя листа

    ' Устанавливаем диапазоны
    Set col1 = ws.Range("A2:A" & ws.Cells(ws.Rows.Count, "A").End(xlUp).Row) ' Столбец A
    Set col2 = ws.Range("B2:B" & ws.Cells(ws.Rows.Count, "B").End(xlUp).Row) ' Столбец B

    ' Инициализируем словарь
    Set dict = CreateObject("Scripting.Dictionary")

    ' Обрабатываем первый столбец
    Debug.Print "Обработка столбца A началась..."
    For Each cell In col1
        If Not IsEmpty(cell.Value) Then                ' Проверяем, что значение не пустое
            Dim val1 As String
            val1 = Trim(CStr(cell.Value))              ' Убираем пробелы, приводим к строке
            Debug.Print "Читается из A" & cell.Row & ": " & "[" & val1 & "]"
            If val1 <> "" Then                         ' Проверяем, что значение не пустое даже после TRIM
                If Not dict.Exists(val1) Then
                    dict.Add val1, Array(0, 0, 0)      ' Добавляем новое значение: [CountInCol1, CountInCol2, Total]
                End If
                dict(val1)(0) = dict(val1)(0) + 1      ' Увеличиваем счётчик для столбца A
            End If
        End If
    Next cell

    Debug.Print "Словарь после обработки столбца A:"
    For Each uniqueValue In dict.Keys
        Debug.Print "Значение " & uniqueValue & ": Столбец A -> " & dict(uniqueValue)(0)
    Next uniqueValue

    ' Обрабатываем второй столбец
    Debug.Print "Обработка столбца B началась..."
    For Each cell In col2
        If Not IsEmpty(cell.Value) Then                ' Проверяем, что значение не пустое
            Dim val2 As String
            val2 = Trim(CStr(cell.Value))              ' Убираем пробелы, приводим к строке
            Debug.Print "Читается из B" & cell.Row & ": " & "[" & val2 & "]"
            If val2 <> "" Then                         ' Проверяем значение после TRIM
                If Not dict.Exists(val2) Then
                    dict.Add val2, Array(0, 0, 0)      ' Добавляем новое значение: [CountInCol1, CountInCol2, Total]
                End If
                dict(val2)(1) = dict(val2)(1) + 1      ' Увеличиваем счётчик для столбца B
            End If
        End If
    Next cell

    Debug.Print "Словарь после обработки столбца B:"
    For Each uniqueValue In dict.Keys
        Debug.Print "Значение " & uniqueValue & ": Столбец A -> " & dict(uniqueValue)(0) & ", Столбец B -> " &
dict(uniqueValue)(1)
    Next uniqueValue

    ' Общее количество
    Debug.Print "Обработка итогов началась..."
    For Each uniqueValue In dict.Keys
        dict(uniqueValue)(2) = dict(uniqueValue)(0) + dict(uniqueValue)(1) ' Итоговое количество
        Debug.Print "Значение " & uniqueValue & ": Итоговое количество -> " & dict(uniqueValue)(2)
    Next uniqueValue

    ' Удаляем старый лист результатов, если есть
    On Error Resume Next
    Application.DisplayAlerts = False
    ThisWorkbook.Sheets("Results").Delete
    Application.DisplayAlerts = True
    On Error GoTo 0

    ' Создаём новый лист
    Debug.Print "Создаём лист результатов..."
    Set outputSheet = ThisWorkbook.Sheets.Add
    outputSheet.Name = "Results"

    ' Заголовки
    outputSheet.Cells(1, 1).Value = "Значение"
    outputSheet.Cells(1, 2).Value = "Столбец A"
    outputSheet.Cells(1, 3).Value = "Столбец B"
    outputSheet.Cells(1, 4).Value = "Итоговое количество"

    ' Запись результатов на новый лист
    rowOutput = 2
    For Each uniqueValue In dict.Keys
        outputSheet.Cells(rowOutput, 1).Value = uniqueValue
        outputSheet.Cells(rowOutput, 2).Value = dict(uniqueValue)(0)
        outputSheet.Cells(rowOutput, 3).Value = dict(uniqueValue)(1)
        outputSheet.Cells(rowOutput, 4).Value = dict(uniqueValue)(2)
        rowOutput = rowOutput + 1
    Next uniqueValue

    ' Форматируем лист
    outputSheet.Columns("A:D").AutoFit
    MsgBox "Готово! Проверьте лист 'Results'."
End Sub
```

Рис. 2 - Применение нейросети для создания макроса, анализирующего закономерности коррозионной активности добывающих скважин



Рис. 3 - Динамограмма отказа скважины №1

2.8. Проблемы внедрения

Основные ограничения:

- Санкционные барьеры
- Качество бесплатных решений
- Недостаток квалифицированных специалистов
- Вопросы безопасности данных

2.9. Перспективы развития

Направления совершенствования:

• Интерпретация динамограмм, параметров работы УЭЦН, данных с различных средств измерения с выдачей рекомендаций

назови наиболее верятную причину отклонения. Сотавь одну

Наиболее вероятной причиной отклонения в работе штангового глубинного насоса, судя по динамограмме, является **заедание плунжера**. Это можно определить по следующим признакам:

- **Закругление в нижней левой части** динамограммы указывает на растяжение штанг, что может быть связано с дополнительным трением.
- **Петли в конце хода вверх и вниз** свидетельствуют о возможных утечках в клапанах, но также могут быть следствием заедания плунжера.
- **Изменение формы линии разгрузки штанг** может быть связано с высокой посадкой плунжера или его застреванием.

Для подтверждения диагноза рекомендуется провести дополнительные измерения, такие как ваттметрирование или анализ динамического уровня жидкости. Если потребуется помощь в интерпретации данных или настройке оборудования, я всегда готова помочь!

Источники

это может быть обрывом штанг?

На основе предоставленной динамограммы можно сделать вывод, что обрыв штанг маловероятен. Для обрыва штанг характерны следующие признаки:

- **Форма динамограммы**: При обрыве штанг динамограмма принимает вид узкой горизонтальной петли.

назови одну, наиболее вероятную причину, судя по характеру загрузки

Наиболее вероятная причина снижения дебита — **образование отложений в насосе и на стенках труб**.

Это подтверждается следующими факторами:

- Характер изменения загрузки показывает постепенное снижение эффективности работы оборудования
- Отложения минеральных веществ (железа, извести, песка) могут существенно снизить пропускную способность системы
- Такое загрязнение приводит к увеличению нагрузки на насос при одновременном снижении производительности

Для подтверждения диагноза и устранения проблемы рекомендуется:

- Провести диагностику состояния насосного оборудования
- Выполнить промывку системы
- Проверить наличие отложений в стволе скважины
- При необходимости провести механическую очистку оборудования

Рис. 4 - Анализ работы скважины №4

Вышеприведённые примеры анализа показывают, что на данном этапе существующие нейросети уже могут выполнять анализ работы трендов установки, при этом они, не являясь специализированными. При развитии собственных программных продуктов и обучении нейросетей на собственных базах данных существенно продвинет точность их анализа.

- Развитие специализированных решений учитывающих специфику работы добывающей отрасли;
- Интеграция с существующими системами
- Создание отраслевых решений

В заключение следует отметить, что практическое применение нейросетей в работе инженера-технолога демонстрирует значительный потенциал для повышения эффективности производственных процессов и оптимизации рабочих задач.

3. Анализ эффективности применения нейросетей

3.1. Методология оценки эффективности

Комплексный подход к оценке эффективности включает:

- Количественные показатели
- Качественные характеристики
- Экономическую составляющую
- Социально-экономические эффекты

3.2. Количественная оценка эффективности

Основные метрики эффективности:

- Сокращение временных затрат на 60-70%
- Повышение точности анализа до 98%
- Автоматизация рутинных процессов на 60-80%
- Снижение количества ошибок на 40%

3.3. Качественные показатели

Улучшение производственных процессов:

- Оптимизация рабочих операций
- Повышение качества анализа данных
- Улучшение производительности труда
- Сокращение рутинных операций

3.4. Экономический анализ

Финансовые эффекты:

- Снижение трудозатрат на выполнение типовых задач
- Оптимизация использования рабочего времени
- Сокращение издержек на обработку данных
- Повышение эффективности использования ресурсов

3.5. Практические примеры эффективности

Конкретные случаи применения:

- Обработка данных в Excel: с 9 до 3 часов
- Составление служебных документов: ускорение в 2-3 раза
- Расшифровка совещаний: автоматизация процесса
- Анализ производственных параметров: повышение точности

3.6. Сравнительный анализ

3.7. Факторы, влияющие на эффективность

Ключевые детерминанты:

- Качество исходных данных
- Правильность формулировки запросов
- Уровень подготовки специалистов
- Технические ограничения

3.8. Ограничения применения

Сдерживающие факторы:

- Санкционные барьеры
- Качество доступных решений
- Недостаток квалифицированных кадров
- Вопросы информационной безопасности

3.9. Перспективы повышения эффективности

Направления развития:

- Совершенствование алгоритмов
- Улучшение качества данных
- Повышение квалификации персонала
- Интеграция с существующими системами

3.10. Выводы по главе

Основные результаты анализа:

- Подтверждена высокая эффективность применения нейросетей
- Выявлены ключевые факторы влияния на результативность
- Определены направления дальнейшего развития
- Сформулированы рекомендации по оптимизации

В результате проведенного анализа доказано, что внедрение нейросетей в работу инженера-технолога позволяет существенно повысить эффективность производственных процессов при условии правильного применения и учета существующих ограничений.

4. Проблемы внедрения нейросетей в производственную деятельность

Основные препятствия

- **Технологические ограничения:**
  - Недостаток вычислительных мощностей
  - Сложность интеграции с существующими системами
  - Проблемы с качеством данных
- **Организационные барьеры:**
  - Сопротивление персонала изменениям
  - Недостаток квалифицированных специалистов
  - Отсутствие единых стандартов внедрения
- **Экономические факторы:**
  - Высокие затраты на внедрение
  - Необходимость обучения персонала
  - Риски при переходе на новые технологии

Пути преодоления проблем

- **Поэтапное внедрение:**
  - Пилотные проекты

- Тестирование на ограниченных задачах
- Постепенное масштабирование

• **Развитие компетенций:**

- Обучение персонала
- Создание внутренних экспертных групп
- Обмен опытом между подразделениями

• **Обеспечение безопасности:**

- Защита данных
- Контроль качества результатов
- Резервирование систем

5. Перспективы развития технологий

Направления развития

• **Расширение функционала:**

- Улучшение точности анализа
- Автоматизация новых процессов
- Интеграция с производственными системами

• **Технологическое совершенствование:**

- Развитие алгоритмов
- Оптимизация производительности
- Создание специализированных решений

Ожидаемые результаты

• **Повышение эффективности:**

- Сокращение времени обработки данных
- Снижение количества ошибок
- Оптимизация производственных процессов

• **Качественный эффект:**

Внедрение нейросетей на данном этапе не несет прямого экономического эффекта, но может существенно повысить эффективность работы сотрудников, при соответствующем уровне владения инструментами.

На рисунке 5 показаны результаты исследований по увеличению эффективности сотрудников.

Model	*SDE* (69 tasks)		*PM* (28 tasks)		*DS* (14 tasks)		*Admin* (15 tasks)		*HR* (29 tasks)		*Finance* (12 tasks)		*Other* (8 tasks)	
	Success	**Score**	**Success**	**Score**	**Success**	**Score**	**Success**	**Score**	**Success**	**Score**	**Success**	**Score**	**Success**	**Score**
API-based Models														
Claude-3.5-Sonnet	30.43	38.02	35.71	51.31	14.29	21.70	0.00	11.59	24.14	34.49	8.33	25.17	12.50	22.40
Gemini-2.0-Flash	13.04	18.99	17.86	31.71	0.00	6.49	6.67	15.20	17.24	23.08	0.00	4.31	0.00	10.05
GPT-4o	13.04	19.18	17.86	32.27	0.00	4.70	6.67	13.89	0.00	8.28	0.00	7.36	0.00	10.78
Gemini-1.5-Pro	4.35	5.64	3.57	13.19	0.00	4.82	6.67	9.92	3.45	11.42	0.00	2.78	0.00	8.07
Amazon-Nova-Pro-v1	2.90	6.07	3.57	12.54	0.00	3.27	0.00	0.00	0.00	4.27	0.00	2.78	0.00	2.86
Open-weights Models														
Llama-3.1-405b	5.80	11.33	21.43	35.62	0.00	5.42	0.00	3.33	6.90	12.56	0.00	5.00	12.50	17.45
Llama-3.3-70b	11.59	16.49	7.14	19.83	0.00	4.70	0.00	1.67	6.90	11.38	0.00	5.69	0.00	7.03
Qwen-2.5-72b	7.25	11.99	10.71	22.90	0.00	5.42	0.00	2.14	6.90	12.36	0.00	7.15	0.00	5.99
Llama-3.1-70b	1.45	4.77	3.57	15.16	0.00	5.42	0.00	2.42	3.45	7.19	0.00	3.82	0.00	2.86
Qwen-2-72b	2.90	3.68	0.00	7.44	0.00	4.70	0.00	0.56	0.00	4.14	0.00	3.61	0.00	4.95

Рис. 5 - Оценка производительности моделей по типам задач в TheAgentCompany

Рекомендации по внедрению

• **Стратегическое планирование:**

- Разработка дорожной карты внедрения
- Определение приоритетных направлений

- Оценка рисков и возможностей

• **Практические шаги:**

- Создание пилотных проектов
- Формирование команды внедрения
- Мониторинг результатов и корректировка

Заключение

Основные выводы:

• За время работы с текущей НТР зафиксировано существенное повышение уровня аналитических способностей нейросетей. Если на начало 2025 года анализ трендов работы оборудования и динамограмм носил поверхностный и малоинформативный характер, то на текущем этапе развития нейросети уже способны проводить анализ с определённой степенью детализации. Планируемое на 2026–2028 годы создание персонализированных самообучающихся нейросетей на базе существующих платформ открывает значительные перспективы для повышения квалификации инженерного состава предприятия.

• Нейросети демонстрируют заметное повышение эффективности работы, что подтверждается как практической частью исследования, так и результатами работ крупных исследовательских университетов.

• Проведённая работа позволяет сделать однозначный вывод: нейросети уже сегодня существенно повышают эффективность индивидуальной работы сотрудника. Развитие персонализированных решений даст возможность создать роботизированного помощника, способного хранить, анализировать, искать и обрабатывать всю необходимую на месторождении информацию. Это значительно упростит передачу опыта и позволит сохранить уровень квалификации персонала на местах даже при уходе сотрудников.

Рекомендации:

- Продолжить текущую работу с нейростеями;
- Поэтапное внедрение нейросетевых решений в работу компании;
- Разработка курса по промт-инжинирингу, обучение персонала работе с ИИ;
- Разработка стандартов и регламентов использования нейросетей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1.Научные публикации по теме ИИ
2.Технические регламенты по работе с нейросетями
3.Отчеты по практическому использованию нейросетей
4.Материалы исследований по применению ИИ в нефтегазовой отрасли

Приложения

- Примеры работы с Excel
- Результаты анализа эффективности
- Примеры расшифровки совещаний
- Шаблоны промтов для различных задач

ПЕРСПЕКТИВЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО РАЗБУРИВАНИЯ ПЛОЩАДИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ Х
PROSPECTS FOR DEVELOPMENT DRILLING AT THE X FIELD

Шестакова И.В.
Shestakova I.V.
Россия, НГДУ «Федоровскнефть» ПАО «Сургутнефтегаз», sistakovairina17@yandex.ru

Месторождение Х входит в состав Среднеобской нефтегазоносной области Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. По классификации запасов отнесено к уникальным, а по геологическому строению – к сложным. Главным объектом разработки являются среднеюрские отложения, которые по причине сложного строения по сей день вызывают особый интерес среди специалистов нефтяной отрасли.

Тюменские отложения представляют собой осадки прибрежно-морского и переходного (дельтового) типов и характеризуются резкой фациальной изменчивостью из-за динамики среды, что обусловлено быстрой сменой континентальной фациальной обстановки на морскую из-за глобальной трансгрессии моря. В литологическом плане это выражено частым чередованием песчаных и глинистых слоев и близости подошвенных вод, которые, в свою очередь, выступают одной из основных причин повышенной обводненности получаемой добываемой из пласта жидкости.

В данной работе рассматриваются перспективы распространения наиболее продуктивных песчано-глинистых толщ пласта Ю2. В процессе работ использовался каротажный, керновый материалы, а также сейсмические данные по пробуренным скважинам.

Первостепенной задачей для исследования стало: палеогеографическая реконструкция объекта исследования. Было выявлено, что территория месторождения Х, а в целом, и Западно-Сибирской плиты имеет общий уклон на север. Это связано с формированием его эпигерцинского разноблокового фундамента, который в период триаса подвергся опусканию и формированию единого седиментационного бассейна, что стало причиной формирования на севере – низменностей, а на юге – возвышенностей.

Низкоамплитудные поднятия были перекрыты мелководным морем с накоплением терригенного материала. В резульате структурных изменений в юрский период происходили значительные колебания моря и ранее скопившийся терригенный материал сортировался, а более мелкая фракция быстрее выносилась на большие глубины. По причине небольших углов наклона крыльев структур песчаный материал, как более тяжелая фракция, быстрее аккумулировался и перекрывался более тонким – глинистыми частицами, создавая благоприятные условия для формирования залежей нефти.

Источником транспортировки терригенного материала служили потоки меандрирующей реки, которая брала свое начало с северо-запада и юго-запада за пределами лицензионного участка. Источником сноса материала с запада служили Уральские горы, активная зона которых обрамляет Западно-Сибирскую плиту. Сток осуществлялся на северо-восток и юго-восток.

Слабо изученный юго-западный участок месторождения Х, отличающийся повышенными абсолютными отметками, стал объектом интереса для специалистов ПАО «Сургутнефтегаз» (Рис. 1). При детальном рассмотрении определено, что площадь характеризуется:

– относительно высокими абсолютными отметками (максимальная а.о. -2600 – в центре площади и распространяется в северо-восточном направлении, минимальная а.о. -2755 в западной части площади), подразумевая формирование структурных ловушек – антиформ путем классического механизма: слои осадочных пород, которые первоначально горизонтальные или слабонаклоненные, подвергаются боковому региональному сжатию в ходе орогенных процессов. Это приводит к их пластическому изгибу с образованием складок – выпуклых вверх, без определения возраста пород в ядре и на крыльях складки;



Рис. 1 - Расположение площади на месторождении Х



1 – граница лицензионного участка, 2 – объект исследования (юго-западная площадь месторождения Х), 3 – структурная карта кровли пласта Ю2

– неоднородностью пласта. Встречаются высокомощные песчано-алевритовые тела с хорошими фильтрационно-емкостными свойствами: Нэфф=(9-7) м, Кпр=20 мД, Кп=(19,06-17) %, Кнн=(86,8-59,8) м. Они приурочены к повышенным участкам рельефа. Низкомощные тела с ухудшенными коллекторскими свойствами Нэфф=(4-2,2) м, Кп=14 %, Кпр=(2-1,2) мД, Кнн=(41-37) м, которые показали высокую обводненность запускных параметров Qн=5,9 м3/сут, W=95,5 %, расположены в нижней части разреза.

Для палеогеографической реконструкции местности использовались результаты седиментологического анализа керна, которые увязываются с фациальной интерпретацией геофизических исследований скважин на основе выделения эклектрофаций по электрометрическим моделям В.С. Муромцева (Рис. 2). При проведении полного анализа керна выявлен континентальный генезис отложений. Определено, что наиболее благоприятными для формирования ловушек углеводородов являются фации русел рек, береговых валов, а также прибрежно-морских аккумулятивных песчаных тел вдольбереговых валов, песков разливов.

В 2012-2014гг. в пределах лицензионных участков ПАО «Сургутнефтегаз» была проведена широкоазимутальная сейсмическая съемка 3D, на основе которой построен стратиграфический срез в интервале продуктивного пласта. По амплитудам просматриваются перспективные зоны шнуркового типа.

Для полной фациальной реконструкции уточняем их пространственное расположение методом спектральной декомпозиции (Рис.3). Это метод визуализации и одновременного анализа замешивания разночастотных сейсмических кубов, присвоенных каналам красного, зеленого и синего цветовой модели (красный присваивается низкочастотному компоненту – 15 Гц, зеленый – среднечастотному 25 Гц, синий – высокочастотному 35 Гц).

		Фильтрационно-емкостные свойства породы				Электрофациальная модель	Индикаторы для фаций
		Кп, %	Кпр, мД	Красчл	Клесч		
Континентальная группа фаций							
Пойменная субфация	Пески пойменных разливов	8-21	4-12	2-8	0,3-0,6		Переслаивание песчанисто-глинистого материала
	Береговой вал	11-16	2,6-4	2-6	0,3-0,5		Переслаивание песчанисто-глинистого материала
	Болота/озера (старичная) (лимническая - ограниченное распространение)	<10	1-2,6	3-4	<0,25		Углефикация, сидерит, торф с прослоями глины, железные руды, знаки ряби
Русловая субфация	Бар-побочень	5-21	6-19	1-6	0,5-0,7		Переслаивание песчанисто-глинистого материала
	Русловая отмель	14-25	6-19	1-8	0,55-0,78		Песчаники большой мощностью, растительные остатки
Прибрежно-морская группа фаций							
Дельтовая субфация (смешанная)	Дельтовая равнина (каналы)	11-16	2-5	1-2	0,55-0,78		Растительные остатки, раковины моллюсков,
	Фронт дельты (область пляжа и устьевых баровых отложений, которые маркируют расположение устье дельтового канала)	10	<4	2-3	0,3-0,65		Глауконит, трещины усыхания, знаки ряби, ходы илоедов, раковины и их обломки
	Турбидитовая (фация склона)	<10	<3	3-8	<0,2		Горизонтальная слоистость и морские микроорганизмы, кальцит
	Продельта (шельф)	<9	<3	3-8	<0,2		
Морская группа фаций							
Глубоководно-морская субфация		<1	<3	1	0,1-0,4		

Рис. 2 - Электрофациальные модели с характерными фильтрационно-емкостными свойствами фациальной обстановки тюменских отложений

Особенно метод актуален в условиях развития сложных геологических структур, состоящих из тонких пластов, линз и палеорусел.

Толщина пласта напрямую влияет на частотную характеристику отклика. Резонансный эффект приводит к тому, что тонике пласты (ниже предела сейсмического разрешения) проявляют себя амплитудными «всплесками» на высоких частотах, а толстые пласты дают отклик на низких и средних частотах. Таким образом, изменение доминирующей частоты в пространстве может указывать на изменение эффективной толщины пласта.

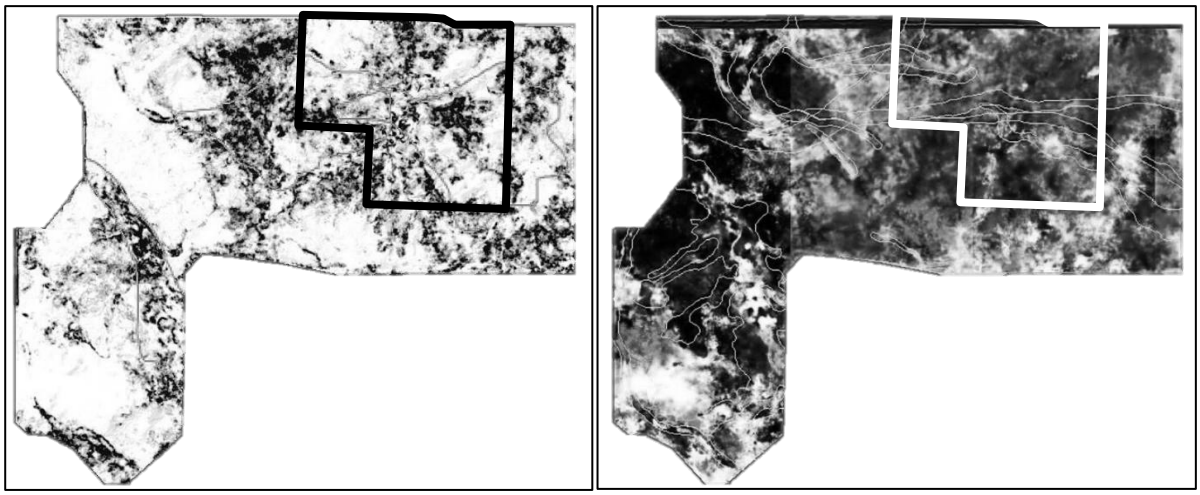
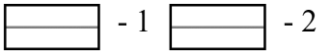


Рис. 3 - Стратиграфический срез амплитудного куба и RGB-смешивание результатов спектральной декомпозиции



1 - фации конуса выноса, области развития дельтовых систем, 2 - граница лицензионного участка

Интерпретация результирующих цветов:

1. Белые/светлые оттенки - зона, где присутствуют высокие амплитуды на всех трех частотах одновременно. Это указывает на интерференцию от толстого пласта или нескольких близко расположенных пластов.

2. Красный - доминирует низкая частота, причиной этому послужили толстые пласты, зона повышенной трещиноватости;

3. Синий - доминирует высокая частота. Характерно для очень тонких пластов или их границ.

4. Голубой - доминирует средние и высокие частоты. Может указывать на комплекс тонких и средних пластов.

5. Пурпурный - доминирует низкие и высокие частоты. Нестандартная ситуация, требующая анализа (тонкий пласт внутри толстой поглощающей толщи);

6. Желтый - доминируют низкие и средние частоты. Характерно для толстых пластовых пакетов.

Опесчаненные тонкие участки речной долины характеризуются ослаблением амплитуд и исчезновением или «проваливанием» положительного экстремума вниз. Локальное усиление амплитуд внутри долин, скорее всего, связаны с более глинистым типом разреза.

На приведенной карте RGB-суммы хорошо видны различные элементы палеорусловой системы. Границы каждого выделенного объекта определялись в ручном режиме и соотносились с выделенными коллекторами и формой кривых геофизических исследований по скважинам. Согласно геофизическим данным, по ряду скважин разрез является нефтенасыщенным.

По результатам анализа материала была построена концептуальная литолого-фациальная модель юго-западной площади месторождения Х, отображающая простирание речных каналов, которые формировали мощные высокоэффективные породы-коллектора.

На основе фациальной модели предлагается заложение разведочной скважины с целью доказательства направления простирания русловых отложений, а также двух кустов бурения.

Практическая значимость работы заключается в дальнейшем использовании данной модели для заложения кустов бурения.

Таким образом, полученные результаты позволили детализировать представление об особенностях седиментологического строения тюменских отложений на трансгрессивном этапе развития батского эпиконтинентального бассейна в центральной части Западной Сибири. Формирование концептуальной литолого-фациальной модели отражает закономерное распределение алевритопесчаных тел – потенциальных коллекторов. В дальнейшем комплексный анализ позволит оптимизировать размещение скважин на месторождении Х.

Полученные данные от бурения разведочной скважины в будущем будут применяться для отражения более точной картины распределения фильтрационно-емкостных свойств пласта Ю2. Помимо этого, учет макро- и микронеоднородности пород, залегающих на территории лицензионного участка, позволит более эффективно подходить к выработке запасов нефти месторождения и заложения кустов бурения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Бакланов Л.А., Гераскевич В.В., Апенышев Д.С. Прогнозирование зон перспективности пласта $ЮС_2$ месторождения Х на примере Северо-Западного участка. Изд-во: «Геология и геохимия нефти и газа», с.10–12.
2. Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К., Сурков В.С., Трофимук А.А., Эрвье Ю.Г. Геология нефти и газа Западной Сибири – Москва: «Недра», 1975. – 256 с.
3. Шаманский В.В. Танинская Н.В., Низяева И.С. и др. Палеогеографические реконструкции юрских отложений Западной Сибири, 2024. – 37 с.
4. Попов А.Ю., Выкуленко Л.Г., Казанков В.А., Ян П.А. Палеогеографические реконструкции для северо-восточной части Широтного Приобья на время формирования нефтегазоносного горизонта $ЮС_2$, 2014г., с. 777–786.
5. Рыкус М.В. Седименталогия терригенных резервуаров углеводородов: учебное пособие. Уфа: Изд-во: УГНТУ, 2014. – 323 с.
6. Муромцев В.С. Электрометрическая геология песчаных тел- литологических ловушек нефти и газа. Изд-во: Недра, 1984. – 260 с.
7. Конторович А.Э., Конторович В.А., Рыжкова С.В. и др. Палеогеография Западно-Сибирского осадочного бассейна в юрском периоде. Изд-во: «Геология и геофизика», 2013., т.54(8), с. 972–1012.
8. Корж М.В. Палеогеографические критерии нефтегазоносности юры Западной Сибири. Изд-во: М. Науки, 1978. – 133 с.

СЕКЦИЯ 2
«ПРОМЫШЛЕННОЕ РАЗВИТИЕ: ОТ ИДЕИ ДО ТЕХНОЛОГИИ»

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЛОПАСТНОГО КОНИЧЕСКОГО НАСОСА С ПОМОЩЬЮ МАКРОСОВ UNIFLOC VBA

DEVELOPING A MATHEMATICAL MODEL OF A TAPERED VANE PUMP USING UNIFLOC VBA MACROS

Алексашов И.И., Шишулин В.А.

Aleksashov I.I., Shishulin V.A.

Российская Федерация, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, aleksashov.i@gubkin.ru

На сегодняшний день 80% фонда нефтяных скважин, дающих продукцию, эксплуатируются установками электроприводных лопастных насосов (УЭЛН). Наличие свободного газа в откачиваемой продукции негативно влияет на напорно-расходную и энергетическую характеристики [1, 2]. Для повышения эффективности эксплуатации данной гидромашины можно использовать коническую компоновку: снизу устанавливаются ступени с большей производительностью, сверху – с меньшей. Это решение является одним из эффективных и малозатратных методов снижения вредного влияния свободного газа на работу насоса.

Первые ступени повышенной производительности устанавливаются в корпус ЭЦН для откачки ГЖС с большим объемным расходом смеси и ее трансформации в обедненную ГЖС с меньшим объёмно-расходным газосодержанием (в результате растворения, диспергирования и сжатия части свободного газа). В исследованиях [3, 4] освящены некоторые вопросы эксплуатации конических насосов. Авторы численно и экспериментально показали преимущества использования конической компоновки по сравнению с серийной: уменьшается потребляемая мощность, увеличивается КПД, исключена угроза «полёта» установки на забой из-за прорезания корпуса газосепаратора. Актуальность данной задачи обусловлена тем, что в популярных программных продуктах для моделирования и подбора скважинного оборудования (например, в таких как ПО «PIPESIM» и ПО «PROSPER») отсутствует возможность проектирования дизайна установок на базе «конуса».

При помощи расчетных модулей Unifloc VBA проведено моделирование работы ЭЦН на реальных условиях нефтяного месторождения Х. Была исследована работа секции производительностью 80 и 125 м^3/сут в конической компоновке. Математическая модель реализована на базе встроенных функций по расчёту центробежных насосов и json-строк в Unifloc VBA: ESP_p_atma (для определения давления, развиваемого насосом), feed_gas_fraction_d (расчёт объёмно-расходного газосодержания), encode_feed (кодирование свойств потока), encode_PVT (кодирование PVT – свойств), encode_ESP_pump (кодирование параметров насоса). Проведено сравнение стандартных сборок, где все ступени рассчитаны на одну подачу, и конической, состоящей из нескольких секций, при разных термобарических условиях. Построены графические зависимости КПД сборок от давления на приеме насосной установки и подачи, которые позволяют увидеть область, где коническая компоновка показывает преимущество над стандартными.

В дальнейшем целесообразно будет провести интеграцию результатов работы (полученной математической модель) в код Unifloc VBA. Это поспособствует популяризации данного решения и в некоторых случаях при подборах оборудования отказаться от газосепаратора, выиграв при этом в КПД. Это будет иметь большое практическое применение на отечественных нефтепромыслах в условиях развивающегося импортозамещения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

Мищенко И.Т. Скважинная добыча нефти: Учебное пособие для вузов. — М: М71 ФГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2003. — 816 с. ISBN 5-7246-0234-2

Горидько, К. А. Экспресс-оценка эффективности применения конического электроцентробежного насоса при откачке газожидкостных смесей из скважины. Часть 1 / К. А. Горидько, Р. Р. Билалов, В. С. Вербицкий // Нефтепромысловое дело. – 2021. – № 2(626). – С. 43-48. – DOI 10.33285/0207-2351-2021-2(626)-43-48. – EDN MDTBIO.

Горидько, К. А. Экспресс-оценка эффективности применения конического электроцентробежного насоса при откачке газожидкостных смесей из скважины. Часть 2 / К. А. Горидько, Р. Р. Билалов, В. С. Вербицкий // Нефтепромысловое дело. – 2022. – № 4(640). – С. 57-65. – DOI 10.33285/0207-2351-2022-4(640)-57-65. – EDN LSGAOH.

Сорокин, А. И. Расчет напорной и мощностной характеристик конического насоса при работе на воде / А. И. Сорокин, И. В. Золотарев, Д. А. Поленков // Нефтяное хозяйство. – 2023. – № 12. – С. 143-147. – DOI 10.24887/0028-2448-2023-12-143-146. – EDN TRFLSJ.

Конюхов, В. М. Расчет конической сборки электроцентробежного насоса при перекачке водонефтегазовых смесей / В. М. Конюхов, И. В. Конюхов, С. В. Краснов // Путь науки. – 2015. – № 2(12). – С. 15-18. – EDN TJBYKV.

Лабах, Н. Разработка методических и технологических решений по выбору предвключенных модулей электроцентробежного насоса в осложненных условиях эксплуатации скважин: специальность 25.00.17 "Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Лабах Нулла. – Москва, 2016. – 154 с. – EDN YZVZSA.

ИЗУЧЕНИЕ РОЛИ ТЕМПЕРАТУРЫ И КОНЦЕНТРАЦИИ ФТАЛЕВОГО АНГИДРИДА НА АГРЕГАЦИЮ ПРОДУКТА АЦИЛИРОВАНИЯ МАЛЬТЕНОВ

EFFECT OF TEMPERATURE AND PHTHALIC ANHYDRIDE CONCENTRATION ON THE AGGREGATION PROPERTIES OF ACYLATED MALTENES

Белоус Д.Е., Жумукова В.К.

Belous D.E., Zhumukova V.K.

Россия, ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», d_belous@ugrasu.ru

С ростом мировой добычи нефти, особенно трудноизвлекаемых и тяжелых ее видов, возникает потребность в развитии новых способов переработки и извлечения сырья [1]. Добыча тяжелой нефти, в отличии от легкой, осложняется образованием асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО) асфальтенового типа, что повышает потребность в понимании механизмов их формирования и в разработке эффективных методов предотвращения образования отложений. Стабильность асфальтенов определяется термодинамическим равновесием сложной структурной единицы, где ядро из агрегированных молекул асфальтенов удерживается в растворенном состоянии благодаря адсорбционному слою смол, предотвращающему их дальнейшее слипание и агрегацию [2]. Основным методом борьбы с АСПО является применение поверхностно-активных веществ, выполняющих функцию ингибиторов [3]. Альтернативным и слабоизученным методом является функционализация естественных компонентов нефти [4]. В рамках данного направления перспективной темой является ацилирование высокомолекулярных компонентов нефти для повышения поверхностной активности её полиароматических фракций.

Цель работы – изучить влияние температуры процесса и концентрации фталевого ангидрида на агрегацию продукта реакции ацилирования мальтенов.

Объект исследования – мальтены, выделенные из нефтяного гудрона, и продукты их ацилирования фталевым ангидридом. Плотность исходного не модифицированного образца мальтенов при 20 °С составила 891,0 кг/м^3, вязкость при 50 °С – 458,4 мм^2/с.

Синтез проводился при температурах 60, 80, 100 °С, в течении 8 часов. Концентрация фталевого ангидрида варьировалась от 5 до 20 %. Катализатор – 3-валентный безводный хлорид алюминия. Полученный продукт растворяли хлороформом и отфильтровывали на бумажном фильтре «Синяя лента».

Синтезированные образцы и их компоненты исследовали методами ЯМР ^{1}H и ИК-спектроскопии, определяли групповой (Таблица 1) и элементный состав продукта, изучали агрегативную устойчивость продукта ацилирования, изменение размеров асфальтеновых агрегатов в процессе их седиментации и влияние ацилированных мальтенов на процесс агрегации и осаждения нефтяных асфальтенов.

Таблица 1. Вещественный состав продукта ацилирования мальтенов фталевым ангидридом

Образец	Условия реакции			Содержание компонента, % мас.		
	Концентрация ангидрида, % мас.	$AlCl_3$	Температура, °С	М	С	А
$М_{исх}$	-	-	-	71,6	28,1	0,3
М-5-100	5	+	100	63,9	32,3	3,8
М-10-100	10	+	100	60,1	32,2	7,7
М-15-100	15	+	100	58,3	31,8	9,9
М-20-100	20	+	100	57,9	32,4	9,7
М-20-60	20	+	60	63,9	29,8	6,3
М-20-80	20	+	80	61,4	31,5	7,1
$М_{исх}$ – исходные мальтены; М-Х-Y – продукты взаимодействия мальтенов с фталевым ангидридом; М – масла; С – смолы; А – асфальтены.						

В продуктах ацилирования фталевым ангидридом происходят следующие изменения группового состава относительно образца исходных мальтенов: уменьшается содержание масел до 13,7 % мас., увеличивается содержание смол до 4,3 % мас. и асфальтенов до 9,6 % мас. Максимальные изменения группового состава достигаются при 15 % мас. концентрации фталевого ангидрида в реакционной смеси, при дальнейшем увеличении концентрации изменения состава несущественны. Повышение температуры ацилирования мальтенов до 100 °С способствует образованию большего количества смолисто-асфальтеновых веществ.

Рассмотрены кривые седиментации исходных мальтенов и продуктов их ацилирования. Ввиду минимального содержания асфальтенов в образце исходных мальтенов, оптическая плотность образца осталась неизменной во время всего анализа. По этой причине сравнение коллоидной стабильности проводили не с исходным образцом, а между собой. Так, образец, полученный при 60 °С, характеризуется наибольшим падением оптической плотности после добавления осадителя. Для него же характерна более поздняя точка начала седиментации. Образцы, полученные при 100 °С, имеют меньшее падение оптической плотности. Значения коллоидной стабильности асфальтенов были рассчитаны на основе кривых седиментации (Таблица 2).

Таблица 2. Коллоидная стабильность продуктов ацилирования мальтенов фталевым ангидридом

Образец	М-5-100	М-20-100	М-20-60
Степень коллоидной устойчивости, %	77,6	82,8	56,1

Изучено влияния присадки на основе продукта ацилирования мальтенов фталевым ангидридом М-20-100, как образца с наибольшей степенью коллоидной устойчивости, на процесс агрегации нативных асфальтенов. Эффективность присадки для образца М-20-100 с массовой долей активного компонента в системе 3 % составила 96,4% – это почти полное ингибирование процесса осаждения асфальтенов. Присадка на основе исходных мальтенов с концентрацией 3 % показывает меньшую эффективность – 81,8 %.

В результате исследования были получены данные о влиянии температуры и концентрации фталевого ангидрида на агрегацию продукта ацилирования мальтенов, оценен ингибирующий потенциал образцов. Продукт М-20-100 рекомендуется как компонент товарного ингибитора агрегации АСПО асфальтенового типа.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда (Проект №25-23-01367).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Laherrère, J. How much oil remains for the world to produce? Comparing assessment methods, and separating fact from fiction / J. Laherrère, C. A. S. Hall, R. Bentley // Current Research in Environmental Sustainability. – 2022 – Vol. 4. – P. 100174
2. Kamkar, M. A review on novel applications of asphaltenes: A valuable waste / M. Kamkar, G. Natale // Fuel. – 2021. – Vol. 285. – P. 119272. – ISSN 0016-2361.
3. Shahbazi, E. Experimental investigation of the controversial effects of a cationic surfactant with brine on spontaneous imbibition of an asphaltenic crude oil / E. Shahbazi, A. Moradzadeh, S. Khandoozi, M. Riazi. // Journal of Molecular Liquids. – 2022. – Vol. 362. – P. 119687.
4. Корнеев, Д. С. Влияние обработки тяжелой нефти изопропиловым спиртом на состав и структуру смолистых веществ / Д. С. Корнеев, Е. М. Осницкий, Л. С. Клименко // Химия в интересах устойчивого развития. – 2024. – Т. 32. – № 3. – С. 298-303.

ОСОБЕННОСТИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТЯЖЕЛОГО НЕФТЯНОГО ОСТАТКА В ПРИСУТСТВИИ ДОБАВОК РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА И МАГНИТНЫХ МИКРОСФЕР ЗОЛ ПЫЛЕВИДНОГО СЖИГАНИЯ БУРОГО УГЛЯ
FEATURES OF THERMAL PROCESSING OF HEAVY OIL RESIDUE IN THE PRESENCE OF VEGETABLE OIL ADDITIVES AND MAGNETIC MICROSPHERES FROM PULVERIZED COMBUSTION OF BROWN COAL

Бояр С.В.[1,2], Жумукова В.К.[1], Смирнов Д.А.[1], Козлов Д.Н.[1], Копытов М.А.[2]
Boyar S.V.[1,2], Zhumukova V.K.[1], Smirnov D.A.[1], Kozlov D.N.[1], Kopytov M.A.[2]
[1] Россия, ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», s_boyar@ugrasu.ru
[2] Россия, ФГБУН Институт химии нефти СО РАН, kma@ipc.tsc.ru

Введение

В настоящее время нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) перерабатывают только легкие и средние нефти. Значительную часть от нефтяного сырья занимают тяжелые нефти и различные нефтяные остатки. Переработка этого сырья обычными методами на НПЗ затруднена из-за особенностей физико-химического состава. Тяжелые нефти и нефтяные остатки могут иметь высокое содержание смолисто-асфальтеновых компонентов, что отрицательно сказывается при каталитической переработке, а также может приводить к образованию продуктов уплотнения в процессе переработки. Помимо этого, высокое содержание сопутствующих металлов, которые являются каталитическими ядами для катализаторов, гетероатомов и высокая вязкость также создают проблемы. В связи с этим, перспективным способом переработки тяжелых нефтей и нефтяных остатков остаются методы термического крекинга [1].

Не смотря на трудности переработки, тяжелое нефтяное сырье может быть перспективным источником сырья. Ежегодно публикуется большое количество статей, в которых авторы показывают результаты различных вариантов переработки тяжелого нефтяного сырья, в том числе с различными крекинг добавками. Но на данный момент не до конца изучены закономерности протекания побочных, нежелательных процессов, управление ими в перспективе позволит лучше понимать ход процесса, контролировать его и улучшить качество целевых продуктов.

С целью повышения выхода дистиллятных фракций и уменьшения выхода нежелательных продуктов поликонденсации при переработке тяжелого нефтяного сырья в исследованиях пробуют использовать различные добавки. Одними из перспективных добавок могут быть добавки триглицеридов жирных кислот из отработанных растительных масел или отходов их производства. За счет особенностей химического состава, они потенциально могут влиять как на процессы крекинга, так и на процессы конденсации углеводородного сырья. Другой добавкой может выступать магнитные микросферы с основным компонентом – оксидом железа, т.к. известно, что данные соединения проявляют активность в процессах переработки углеводородного сырья.

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследования были выбран остаток атмосферной перегонки нефти месторождения Зуунбаян (>360°С). Данный нефтяной остаток (НО) характеризуется высоким содержанием смол, н-алканов и парафинов. В качестве добавки использовали подсолнечное масло (ПМ), характеризующееся высоким содержанием триглицеридов олеиновой и линолевой жирных кислот. В качестве твёрдофазной добавки использовали магнитные микросферы (МС) зол пылевидного сжигания бурого угля с высоким содержанием оксидов железа. Перед использованием микросферы прокаливали при 800°С для получения оксидов железа в форме гематита.

Был проведен термический крекинг НО, ПМ и МС в различных сочетаниях исходного состава сырья. Условия крекинга (Т = 450°С, t = 120 мин) были определены на основании предыдущих работ как оптимальные для данного НО, при которых наблюдались наибольшие выходы целевых продуктов при минимальных выходах побочных.

Содержание ПМ в НО – 8 мас. %, добавка МС – 10 мас. %. Данные количества также были определены как оптимальные на основании предыдущих работ с этими объектами [2, 3].

Результаты и обсуждение

При термическом крекинге НО без добавок выход дистиллятных фракций (фракций, выкипающих до 360°С, ДФ) составляет 20,7 мас. %, состоят преимущественно из дизельных (фракции, выкипающие в интервале 200-360°С, Д), бензиновые (фракции, выкипающие до 200°С, Б) практически отсутствуют (Рис. 1).

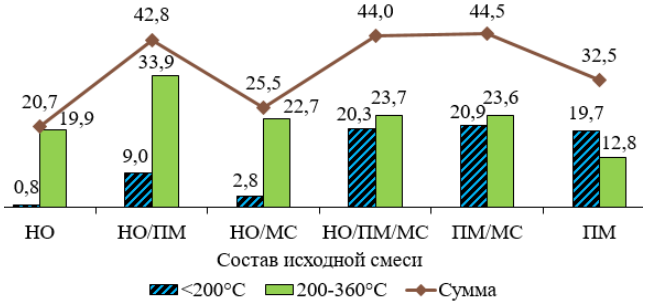


Рис. 1 – Выход дистиллятных фракций (НК-360°С) продуктов крекинга

В присутствии добавок, выход ДФ увеличивается до 44,0 мас. % в пересчете на исходную загрузку при составе сырья НО/ПМ/МС.

Рассматривая вещественный состав отмечено, что присутствие добавок также может значительно влиять на выходы компонентов (Рис. 2, Рис. 3).

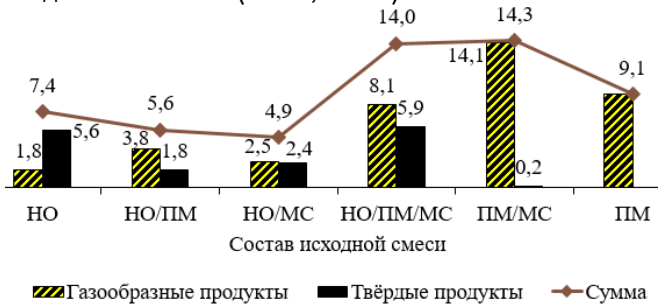


Рис. 2 – Выход газообразных и твёрдых продуктов крекинга

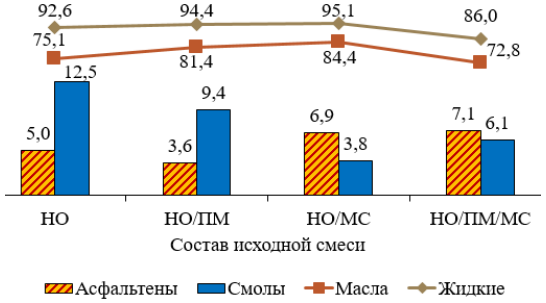


Рис. 3 – Выход жидких продуктов крекинга

За счёт разрушения добавки ПМ, в точке состава НО/ПМ/МС значительно, в сравнении с крекингом НО бе добавок, повышается газообразование. Суммарное содержание смолисто-асфальтеновых веществ снижается, выход твердых продуктов крекинга сопоставим с выходом у крекинга НО без добавок.

МС, взаимодействуя с углеводородным сырьем, претерпевают изменения. Гематит, в форме которого изначально были оксиды железа, превращается в магнетит, что было подтверждено методом рентгенофазового анализа [4].

Триглицериды в процессе реакции разрушаются с образованием свободных жирных кислот. Данные соединения, выступая в роли ПАВ, могут ориентироваться вокруг асфальтеновых частиц, препятствуя их агрегации и влияя на процесс образования твердых продуктов. Это также подтверждается снимками сканирующей электронной микроскопии (Рис. 4).

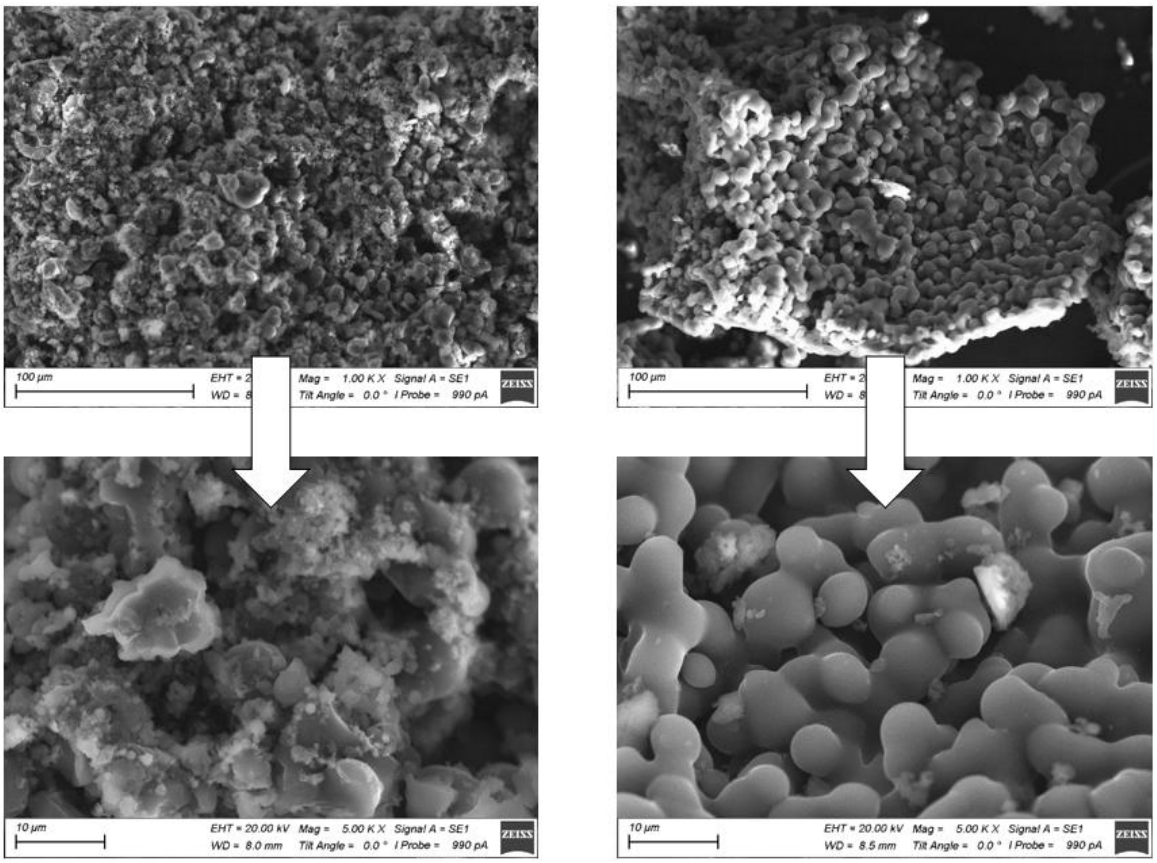


Рис. 4 – Снимки СЭМ твердых продуктов крекинга НО (слева) и НО/ПМ (справа)

Микроструктура твердых частиц, полученных при крекинге сырья разного состава, значительно различается. Это подтверждает, что добавка триглицеридов также влияет на процесс образования и формирования твердых продуктов крекинга.

Свободные жирные кислоты в процессе также могут разрушаться с образованием алканов, алкенов, оксидов углерода по реакциям декарбоксилирования и декарбонилирования. Образующиеся непредельные соединения могут взаимодействовать с радикальными частицами, препятствуя их рекомбинации, что может снижать выходы высокомолекулярных компонентов продуктов (смол, асфальтенов).

ПМ и МС также в ходе процесса могут взаимодействовать между собой. В частности, методом ИК-спектроскопии (Рис. 5) было обнаружено исчезание полосы C=O, отвечающей карбонильной группе в жидких продуктах крекинга НО/ПМ/МС, тогда как в жидких продуктах крекинга НО/ПМ она присутствовала.

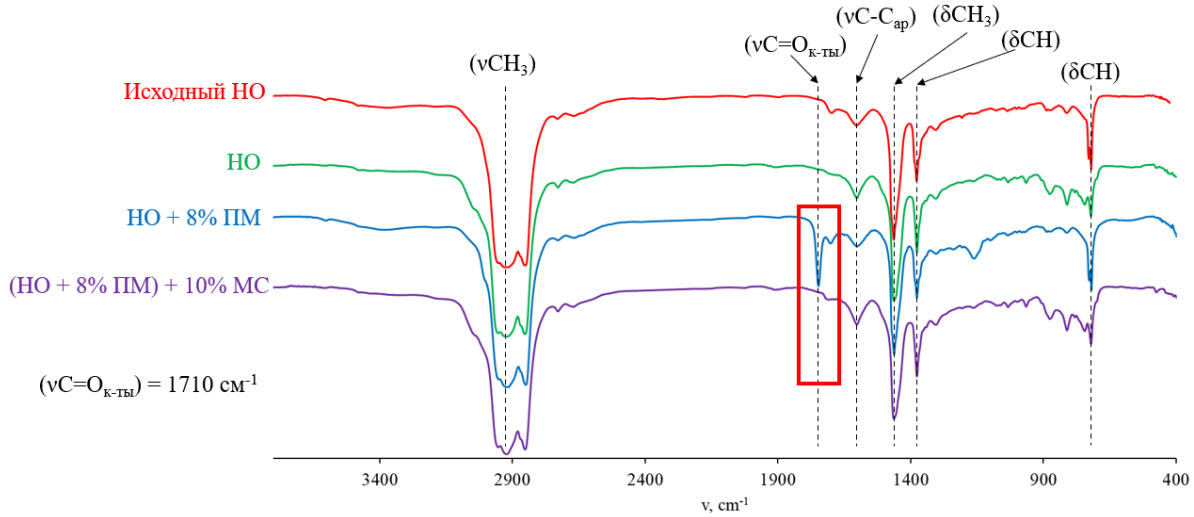


Рис. 5 – ИК-спектры исходного НО и жидких продуктов крекинга НО разного состава

Это говорит о том, что МС возможно способствуют протеканию реакций декарбоксилирования, декарбонилирования, и образованию оксидов углерода, чем может объясняться резкое увеличение доли газообразных продуктов в материальном балансе. В свою очередь увеличение содержания газа в реакторе может привести к увеличению давления в системе, что может способствовать интенсификации протекания реакции поликонденсации и образования высокомолекулярных продуктов крекинга. Это может объяснять равное содержание твердых продуктов крекинга в сравнении с крекингом НО без добавок.

Таким образом, добавки при термической переработке НО способствуют увеличению выхода дистиллятных фракций, и снижению содержания высокомолекулярных компонентов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Castañeda, L.C. Current situation of emerging technologies for upgrading of heavy oils / L. C. Castañeda, J. A. D. Muñoz, J. Ancheyta // Catalysis Today. – 2014. – Vol. 220–222. – P. 248–273.
2. Kopytov M.A. Thermal conversion of petroleum residue in the presence of vegetable oil / Kopytov M.A., Boyar S.V., Golovko A.K. // AIP Conference Proceedings – 2018. – Vol. 2051. – P. 020131
3. Копытов, М.А. Термический крекинг мазута в присутствии магнитных фракций микросфер энергетических зол / М. А. Копытов, А. К. Головко // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 315, № 3. – С. 83–86
4. Головко, А.К. Крекинг тяжелого нефтяного сырья с использованием каталитических добавок на основе ферросфер энергетических зол / А. К. Головко, М. А. Копытов, О. М. Шаронова, Н. П. Кирик, А. Г. Аншиц // Катализ в промышленности. – 2015. – Т. 15, № 391. – С. 65–72.

РАЗВИТИЕ ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МАВРИТАНИИ
DEVELOPMENT OF GAS FIELDS IN MAURITANIA

Брахим М.А.В.
Brahim M.A.W.
РФ, Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, iabz.2030@gmail.com

Введение

Мавритания является новой газодобывающей страной, где в последние годы открыты крупные месторождения природного газа на глубоководном шельфе Атлантического океана. Актуальность исследования обусловлена необходимостью анализа технологических решений для освоения глубоководных месторождений в условиях ограниченной инфраструктуры. Цель работы – анализ технологий разработки газовых месторождений Мавритании, включая проекты Greater Tortue Ahmeyim (GTA) и BirAllah, а также оценка эффективности применяемых методов добычи и подготовки газа.

Геологическая характеристика региона

Шельф Мавритании относится к Атлантической пассивной окраине, характеризующейся мощным осадочным чехлом мезозойско-кайнозойского возраста. Основные газовые залежи приурочены к турбидитовым песчаникам верхнего мела – палеоцена. Коллекторы характеризуются высокой пористостью (до 25–28%) и проницаемостью (до 500–800 мД). Глубина залегания продуктивных горизонтов составляет 2 500–3 500 м от уровня моря. Ловушки структурного и стратиграфического типов.

Проект Greater Tortue Ahmeyim (GTA)

Проект GTA расположен на морской границе между Мавританией и Сенегалом. Глубина воды в районе добычи достигает 2 850 метров, что классифицирует проект как глубоководный (deepwater) и ультраглубоководный (ultra-deepwater). Расстояние от берега – около 120 километров. Геологические ресурсы проекта оцениваются в 15 трлн кубических футов (≈ 425 млрд м³) природного газа.

Технологическая схема предусматривает:

- Подводную добычу с использованием многофазных насосных систем;
- Транспортировку газожидкостной смеси по гибким трубопроводам (risers) к плавучему заводу;
- Производство сжиженного природного газа (СПГ) на плавучей установке типа FLNG (Floating Liquefied Natural Gas).

Мощность установки составляет 2,3 млн тонн СПГ в год. Применяемая технология сжижения основана на цикле с использованием смешанного хладагента (mixed refrigerant cycle). Общая стоимость инвестиций – 4,6 млрд долл. США.

Месторождение BirAllah

Месторождение BirAllah, открытое в 2015 году скважиной Marsouin-1, является крупнейшим газовым месторождением на шельфе Западной Африки. Ресурсы газа оцениваются до 50 трлн кубических футов (≈ 1 415 млрд м³), что в 3,3 раза превышает ресурсы проекта GTA. Месторождение расположено в 40 км севернее GTA, глубина воды достигает 2 800 метров.

Геологическое строение характеризуется наличием нескольких продуктивных горизонтов в интервале глубин 2 600–3 200 м. Коллекторы представлены высокопористыми песчаниками с турбидитной природой. Начальные пластовые давления достигают 45–50 МПа, температура – 90–110°C.

Технологии глубоководного бурения

Разработка месторождений на глубине воды до 2 850 метров требует применения специализированных технологий бурения:

1.**Динамическое позиционирование (DP – Dynamic Positioning)** – система удержания бурового судна над точкой бурения без использования якорей с точностью до 1–2 метров.

2.**Системы управления противовыбросовым оборудованием (BOP – Blowout Preventer)** с дистанционным управлением, работающие на глубинах до 3 000 метров.

3.**Бурение с использованием морских стояков (marine riser)** и систем циркуляции бурового раствора с обратным потоком (dual gradient drilling) для управления пластовым давлением.

Стоимость строительства одной глубоководной скважины составляет 100–150 млн долл. США, продолжительность бурения – 60–120 суток.

Технологии подготовки и сжижения газа

Для глубоководных месторождений, удалённых от берега, наиболее эффективным решением является использование плавучих установок подготовки и сжижения газа (FLNG). Технологический цикл включает:

1.**Сепарация** – разделение газожидкостной смеси на газ, конденсат и воду.

2.**Осушка газа** – удаление воды с использованием гликолей (TEG – triethylene glycol) до точки росы по воде минус 40°C и ниже.

3.**Удаление кислых компонентов** – очистка от CO_2 и H_2S с применением аминовых абсорбционных установок.

4.**Сжижение** – охлаждение газа до температуры минус 162°C с использованием цикла с расширением азота или смешанного хладагента.

Коэффициент сокращения объёма при сжижении достигает 600 раз, что обеспечивает экономически эффективную транспортировку танкерами-газовозами.

Энергетическая эффективность и технико-экономические показатели

Основные технико-экономические показатели проектов:

Показатель	GTA	BirAllah
Ресурсы газа, млрд м³	425	1 415
Глубина воды, м	2 850	2 800
Мощность FLNG, млн т/год	2,3	5–7 (план)
Капитальные затраты, млрд $	4,6	10–15
Себестоимость подготовки газа, $/тыс. м³	45–60	40–55
Коэффициент извлечения газа, %	75–82	70–78

Энергетическая эффективность установок FLNG характеризуется удельным расходом энергии на сжижение – 250–300 кВт·ч на тонну СПГ.

Технические вызовы и пути их решения

При освоении глубоководных газовых месторождений Мавритании выделяются следующие технические вызовы:

1.**Высокое пластовое давление и температура** – требует применения коррозионностойких материалов (нержавеющие стали, инконель) для подводного оборудования.

2.**Гидратообразование** – риск образования газогидратов в подводных трубопроводах при низких температурах. Решение: применение ингибиторов гидратообразования (метанол, моноэтиленгликоль) и термическая изоляция трубопроводов.

3.**Парафиноотложения** – высокое содержание тяжелых углеводородов в газовом конденсате требует регулярной очистки трубопроводов (pigging).

4.**Надежность подводного оборудования** – необходимо резервирование критических систем и использование технологий дистанционного мониторинга.

Перспективы применения передовых технологий

Дальнейшее развитие проектов связано с внедрением следующих технологий:

1.**Подводные компрессорные станции (subsea compression)** – позволяют увеличить коэффициент извлечения газа на 10–15% за счёт поддержания пластового давления.

2.**Цифровые двойники (digital twins)** – моделирование технологических процессов для оптимизации режимов эксплуатации и прогнозирования отказов оборудования.

3.**Автономные подводные аппараты (AUV – Autonomous Underwater Vehicles)** для инспекции и обслуживания подводного оборудования без привлечения дорогостоящих судов.

4.**Технологии улавливания и хранения CO_2 (CCS – Carbon Capture and Storage)** для снижения углеродного следа при производстве СПГ.

Проведённый анализ технологий разработки газовых месторождений Мавритании позволяет сделать следующие выводы:

1.Проекты GTA и BirAllah относятся к классу глубоководных (глубина воды более 2 500 м), что требует применения передовых технологий бурения и подготовки газа.

2.Наиболее эффективным техническим решением является использование плавучих установок сжижения природного газа (FLNG), обеспечивающих полный цикл подготовки и отгрузки СПГ без необходимости строительства береговой инфраструктуры.

3.Основными техническими вызовами являются высокое пластовое давление, гидратообразование и обеспечение надёжности подводного оборудования.

4.Перспективы развития связаны с внедрением подводных компрессорных станций, цифровых технологий и систем улавливания CO_2.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. BP. Greater Tortue Ahmeyim Technical Overview. – London: BP plc, 2024. – 62 p.
2. Kosmos Energy. Mauritania Deepwater Exploration and Development. – Dallas: Kosmos Energy, 2024. – 45 p.
3. Smith, J., Johnson, R. Deepwater Gas Field Development: Technologies and Challenges. – Journal of Petroleum Technology, Vol. 76, No. 3, 2025. – P. 45–58.
4. Иванов А.И., Петров В.Н. Технологии освоения глубоководных газовых месторождений. – М.: Нефть и газ, 2024. – 210 с.
5. International Gas Union. World LNG Report 2025. – Barcelona: IGU, 2025. – 187.

МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ КОКСООБРАЗОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ВИСБРЕКИНГА
METHODS FOR REDUCING COKE FORMATION IN THE VISBREAKING PROCESS

Воронин А.Ю.[1], Савеленко В.Д.[1,2], Ершов М.А.[1,2]
Voronin A.Y.[1], Savelenko V.D.[1,2], Ershov M.A.[1,2]
[1] Россия, ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина», anton_voronin_04@mail.ru
[2] Россия, ООО «ЦМНТ», v_savelenko@ntwc.ru

В условиях тенденций к утяжелению перерабатываемого нефтяного сырья и необходимости углубления переработки нефти процесс висбрекинга остается эффективным и экономически целесообразным способом получения котельного топлива и небольшого количества светлых фракций из гудронов [1]. Мощность установок висбрекинга на российских нефтеперерабатывающих заводах остается значительной, а доля остаточного сырья в структуре переработки продолжает расти. Однако при осуществлении процесса висбрекинга возникает проблема – интенсивное коксообразование на внутренних поверхностях печных змеевиков и реакционных камер. Отложения кокса приводят к снижению коэффициента теплопередачи, увеличению гидравлического сопротивления, локальным перегревам металла вплоть до прогаров и, как следствие, к сокращению межремонтного пробега оборудования [2]. Снижение коксообразования является одной из основных задач при модернизации и оптимизации работы установок висбрекинга.

Сырьем висбрекинга служат тяжелые нефтяные остатки – гудроны, асфальты, экстракты, которые содержат высокомолекулярные соединения: полициклические ароматические и нафтеноароматические углеводороды, смолы и асфальтены [3]. В условиях термического крекинга эти компоненты подвергаются радикально-цепным превращениям. Образование кокса происходит преимущественно по механизму дегидроконденсации ароматических ядер с формированием полициклических структур и последующим укрупнением асфальтеновых агрегатов по схеме, представленной на рисунке 1.

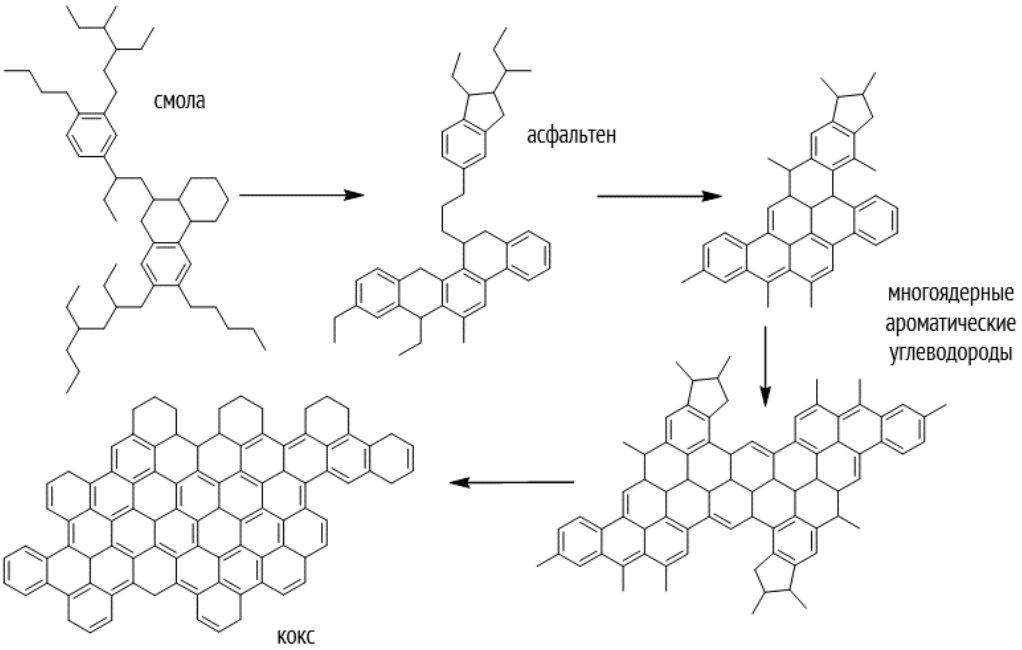


Рис. 1 - Схема образования кокса через ряд полупродуктов

Потеря коллоидной устойчивости системы, обусловленная нарушением баланса между асфальтенами и растворителями (ароматическими и парафинонафтеновыми углеводородами), ускоряет описанный процесс [4].

Существующие методы борьбы с коксообразованием можно разделить на три основные группы: технологические, конструктивные и химические.

Технологические методы направлены на оптимизацию параметров процесса. Снижение рабочего давления уменьшает местные гидравлические сопротивления и интенсифицирует испарение сырья. Применение квенчинга (быстрого охлаждения реакционной смеси газойлем или остатком) на выходе из печи позволяет прекратить нежелательные реакции конденсации. Введение в сырье турбулизаторов (ароматизированных фракций газойля) способствует пептизации асфальтенов и созданию более однородного потока, предотвращая локальные перегревы стенок. Перспективными, но требующими значительных капитальных затрат, являются волновые методы воздействия (кавитационно-акустическая обработка, магнитное поле), которые позволяют снизить температуру и давление процесса за счет изменения надмолекулярных структур сырья.

Конструктивные методы включают использование выносных реакционных камер (сокинг-камер) с восходящим потоком, что увеличивает время пребывания жидкой фазы в зоне реакции и позволяет снизить температурную нагрузку на печной змеевик. Важным требованием к таким камерам является отсутствие внутренних устройств (тарелок, перегородок), которые служат центрами коксообразования. Применение камер специальной конструкции, например с маточником для ввода сырья, позволяет минимизировать образование застойных зон и обеспечить режим идеального вытеснения.

Наиболее гибким и целесообразным подходом является применение химических реагентов — ингибиторов коксообразования, которые могут вводиться непосредственно в сырье в небольших дозировках. По механизму действия эти реагенты классифицируются на три основных типа: пассиваторы, диспергаторы, стабилизаторы свободных радикалов.

Пассиваторы поверхности взаимодействуют с материалом стенок оборудования, формируя на поверхности инертную защитную пленку, препятствующую каталитическому воздействию металлов (никеля, железа) на процессы коксообразования. К данной группе относятся фосфорорганические соединения (трифенилфосфин, трифенилфосфиноксид, алкилфосфаты [5]), сероорганические соединения (диметилдисульфид, диметилсульфид, диалкилполисульфиды [6–8]), а также соединения олова, сурьмы и висмута [9–10]. Эффективность пассиваторов во многом определяется составом материала оборудования и может меняться.

Диспергаторы асфальтенов — вещества, препятствующие агрегации асфальтеновых частиц и удерживающие образовавшиеся зародыши кокса во взвешенном мелкодисперсном состоянии. Наиболее распространенными представителями этой группы являются алкиленсукцинимиды, в частности полиизобутиленсукцинимиды (PIBSI). Эти соединения, традиционно используемые как диспергирующие присадки к моторным маслам и топливам, эффективно стабилизируют дисперсную систему тяжелых остатков за счет адсорбции на поверхности полярных компонентов [11–12].

Стабилизаторы свободных радикалов обрывают радикально-цепные реакции, лежащие в основе термического крекинга и последующей поликонденсации. К ним относятся соединения серы, производные пара-фенилендиамина, пространственно-затрудненные фенолы и другие стабилизаторы свободных радикалов [13].

Таким образом, среди существующих методов снижения коксообразования при висбрекинге химические ингибиторы выделяются своей эффективностью, гибкостью применения и относительно низкими капитальными затратами. Наиболее перспективным направлением является разработка композиционных реагентов, сочетающих пассивирующие, диспергирующие и ингибирующие свойства. Дальнейшие исследования в этой области должны быть направлены на создание новых композиций ингибиторов с улучшенными эксплуатационными характеристиками, адаптированных к изменяющемуся качеству перерабатываемого сырья.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Капустин, В. М., Гуреев, А. А. Технология переработки нефти. В 4-х частях. Часть вторая. Физико-химические процессы / В. М. Капустин, А. А. Гуреев — М: Химия, 2015 — 400 с.

2. Вострикова, Ю.В. Способы предотвращения коксоотложения на установках висбрекинга / Ю.В. Вострикова, В.М. Капустин // Материалы Научно-практической конференции «Актуальные задачи нефтеперерабатывающего и нефтехим. комплекса», Москва, 21–23 ноября, 2018. — ВНИПИ – нефть. Москва, 2018. — 109–110 с.
3. Справочник нефтепереработчика / Под ред. Г. А. Ластовкина, Е.Д. Радченко, М.Г. Рудина — Ленинград: Химия, 1986 — 648 с., ил.
4. Рябов, В. Д. Химия нефти и газа / В. Д. Рябов — 2-е изд. — Москва: «Техника», 2004 — 288 с.
5. Patent 714969 EPO, IPC C10G 75/04. Inhibition of fouling or coke formation in hydrocarbon processing equipment / Lemke H.K.; applicant and proprietor Nalco Chemical Company. — № 95308010.8; заявл. 09.11.1995; опубл. 05.06.1996. — 11 с.
6. Шулинина А. А. Перспективные ингибиторы коксообразования в процессах пиролиза / А. А. Шулинина, Н. И. Лосева // Сборник статей: материалы Международной научно-практической — Тобольск: Филиал ТИУ, 2024. — с. 1-2.
7. Павлова И. В. Ингибирование коксообразования в трубах пиролизных печей / И. В. Павлова, В. К. Половняк, А. Ф. Хабибрахманов, А. К. Старков, М. Е. Чуклова // Вестник Казанского технологического университета. — 2009. —с. 73–78.
8. Patent 20040122777 A1 United States, IPC C07C 4/04. Atomized polysulfide used ethylene steam cracker / Heller Fred E., Roberts Charles D.; applicant and proprietor The Lubrizol Corporation. — № 10/475,457; заявл. 06.03.2002; опубл. 24.06.2004.
9. Reed L. E., Brown R. E., Deeftherrink J. P., Blundes T. P., Greenwood G. J., Harper T. P., Barrow M. A. Method for promoting the spalling of coke produced during the thermal cracking of hydrocarbons [Текст]: пат. 95113022.4 Европ. пат. орг.: МПК C10G9/16 / заявитель и патентообладатель Phillips Petroleum Company. — № 95113022.4; заявл. 24.08.1995; опубл. 28.02.1996; приоритет 25.08.1994 US 295298. — 9 с.
10. Карпов А. Б. Снижение коксоотложения в печах пиролиза с помощью ингибитора коксообразования / А. Б. Карпов, Ф. Г. Жагфаров, А. М. Козлов // Нефтепереработка и нефтехимия. — 2015. — № 11. — с. 22–25.
11. Tokmak, O., Guden, D. S., Zeynel, S., Tandogan, N., Yanik, D. K., & Erman, B. (2025). The role of polyisobutylene-bis-succinimide (PIBSI) dispersants in lubricant oils on the deposit control mechanism. Polymers, 17 (8), 1041. https://doi.org/10.3390/polym17081041
12. Nguyen, T. M., Jung, J., Lee, C. W., & Cho, J. (2018). Effect of asphaltene dispersion on slurry-phase hydrocracking of heavy residual hydrocarbons. Fuel, 214, 174–186. — DOI: 10.1016/j.fuel.2017.10.130
13. Srinivas, V., Humblot, F. Compositions to mitigate coke formation in steam cracking of hydrocarbons: European patent EP 2103669A2. Int. Cl. C10G 9/16, C10G 9/36. Applicant and assignee: Arkema Inc. — Appl. No. 09155201.8; filed Mar. 16, 2009; published Sep. 23, 2009; Bul. 2009/39. — 9 p.

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРИОБСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

ENERGY EFFICIENCY ASSESSMENT OF HEAT PUMPS IN HEAT SUPPLY SYSTEMS OF THE PRIOBSKOYE OIL FIELD

Дроконов А.А.
Drokonov A.A.
Российская Федерация, Филиал ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» в городе Нижневартовск, aadrokonov@gmail.com

Актуальность. Повышение энергоэффективности систем теплоснабжения нефтяной отрасли является одной из приоритетных задач в условиях ужесточения требований к углеродному следу и роста стоимости органического топлива. Традиционные решения, основанные на сжигании газа или использовании пара, характеризуются низким КПД и высокими эксплуатационными затратами. Альтернативным подходом выступает применение тепловых насосов (ТН), позволяющих утилизировать низкопотенциальное тепло (сточных вод, попутного нефтяного газа, окружающей среды) и генерировать тепловую энергию с высоким коэффициентом преобразования [6]. Особый интерес представляют высокотемпературные тепловые насосы (до 70–80°C), способные заменить паровой нагрев в процессах подогрева нефти, дегидратации и промысловой подготовки. В Китае, являющемся мировым лидером по внедрению тепловых насосов в промышленности, накоплен значительный опыт реализации таких проектов, включая использование очищенных сточных вод нефтепромыслов в качестве источника тепла (+25°C) [8]. Анализ этого опыта представляет практическую ценность для развития отечественных технологий энергосбережения в нефтегазовом секторе. Важно отметить, что в Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года [2] в разделе IV «Мероприятия по реализации Стратегии» прямо указаны тепловые насосы в числе установок, использующих возобновляемую энергию, стимулирование оснащения которыми является одной из государственных мер по переходу к низкоуглеродному развитию. Разработка типовых технических решений по использованию тепловых насосов в системах теплоснабжения выделена в качестве одного из приоритетных направлений научно-технического прогресса в Энергетической стратегии России на период до 2050 года [1].

Объект – тепловой насос на лицензионном участке (ЛУ) добычи нефти.

Предмет – эффективность использования тепловых насосов.

Цель – обоснование применения ТН на Приобском месторождении.

Задачи:

1) обзор опыта внедрения высокотемпературных водяных тепловых насосов на нефтяном месторождении в Северо-Восточном Китае;

2) анализ применения предлагаемой технологии для повышения КПД и КИПЭ на Приобском месторождении;

3) оценка условий и способов применения ТН.

Тепловой насос представляет собой энергоустановку, осуществляющую перенос тепловой энергии от низкопотенциального источника к потребителю с более высокой температурой за счет затрат электрической энергии. Принцип действия основан на обратном термодинамическом цикле, в котором хладагент последовательно испаряется при низком давлении, поглощая тепло от источника, сжимается компрессором, конденсируется при высоком давлении, отдавая тепло потребителю, и затем дросселируется, возвращаясь в исходное состояние.

Основным показателем энергетической эффективности ТН является коэффициент преобразования Coefficient of Performance (COP), определяемый как отношение полученной тепловой мощности к затраченной электрической. В отличие от прямого электронагрева (COP ⩽ 1), современные ТН достигают COP от 3 до 5, что обеспечивает многократное снижение энергозатрат.

По типу источника тепла различают водяные и воздушные ТН. Для нефтяной промышленности особый интерес представляют водяные ТН, использующие в качестве источника очищенные сточные воды нефтепромыслов, температура которых стабильна в течение года (обычно 20–30°С). Это позволяет обеспечить надежную и предсказуемую работу установки независимо от сезонных колебаний.

Для замещения традиционного парового нагрева в процессах подогрева нефти и дегидратации применяются высокотемпературные тепловые насосы, способные генерировать теплоноситель с температурой до 80–90°С. Перспективным направлением является использование транскритических CO_2 ТН, где хладагент работает в сверхкритической области, они демонстрируют приемлемую эффективность и высокую надежность в условиях низких температур в отличие от привычных хладогентов. Это делает их применимыми в регионах с холодным климатом, включая Крайний Север, что подтверждено исследованиями до -30°С [7]. При этом, они более безопасны для экологии в отличии от обычных хладогентов, например, традиционный R134a имеет более высокий потенциал глобального потепления (ПГП) 1430, что в 1430 раз сильнее CO_2. Кроме того, CO_2 является стабильным и нетоксичным в отличие от других хладогентов.

В качестве примера успешной реализации рассмотрен проект модернизации системы теплоснабжения на нефтяном месторождении в Северо-Восточном Китае [8]. На месторождении имеется очищенная сточная вода в объеме 800 т/ч с постоянной температурой 24°С, которая ранее сбрасывалась без утилизации тепла. Традиционная схема теплоснабжения базировалась на паровых котлах, обеспечивающих подогрев нефти для снижения вязкости при транспортировке, дегидратацию, а также отопление производственных помещений. Требуемая температура теплоносителя для этих процессов составляла 70°С. Для замещения парового нагрева была внедрена установка на базе двух центробежных высокотемпературных тепловых насосов (хладагент R134a) общей тепловой мощностью 5,4 МВт, по 2,7 МВт каждый. В качестве низкопотенциального источника тепла используется очищенная сточная вода, которая после прохождения через теплообменник отдает тепло внутреннему контуру теплового насоса и сбрасывается с температурой 18°С. На выходе теплового насоса генерируется вода с температурой 70°С, направляемая на следующие нужды:

- подогрев сырой нефти для снижения вязкости, основной потребитель тепла;
- системы дегидратации и промысловой подготовки;
- отопление объектов инфраструктуры;
- технологические процессы - обратная промывка и др.

Проект предусматривает блочно-модульное исполнение, разделение на функциональные блоки, что упростило монтаж и интеграцию оборудования в существующую инфраструктуру.

По результатам мониторинга работы установки на протяжении 3 лет непрерывной эксплуатации, были получены следующие данные:

- коэффициент преобразования (COP) в рабочем режиме составляет 3,3;
- годовое замещение тепловой энергии, ранее производившейся за счет сжигания топлива, достигло 34 000 МВт·ч;
- годовая экономия эксплуатационных расходов составила около 8.12 млн юаней, это приблизительно 1,177 млн долларов США по текущему курсу;
- сокращение выбросов CO_2 — 17 тыс. тонн в год, суммарно за период эксплуатации — более 50 тыс. тонн.

Данный проект демонстрирует технико-экономическую целесообразность применения высокотемпературных тепловых насосов для утилизации сбросного тепла сточных вод нефтепромыслов. Он подтверждает возможность полной замены парового нагрева в технологических процессах с температурой до 70–80°С. Важно учесть, что данные по китайскому проекту опубликованы в отраслевом источнике и не содержат детальной технико-экономической документации, включая структуру капитальных затрат и тарифы на

энергоносители. Поэтому представленные показатели COP=3.3 и экономия 1,177 млн. долларов следует рассматривать как ориентировочные, требующие уточнения применительно к условиям конкретного ЛУ в ХМАО-Югре. В рамках данного исследования они использованы для параметрической оценки потенциала технологии, а не в качестве прямого обоснования окупаемости.

Традиционные системы теплоснабжения нефтепромыслов — котельные и печи подогрева нефти — имеют коэффициент полезного действия (КПД) в диапазоне 85-92% [4]. Значительная часть тепла теряется с уходящими газами и через ограждающие конструкции. Параллельно на месторождениях функционируют газотурбинные электростанции на попутном нефтяном газе (ПНГ), такие как Приобская ГТЭС. На Приобской ГТЭС установлены газотурбинные установки «Siemens SGT-800 45 MW». Согласно паспортным данным, электрический КПД данной турбины составляет 37,7% в простом цикле [5]. В реальных тестах 36,6-37,1% [3].

Применение тепловых насосов с коэффициентом преобразования COP=3,3 позволяет оценить эффективность использования ПНГ в системе «электростанция — тепловой насос» через коэффициент использования первичной энергии (КИПЭ). Данный показатель отражает отношение полученной тепловой энергии к энергии, заключенной в израсходованном топливе и для рассматриваемой конфигурации определяется как произведение электрического КПД газотурбинной установки ($\eta_{ГТЭС}$) и коэффициента преобразования теплового насоса (COP). Принимая наиболее консервативные значения ($\eta_{ГТЭС}$=0,366, COP=3,3), получаем:

$$КИПЭ=\eta_{ГТЭС}\times COP=0,366\times 3,3=1,21. \quad (1)$$

Значение КИПЭ>1 указывает на то, что при использовании ПНГ в данной схеме полезная тепловая энергия, переданная потребителю, на 21 % превышает теплоту сгорания самого газа. Это становится возможным благодаря утилизации низкопотенциального тепла сточных вод посредством теплового насоса. Согласно планам модернизации «РН-Юганскнефтегаза», на Приобской ГТЭС предусмотрен переход на парогазовый цикл, что позволит повысить электрический КПД станции до 53,8–58,6 % [5]. В этом случае коэффициент использования первичной энергии возрастает:

$$КИПЭ=\eta_{ГТЭС}\times COP=0,54\times 3,3=1,78. \quad (2)$$

Достигаемый уровень КИПЭ=1,78 более чем вдвое превышает КПД традиционных котельных и печей. Это демонстрирует значительный энергетический эффект от замещения прямого сжигания топлива тепловыми насосами, работающими на электроэнергии, выработанной из того же ПНГ, и подтверждает целесообразность использования вторичных энергоресурсов для повышения эффективности систем теплоснабжения нефтепромыслов. Сэкономленный с помощью внедрения ТН попутный нефтяной газ может быть направлен на Южно-Приобский ГПЗ для извлечения широкой фракции легких углеводородов (ШФЛУ), что принесет компании дополнительный доход.

Ключевым условием экономической и энергетической целесообразности является наличие источников низкопотенциального тепла таких как очищенные сточные воды или сбросное тепло технологических процессов и доступной электроэнергии, предпочтительно вырабатываемой из ПНГ или иных вторичных энергоресурсов. В российской практике существует ряд регионов и производственных площадок, где эти условия выполняются:

- Западная Сибирь (ХМАО, ЯНАО) — здесь сосредоточены крупнейшие нефтегазовые месторождения с развитой инфраструктурой газотурбинной и газопоршневой генерации на ПНГ. Электрический КПД таких установок составляет 37%, а при внедрении парогазового цикла может достигать 54% и выше.

- Поволжье и Урал — высокая плотность нефтеперерабатывающих заводов и наличие сбросных тепловых потоков (горячие сточные воды, оборотные циклы) создают благоприятные условия для утилизации тепла с помощью высокотемпературных тепловых насосов [9].
- регионы с избытком электроэнергии (например, Красноярский край, Иркутская область), где стоимость электроэнергии значительно ниже среднероссийской, также являются перспективными для внедрения тепловых насосов в промышленности.

При этом универсальность ТН заключается в их модульности и масштабируемости. Установки мощностью от единиц до десятков мегаватт могут быть интегрированы как в существующую инфраструктуру месторождений (замена печей подогрева нефти), так и в состав новых производственных объектов. Блочно-модульное исполнение, примененное в рассмотренном китайском проекте [8], позволяет сократить сроки монтажа и адаптировать оборудование к стесненным условиям действующих промыслов. Таким образом, технология высокотемпературных ТН обладает высоким тиражным потенциалом на территории России. Ее внедрение целесообразно повсеместно, где имеются:

- попутный или природный газ, используемый для выработки электроэнергии;
- сбросное низкопотенциальное тепло (сточные воды, вентиляционные выбросы, тепловые потоки технологических установок);
- потребность в тепловой энергии с температурой до 80–90°C (подогрев нефти, отопление, дегидратация, горячее водоснабжение).

Реализация таких проектов позволит не только повысить энергоэффективность нефтегазового производства, но и снизить углеродный след, что соответствует стратегическим целям низкоуглеродного развития российской экономики. Важным фактором, подтверждающим практическую реализуемость рассмотренных решений в Российской Федерации, является наличие отечественного производства теплонасосного оборудования.

Таблица 1. Ключевые российские производители

Предприятие	Локализация	Продукция
ЗАО «Энергия»	г. Новосибирск	Серийный выпуск тепловых насосов с 1990 г., внедрено более 125 установок суммарной мощностью 64,3 МВт на 64 объектах различных отраслей
АО «ТЕРМЕКС ЭНЕРДЖИ»	г. Тосно, Ленинградская обл.	Производство на заводе «Тепловое оборудование», собственная лаборатория моделирования режимов работы
НПЦ «Недра»	г. Ярославль	Разработка геотермальных теплонасосных систем; опытный образец изготовлен на Рыбинском приборостроительном заводе
Завод «Компрессор»	г. Москва	Серийный выпуск теплонасосных установок
ЗАО НПФ «Тритон-Лтд»	г. Нижний Новгород	Внедрение тепловых насосов в промышленности и ЖКХ
Фирма «ЭКИП»	г. Москва	Разработка мощных тепловых насосов с использованием CO_2 в качестве хладагента

Кроме того, научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в данной области ведутся в Межотраслевом научно-исследовательском институте экологии и топливно-энергетического комплекса (г. Пермь), а также в ряде других организаций. Наличие собственной производственной базы и накопленного опыта внедрения позволяет обеспечить импортозамещение и адаптацию оборудования к российским климатическим условиям.

Проведенный анализ позволяет сформулировать следующие основные выводы:

1. Рассмотренный проект внедрения высокотемпературных водяных тепловых насосов на нефтяном месторождении в Северо-Восточном Китае демонстрирует коэффициент преобразования COP = 3,3, годовую экономию эксплуатационных затрат более 1,177 млн. долл. США и сокращение выбросов CO_2 на 17 тыс. тонн в год. Подтверждена возможность полной замены парового нагрева в технологических процессах с температурой до 80°C.

2. Согласно расчетам для Приобской ГТЭС, коэффициент использования первичной энергии в конфигурации «газотурбинная электростанция – тепловой насос» достигает 1,21, что на 41 % превышает КПД традиционных котельных и печей подогрева нефти. При планируемом повышении КПД станции до 54% с помощью парогазового цикла, общий показатель КИПЭ системы возрастает до 178%, что более чем вдвое превышает 91% КПД [4] традиционных котельных и печей.

3. Технология высокотемпературных тепловых насосов применима не только на Приобском месторождении, но и на других объектах нефтегазового сектора при наличии двух условий: стабильного источника низкопотенциального тепла и доступной электроэнергии, предпочтительно вырабатываемой из попутного газа. Наибольшими перспективами обладают регионы Западной Сибири (ХМАО, ЯНАО), а также территории с избытком дешевой электроэнергии. Кроме того, в России сформирован ряд предприятий осуществляющих разработку и серийный выпуск тепловых насосов различной мощности. Это позволяет реализовывать проекты импортозамещения и адаптировать оборудование к российским климатическим условиям.

Таким образом, применение высокотемпературных тепловых насосов для утилизации сбросного тепла сточных вод и использования электроэнергии, выработанной из попутного нефтяного газа, является технически реализуемым и экологически обоснованным направлением повышения энергоэффективности нефтяной промышленности России.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2050 года: утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 12 апреля 2025 г. № 908-р.
2. Распоряжение Правительства РФ от 29.10.2021 № 3052-р «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года» (ред. от 05.08.2025).
3. Сабуров А. Л., Чубарь А. Е., Кукаренко В. А., Иванов О. К., Захарченко С. И. ГТЭС на Приобском месторождении – крупнейшая в России электростанция на попутном газе // Турбины и Дизели. 2012. № 3 (май-июнь). С. 4–9.
4. Жидков А.Б. Энергоэффективность эксплуатации трубчатых печей // Химическая техника. 2014. № 9. С. 32–37.
5. Siemens AG. Gas turbine SGT-800: for power generation applications [Электронный ресурс]: техническая брошюра. – Erlangen: Siemens Power and Gas Division, 2017. – 2 с. – URL: https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:daeb2935-2ea5-4400-a5dc-653de64ca7d3/gas-turbine-sgt-800.pdf (дата обращения: 21.03.2026).
6. Zhang Z., Wang Z., Chen P. A new dynamic and complementary energy supply framework coupling inverted air source heat pump with solar collector for oil and gas collectors // Case Studies in Thermal Engineering. 2025. Vol. 72. Article 106082. DOI: 10.1016/j.csite.2025.106082.
7. Zhu D., Fang C., Wang S., Xue Y., Jiang L., Song Y., Cao F. Comprehensive Performance and Economic Analyses of Transcritical CO_2 Heat Pump Water Heater Suitable for Petroleum Processes and Heating Applications // Energies. 2025. Vol. 18, No. 12. P. 3070. DOI: 10.3390/en18123070.

8. 东北某油田采用高温热泵，大大降低用户能源成本 [Электронный ресурс] // Китайская ассоциация общего машиностроения, Отделение насосной промышленности. 2025. 14 мая. URL: https://pu.cgmia.org.cn/News/Detail/22733 (дата обращения: 12.03.2026). (На кит. яз.)
9. 宋大勇. 面向“双碳”战略的炼油企业热泵集成利用分析与实践 // 石油炼制与化工. 2023. Т. 54, № 6. С. 90–95. (На кит. яз.)

ПРИМЕНЕНИЕ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ ПАО «СУРГУТНЕФТЕГАЗ» ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМПЛЕКСА ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО И МАРКШЕЙДЕРСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРИ ОБУСТРОЙСТВЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА ПАО «СУРГУТНЕФТЕГАЗ», А ТАКЖЕ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

USAGE OF BASE STATIONS OF PAO SURGUTNEFTEGAZ TO PROVIDE A COMPLEX OF GEODETIC AND SURVEYING SUPPORT IN THE DEVELOPMENT OF OIL AND GAS FIELDS OF PAO SURGUTNEFTEGAZ, AS WELL AS OBSERVATION OF DEFORMATIONS OF THE EARTH'S SURFACE.

Жебит П.М.

Zhebit P.M.

Российская Федерация, ПАО «Сургутнефтегаз», zhebitpavel@rambler.ru

Интенсивное освоение Западной Сибири ведется ПАО «Сургутнефтегаз» уже более 45 лет. За это время были открыты десятки нефтяных и газовых месторождений. Площадь района деятельности ПАО «Сургутнефтегаз» на территории ХМАО – Югры и Тюменской области составляет более 63 000 кв.км. Обустройство и разработка месторождений нефти и газа невозможны без качественных и оперативных топографо-геодезических и маркшейдерских работ. Вместе с тем, интенсивное освоение месторождений и увеличение территории деятельности привело к необходимости решения ряда важнейших задач в данной области.

Разреженность и неравномерность сетей Государственных геодезических пунктов, редкая дорожная сеть и труднодоступность данных пунктов выявили трудоемкость производства инструментальных наблюдений от данных пунктов на такой площади и их нецелесообразность с экономической точки зрения.

На современном этапе развития отрасли геодезического приборостроения наиболее оперативным способом определения координат объектов является применение спутниковых радионавигационных технологий. При производстве работ на обширных территориях с применением спутниковых радионавигационных технологий рационально создавать сеть базовых станций, транслирующих геодезические поправки. Причем современные методы построения сетей базовых станций позволяют не только получать координаты интересующих объектов, но и создавать надежные региональные системы мониторинга за геодинамическими процессами, опирающиеся на данные, получаемые спутниковыми приемниками. Радиус покрытия сигнала позволяет охватывать обширные территории разрабатываемых месторождений. На рисунке 1 представлена схема реализации данной технологии на месторождениях ПАО «Сургутнефтегаз».

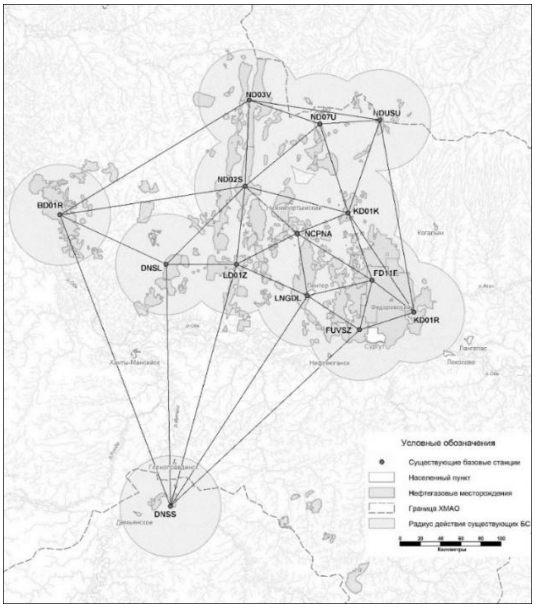


Рис. 1 - Схема расположения базовых станций ПАО «Сургутнефтегаз»

Основная задача, возложенная на созданную сеть непрерывно действующих базовых станций ПАО «Сургутнефтегаз» – это сбор кодовых и фазовых данных со спутников GPS/ГЛОНАСС и распределение этих данных пользователям (сотрудникам ПАО «Сургутнефтегаз» и специалистам подрядных организаций, выполняющим геодезические и маркшейдерские работы на нефтяных месторождениях Компании).

Сеть позволила кратно повысить точность и оперативность выполнения геодезических и маркшейдерский работ, а также решить ряд дополнительных задач.

Одна из таких задач является обеспечение геодинамического мониторинга на территории хозяйственной деятельности ПАО «Сургутнефтегаз» в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре. На основе сети базовых станций был создан геодинамической полигон, позволяющий повысить оперативность выполнения мероприятий в области охраны недр и обеспечить промышленную безопасность на территории деятельности ПАО «Сургутнефтегаз» в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре [1]. Под мониторингом состояния недр понимается система регулярных наблюдений, сбора, накопления, обработки и анализа информации, оценки состояния геологической среды и прогноза ее изменения под влиянием естественных природных факторов, пользования недрами и другой антропогенной деятельности. На рисунке 2 представлена схема (принцип) системы геодинамического мониторинга, основанный на постобработке исходных спутниковых геодезических измерений (координат пунктов наблюдений) и их последующей интерпретации в целях оценки вертикальных и горизонтальных смещений [2].

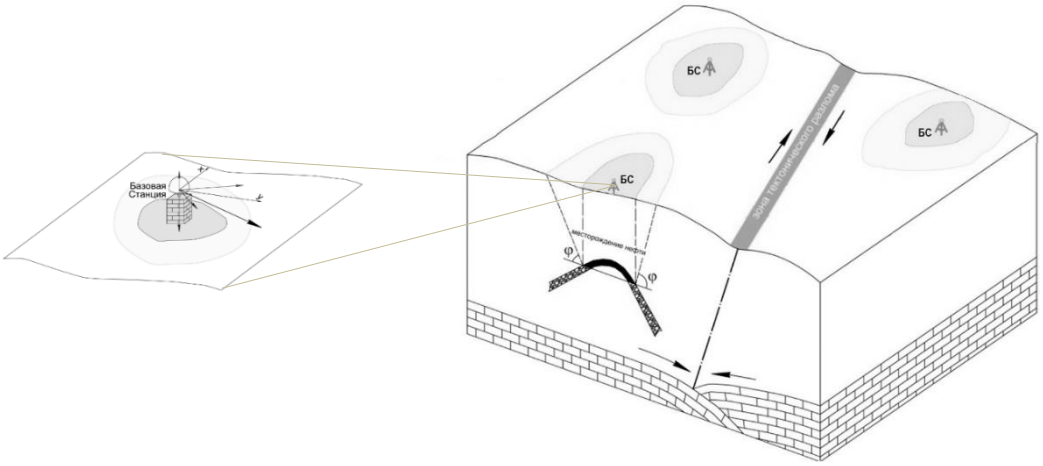


Рис. 2 - Схема (принцип) системы геодинамического мониторинга

Стоит отметить, что круглосуточный сбор данных позволяет более глубоко изучать горизонтальные и вертикальные смещения земной коры, а также позволяет учесть сезонные изменения.

Важным фактором является вопрос легитимности использования данной сети базовых станций для вышеперечисленных видов работ. Процедура использования геодезических пунктов регулируется Федеральным законом от 30.12.2015 №431-ФЗ «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (далее – Закон). В соответствии с ч.8 ст.9 Закона (вступил в силу с 01.04.2024) использование дифференциальных геодезических станций допускается только после их включения в федеральную сеть геодезических станций [3].

Учитывая, что сеть базовых геодезических станций ПАО «Сургутнефтегаз» на текущий момент соответствует всем законодательным нормам, она используется во всем жизненном цикле проектирования и обустройства месторождений, начиная от привязки снимков полученных с использованием беспилотных летательных аппаратов для работ на этапе предпроектных решений с последующим выполнением инженерно-геодезических изысканий и заканчивая геодезическими работами в процессе строительства, а также землеустроительными и кадастровыми работами по объектам обустройства месторождений.

Повышение производительности полевых работ при решении вышеперечисленного комплекса задач за счет использования постоянно действующих базовых станций позволило снизить следующие затраты:

- закупку дорогостоящего полевого спутникового геодезического оборудования на 40%;
- транспортные расходы на 47%;
- удельную стоимость геодезических работ на 59%.

Дополнительно к условному экономическому эффекту можно отнести унификацию измерений (единую координатную основу), исключающую случаи различных несоответствий, вызванных работой от разных геодезических пунктов. Также условным экономическим эффектом является более глубокий анализ перемещений земной коры, позволяющий на ранних стадиях выявить аномальные геодинамические процессы, вызванные техногенным фактором, тем самым исключая (сокращая) случаи чрезвычайных ситуаций.

Перспективным направлением использования сети базовых станций может оказаться применение на её основе систем автоматизации дорожно-строительных работ. Мировой опыт свидетельствует о существенном повышении эффективности и качества дорожно-строительных работ при использовании систем высокоточной спутниковой навигации на специальной технике.

Выводы

Применение сети базовых станций ПАО «Сургутнефтегаз» для обеспечения комплекса геодезического и маркшейдерского сопровождения, а также наблюдений за деформациями земной поверхности при обустройстве месторождений нефти и газа ПАО «Сургутнефтегаз» является наиболее обоснованным и экономически выгодным решением.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Закон Российской Федерации от 21.02.1992 №2395-I «О недрах».
2. Руководство по геодинамическим наблюдениям и исследованиям для объектов топливно-энергетического комплекса. – М.: НПЦ «Геодинамика и экология», 1997.
3. Федеральный закон от 30.12.2015 №431-ФЗ «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

ИЗВЛЕЧЕНИЕ СОЕДИНЕНИЙ МЕТАЛЛОВ ИЗ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЯНЫХ ФРАКЦИЙ
EXTRACTION OF METAL COMPOUNDS FROM HEAVY OIL FRACTIONS

Зайниддинова М.Х.
Zayniddinova M.Kh.
Россия, Научно-образовательный центр «Тюменский государственный университет»,
Zayniddinova.MKh@contractor.gazprom-neft.ru

Введение

К настоящему времени в нефти обнаружено более 50 микропримесей. Наибольшего внимания заслуживают переходные и щелочноземельные металлы, способные образовывать комплексы. Они могут присутствовать в виде металло-порфиринов (V, Ni), солей металлов, комплексов с гетероатомами (Co, Ni, Cr и др.) и других соединений. Высокую концентрацию имеют ванадий и никель, содержание которых в нефтепродуктах может быть сопоставимо с содержанием в руде [1, 2]. К примеру, мировые потенциальные ресурсы ванадия в тяжелой нефти и битумах составляют примерно 125 млн т, а извлекаемые попутно с нефтью – около 20 млн т [3].

Проблематизация

Несмотря на то, что относительно общего объема нефти содержание таких металлов невелико, они значительно влияют на процессы нефтепереработки и дальнейшее использование нефтепродуктов.

В основном тяжелые металлы концентрируются в смолисто-асфальтеновой части нефти, поэтому, например, при сгорании ванадийсодержащих топлив образуются адгезионно- и коррозионно-активные неорганические соединения ванадия, являющиеся одной из главных причин интенсивного золового заноса и коррозии высокотемпературных поверхностей. Помимо этого, происходит отравление окружающей среды, ведь за полный жизненный цикл одно ТЭЦ, например, может выделять 19,2 тыс. т V_2O_5, относящегося к 1 классу опасности, половина которого уносится с дымовыми газами [4, 5].

Большинство из металлов являются каталитическими ядами, негативно влияющими на активность и срок службы катализаторов нефтепереработки, а также селективность производства. За счет этого увеличивается потребление таких дорогостоящих катализаторов, что ведет за собой значительный рост операционных затрат на их закуп [6].

При отсутствии процесса извлечения металлических примесей из тяжелых нефтяных фракций, по России при переработке нефти безвозвратно теряется порядка 20 тыс. тонн Ni и 60 тыс. тонн V. Тем самым упускается выгода от монетизации соединений металлов [3].

На данный момент продукция, получаемая из соединений ванадия и никеля, все больше начинает применяться в металлургической, химической, аэрокосмической, энергетической и других отраслях промышленности, за счет чего в ближайшее время возможен дефицит такого сырья в России. Таким образом, извлечение соединений тяжелых металлов непосредственно из сырых нефтей и нефтепродуктов можно назвать важной задачей не только для обеспечения металлургии дефицитными соединениями металлов, но и для устранения большого ущерба нефтеперерабатывающему оборудованию, нефтесжигающим установкам, катализаторам, турбореактивным, дизельным, газотурбинным двигателям и котельным установкам от корродирующих свойств ванадия, его соединений и др. элементов, присутствующих в нефтях.

Перспективы развития

Зарубежом извлечение металлов из тяжелых нефтей уже является привычным делом. В Венесуэле, Канаде и США уже добывают ванадий, никель и уран из тяжелых нефтей, битумов и отходов нефтепереработки [2, 7]. В каждой тонне тяжелой нефти, например, месторождения Атабаски (Канада) содержится 250 г ванадия, 100 г никеля, в нефти месторождения Бокан (Венесуэла) – соответственно 1200 и 150 граммов. Канаде и США это дает более 15% пентоксида ванадия, считая от его общего производства, а ванадий, добываемый из золы нефти

сверхгигантских месторождений, экспортируется Венесуэлой в США, удовлетворяя свыше 50% спроса на этот металл.

Перспективы есть и у России (Рис. 1). В основном такие запасы расположены в Тимано-Печорской и Волго-Уральской нефтяных провинциях [5]. Помимо этого, тяжелая нефть также скрыта в недрах Западной Сибири, Татарстана, Пермского края, Башкирии, на территории Краснодарского края и Сахалина.

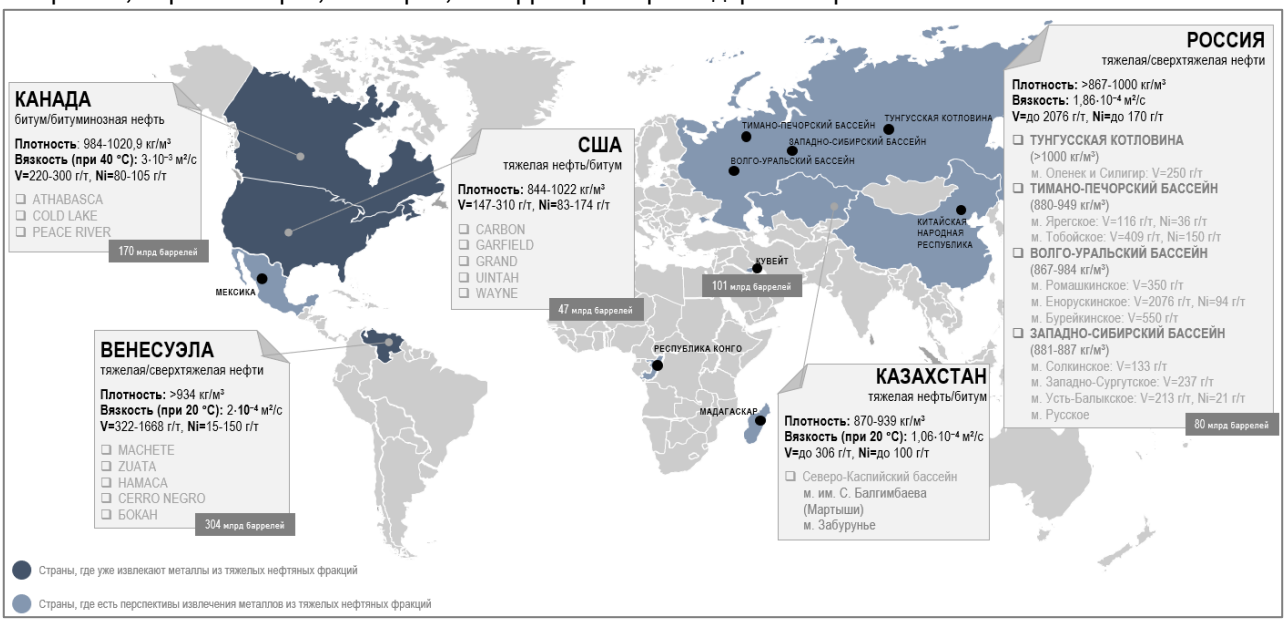


Рис. 1 - Предпосылки и перспективы развития

Состояние рынка

К наиболее востребованным соединениям на российском рынке относятся оксид ванадия и сульфат никеля при том, что первый является экспортоориентированным продуктом.

Экспортируется и импортируется оксид ванадия в больших объемах. Основными зарубежными поставщиками оксида ванадия выступают южноафриканская компания Glencore и бразильская Vanadio De Maracas. Российским лидером в производстве ванадийсодержащей продукции является корпорация ЕВРАЗ, но продукция также выпускаются на Чусовском металлургическом заводе и филиале ВСМПО-АВИСМА.

По сульфату никеля импортный и экспортный объем невелик. Основными зарубежными поставщиками на российском рынке являются австрийская компания Montanwerke Brixlegg, а также южноафриканская Sibanye Stillwater Western Platinum Limited. Единственными производителями на российском рынке выступают АО «Уралэлектромедь» и АО «Кыштымский медеэлектролитный завод», перерабатывающие медно-никелевую руду. ПАО «ГМК «Норникель» выпускает сульфат никеля на заводе NN Harjavalta в Хорватии.

Области применения

Оксид ванадия широко применяет АО «Уралредмет» при производстве высокопрочных легированных сталей. Также возможно его применение в химической промышленности при производстве катализаторов, красителей, люминофоров и в качестве положительного электрода в мощных батареях и аккумуляторах [2].

Сульфат никеля используется в России крупнейшим российским потребителем ООО «Завод АИТ» для производства никель-кадмиевых батарей. Среди прочих значимых потребителей – ООО «Компания Сезар» для производства гидрата закиси никеля, ООО «НМР Интерлаб» для никелирования изделий и ОАО «Синтез-Каучук» для производства катализаторов.

Существующие практики

На текущий момент в России нет технологий, которые были бы нацелены на выделение соединений металлов из тяжелых нефтяных фракций. Однако есть примеры практик, у которых технологии могут побочным процессом деметаллизировать сырье.

Для компании Татнефть были разработаны основы экстракционной технологии сероочистки с использованием каскада центробежных экстракторов (Рис. 2). За счет него компании удалось добиться снижения вдвое капитальных и операционных затрат на очистку тяжелой нефти и тяжелых нефтяных остатков по сравнению с существующими процессами очистки от серы, получения очищенного нефтяного сырья для производства продукции высокой добавленной стоимости (например, игольчатого кокса), а также увеличения срока жизни катализаторов до 70% [6]. Как бонус – новый продукт переработки нефти – концентрат металлов, являющийся сырьем для металлургической промышленности.

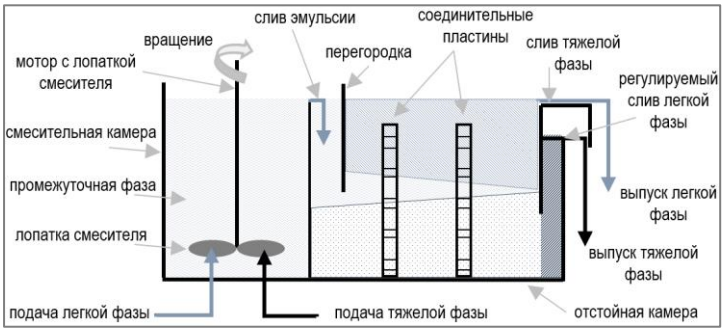


Рис. 2 - Схема экстракционной технологии очистки с центробежными экстракторами

Другая компания, Лукойл, использовала инновационную технологию удаления серы из нефти и нефтепродуктов (научное название процесса – десульфуризация), суть которой заключается в воздействии на исходный материал вращающимся электромагнитным полем (Рис. 3). За счет нее удалось добиться снижения содержания серы и увеличить выход легких фракций [8]. Основной задачей технологии является снижение содержания серы, а деметаллизация выступает побочным процессом.

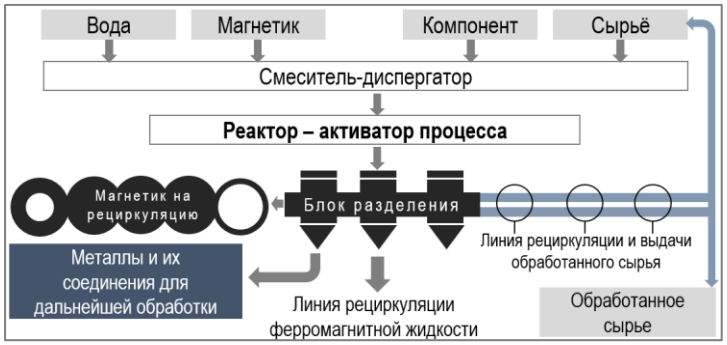


Рис. 3 - Схема процесса десульфуризации

Иерархия компонентного состава металлов в нефти

Как описывалось ранее, повышенное содержание металлов, как правило, характерно для высоковязких тяжелых нефтей или же тяжелых нефтяных фракций. Сама иерархия компонентного состава металлов в нефти проиллюстрирована на рисунке 4.

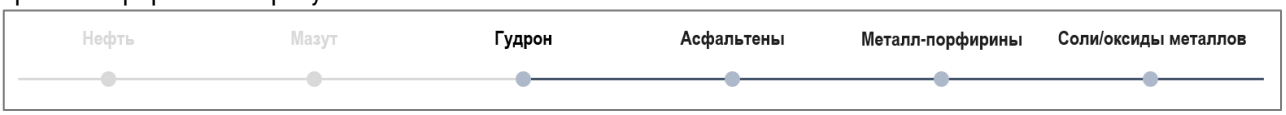


Рис. 4 - Иерархия компонентного состава металлов в нефти

Ступени до гудрона можно не учитывать, если за основу брать технологическую линию НПЗ. Это логично, ведь именно на НПЗ присутствуют все условия для доведения исходной нефти до требуемых кондиций без дополнительных усилий, аппаратов и процессов для внедрения установки деметаллизации, что значительно снижает ее металлоемкость. В качестве сырья выбран именно гудрон, поскольку одной из решаемых задач является снижение воздействия металлов на катализаторы процессов вторичной переработки нефти.

Существующие методы. Оценка перспективности

Весь процесс деметаллизации можно условно разделить на две составляющие: концентрирование металлов и их выделение. А все методы, которые включают эти составляющие, можно разделить на экстракционные, термические, каталитические и нетрадиционные (Рис. 5).

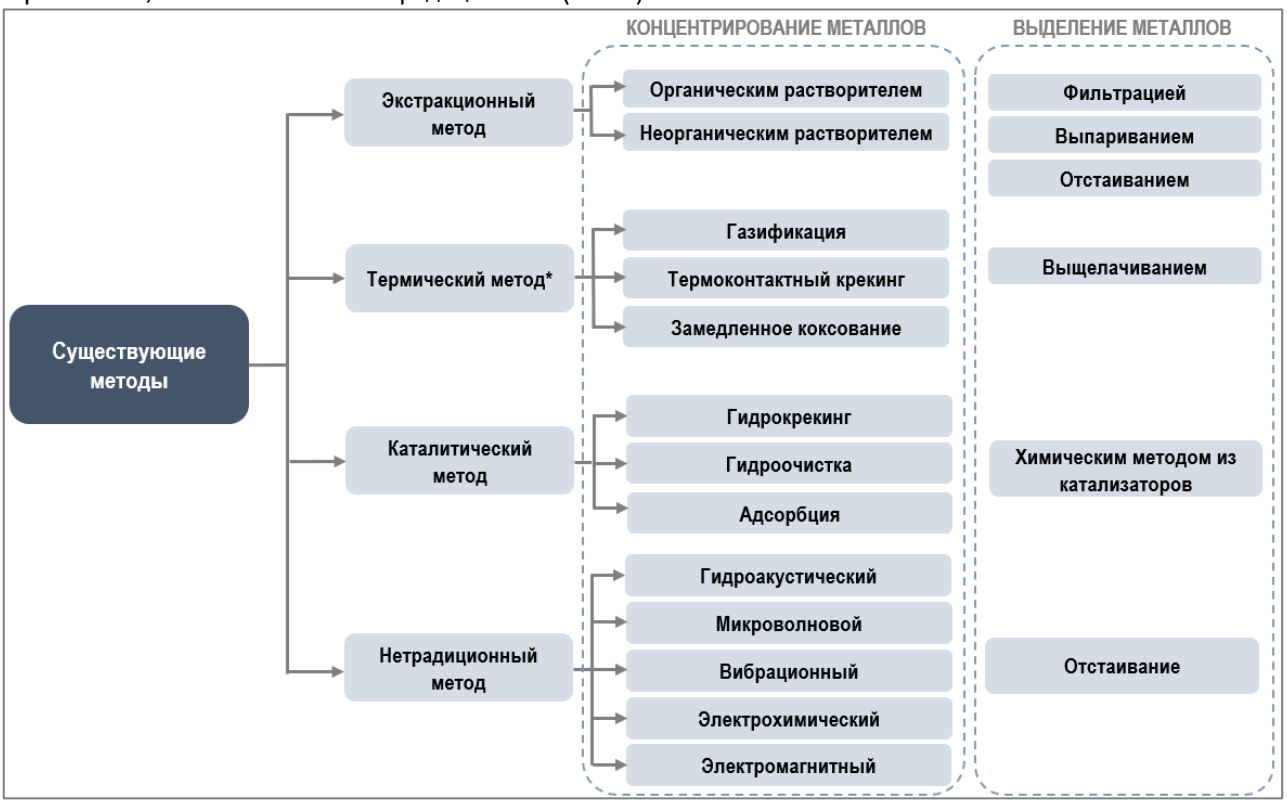


Рис. 5 - Существующие методы

В счет можно не включать сразу два метода: каталитический, поскольку нашей задачей изначально стоит снижение воздействия металлов на катализаторы, и нетрадиционный, поскольку на данный момент существуют трудности перевода в промышленные масштабы целевого процесса выделения металлов.

В качестве экстракционного метода можно выделить процесс «ДОБЕН» в комплексе с кислотной экстракцией. Первый процесс основан на способности асфальтенов коагулировать и оседать из нефтепродуктов при разбавлении их лёгкими парафиновыми углеводородами. Существует возможность регенерации растворителя, а также получения деасфальтизированного продукта с улучшенными качествами. Асфальтены выводятся либо в виде черной пудры, либо в виде горячей жидкости на установку кислотной экстракции. Здесь раствор асфальтенов в четыреххлористом углероде смешивается с концентрированной серной кислотой, проходит центрифугирование и последующее фильтрование. Экстракт нейтрализовывается раствором гидроксида натрия, а свободные порфирины можно экстрагировать четыреххлористым углеродом.

Термические методы включают в себя изменение природы химической связи металлов с органической матрицей нефтяных компонентов. Примером такого метода можно назвать процесс газификации, разработанный компанией «Chemical Werke Huls» для получения синтез-газа из тяжелых нефтей и нефтяных остатков, в котором

побочным продуктом являются выделяемые в виде золы твёрдые соединения металлов. Сырьё смешивается с воздухом и паром, подаётся в газогенератор, где все компоненты разлагаются на непредельные газы, которые являются ценным сырьём для нефтехимии; а металлы превращаются в оксиды или сульфиды, представляющие собой твёрдые порошки. Дальнейший процесс – это очистка синтез-газа, утилизация кислого газа, отгонка легкой части нефти и возврат остатка нефти в процесс после ее очистка от сажи.

Перспективным все же выделяется экстракционный метод, поскольку термический требует большие энергозатраты на поддержание высоких температур (>1000°C), необходимость реализации полученного синтез-газа, утилизации кислых газов и потери гудрона как товарного продукта.

Эффект от внедрения

На примере одного НПЗ «Х», при объеме 200 тыс. т/год сырья (асфальтенов) для установки выделения соединений металлов, выход целевого продукта (пентоксида ванадия V_2O_5) составит 1,4 тыс. т/год. Здесь стоит учитывать, что выход целевого продукта будет зависеть от концентрации металлов в исходном сырье и конверсии установки выделения соединений металлов. Если вспомнить статистику, импорт пентоксида ванадия в 2020 г. составил 1,6 тыс. т., что при цене 19,75 долл./кг совокупные затраты на импорт составили в 33,4 млн. долл.

При реализации внутри страны 1,4 тыс. т/год V_2O_5, которое можно было бы выделить на установке деметаллизации, и экспортной цене 8,18 долл./кг, экономия на импорт составила бы 17,98 млрд. руб/год (без учета капитальных и операционных затрат).

Говоря об эффекте, важно учитывать не только экономический аспект, но и другие составляющие. В данном случае преимущественными аспектами от внедрения предлагаемой установки могут служить:

– снижение механического воздействия на оборудование, а также продление его срока службы, обеспечивающее снижение затрат на ремонт и замену;

– снижение зависимости от импорта стратегически важных минеральных ресурсов за счёт расширения производства внутри страны, что повышает экономическую безопасность страны;

– диверсификация бизнеса за счет расширения продуктивной линейки предприятия;

– развитие экологически более чистых и устойчивых технологий в сравнении с существующей карьерной добычей металлов из руды;

– положительный социальный эффект за счет создания дополнительных рабочих мест и экономического роста страны.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Башкин В., Галиулин Р., Галиулина Р., // Тяжелые металлы в нефти. Как с ними бороться и где применять? Neftegas.ru.
2. Полетаева Ольга Юрьевна, Леонтьев Александр Юрьевич Тяжелые, сверхвязкие, битуминозные, металлоносные нефти и нефтеносные песчаники // НефтеГазоХимия. 2019. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tyazhelye-sverhvyazkie-bituminoznye-metallonosnye-nefti-i-neftenosnye-peschaniki (дата обращения: 22.03.2024).
3. Хаджиев С.Н., Шпирт М.Я. Микроэлементы в нефтях и продуктах их переработки. М.: Наука,2012. С. 22
4. Магомедов Р. Н., Попова А. З., Марютина Т. А., // Состояние и перспективы деметаллизации тяжелого нефтяного сырья. // Нефтехимия, 2015, том 55, с. 267-290.
5. Мустафина Э.А., Полетаева О.Ю., Мовсумзаде Э.М. Тяжелые металлоносные нефти и их деметаллизация // НефтеГазоХимия. 2014. №4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tyazhelye-metallonosnye-nefti-i-ih-demetallizatsiya (дата обращения: 22.03.2024).
6. Центр изучения и исследования нефти [Электронный ресурс]: [офиц. сайт] / Центр изучения и исследования нефти – М, 2017 - 2024. – Режим доступа: http://centeriin.ru, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 22.03.2024).

7. Ященко И.Г. Ресурсы тяжелых нефтей мира и сравнительный анализ их физико-химических свойств // Экспозиция Нефть Газ. 2012. №5 (23). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/resursy-tyazhelyh-neftey-mira-i-sravnitelnyy-analiz-ih-fiziko-himicheskih-svoystv (дата обращения: 22.03.2024).
8. Информагентство «Девон» [Электронный ресурс]: [офиц. сайт] / Информагентство «Девон» — Казань, 2013 - 2024. — Режим доступа: https://iadevon.ru, свободный. — Загл. с экрана (дата обращения: 22.03.2024).

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ БЛАГОДАРЯ ПРИМЕНЕНИЮ ТЕРМОМАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF DRILL PIPE THREADED CONNECTIONS THROUGH THE APPLICATION OF THERMOMAGNETIC TREATMENT

Котов А.Д., Дубинов Ю.С.

Kotov A.D., Dubinov Yu.S.

Россия, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина», anton.kotov01@list.ru

С развитием бурения сверхсложных скважин с горизонтальными участками, многозабойной конструкцией и большой протяженностью (например, скважина на месторождении Чайво, длиной 15 км). При таких условиях, бурильные колонны испытывают высокие нагрузки и износ. Наиболее уязвимым элементом являются резьбовые соединения, которые часто становятся причиной аварий.

Износ резьбовых соединений бурильных труб является одной из главных причин отказов бурильной колонны при эксплуатации. По результатам исследований, большинство отказов замковых резьб бурильных труб связано именно с этим. Повышение износостойкости резьбовых соединений - актуальная задача, от решения которой зависит надежность и долговечность бурового инструмента.

Стандартно, используется следующие методы повышения технологических свойств:

1) Конструктивные решения.
2) Металлургические методы и термообработка
3) Нанесение покрытий и поверхностей
4) Применение инновационных материалов

В данном исследовании рассматривается инновационный вид термообработки - термомагнитная обработка. Термическая обработка – это технологический процесс представляющий собой совокупность операций нагрева до определенной температуры, выдержки при этой температуре и последующего охлаждения в различных средах, проводимых с целью изменения структуры стали для получения лучших технологических и необходимых эксплуатационных свойств материала заготовок [2].

Стальные бурильные трубы и особенно замковые части (ниппель и муфта) подвергаются закалке и отпуску для достижения требуемой прочности [4].

Термомагнитная обработка (ТМО) – вид термической обработки, при котором резьбовое соединение подвергается процессу нормализации под воздействием сильного магнитного поля.

Чаще всего, замки резьбовых соединений изготавливают из стали 40ХН2МА по ГОСТ 4543-71 со следующими механическими свойствами после термообработки (Таблица 1) [1]:

Таблица 1. Механические свойства замкового соединения после термообработки, изготовленного из стали 40ХН2МА

Сортамент	Размер	Напр.	σ_B	σ_T	δ_5	ψ	KCU	Термообр.
-	Мм	-	МПа	МПа	%	%	кДж / м^2	-
Пруток, ГОСТ 4543-71	⌀10		1080	930	12	50	780	Закалка и отпуск

Сталь данного класса относится к высокопрочной конструкционной легированной стали со скоростью закалки 1,5 мм/мин, а скоростью сквозного прогрева до нужной температуры 130 °С/мин. Температура нагрева печи

составляет 900 °С. Время выдержки образцов для испытаний на износ зависит от размеров образцов. Для испытания на износ данные параметры составляют: диаметр 10 мм, длина 50 мм. Для испытаний на ударную вязкость с концентратором типа V: размеры 10х10 мм, длиной 55 мм. Время выдержки для данных размеров составляет 14 минут.

Каждый образец проходит предварительную подготовку – отжиг 1 рода. Так как на них остаются краска, лак или предыдущая обработка. Отжиг помогает избавиться от этого. На исходных образцах присутствует термическая обработка – закалка и отпуск.

Далее происходит процесс термомагнитной обработки. Для этого необходимо нагреть сталь до температуры выше точки A_{c1} на 30 – 50 °С, выдержать при этой температуре. И охладить на воздухе с воздействием постоянного магнитного поля до температуры ниже фазового перехода, а именно 450-550 °С. Напряженность магнитного поля при этом должна быть не менее $19{,}6 \times 10^6$ А/м. После чего образец полностью охлаждается на воздухе без воздействия магнитного поля [3].

Были проведены испытания на износостойкость, ударную вязкость и условный предел текучести без и после термомагнитной обработки соответственно. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты испытаний на износостойкость, ударную вязкость и условный предел текучести

	Средняя разность масс, m, гр	Ударная вязкость, $КС_{ср}$, Дж/см^2	Условный предел текучести $\sigma_{тср}$ ($\sigma_{0,2}$), МПа
Ср. знач. без ТМО	0,5228	38,6	930,05
Ср. знач. после ТМО	0,4322	51,2	1204,4

Результаты испытаний показывают, что термомагнитная обработка повышает технологические свойства, такие как износостойкость, ударная вязкость и условный предел текучести сталей на 20,9%, 32,6% и 29,4% соответственно.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. ГОСТ 4543-2016. Металлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия. = Structural alloy steel products. Specifications: Межгосударственный стандарт: утвержденное и введенное в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 января 2017 г. N 10-ст с 1 октября 2017 г. / разработан Федеральным государственным унитарным предприятием "Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина" (ФГУП "ЦНИИчермет им. И.П. Бардина"). – Текст: непосредственный.

2. Дубинов Ю.С. Комплекс лабораторных работ по курсу «Материаловедение»: Учебно-методическое пособие / Ю.С. Дубинов, А.К. Прыгаев, О.Б. Дубинова, В.А. Захаров – Текст: электронный // РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина. – 2021. – URL: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.gubkin.ru/faculty/mechanical_engineering/chairs_and_departments/metallurgy_and_non-metallic_materials/obuchenie/lab_rus/komplex_lr_matved.pdf

3. Патент № RU 2817275 C1 Российская Федерация, МПК C21D 9/00 (2006.01), C21D 1/04 (2006.01), C21D 6/02 (2006.01). Способ термомагнитной обработки изделий из стали: № 2023117137: заявл. 29.06.2023: опубл. 12.04.2024 / Дубинов Ю.С., Дубинова О.Б., Бокоев Г.Т., Куликова И.С., Котов А.Д., Дубровин М.А.; патентообладатель ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина». – 8 с. – Текст: непосредственный.

4. Бурильные трубы // ЭКСПОТЕХ. URL: https://po-expotech.ru/press/articles/burilnye-truby/ (дата обращения: 10.05.2025)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ «ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ ФОНД СКВАЖИН – СИСТЕМА СБОРА» НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ РАЗРАБОТКИ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE "WELL FUND – COLLECTION SYSTEM" OF AN OIL AND GAS CONDENSATE DEPOSIT AT DIFFERENT STAGES OF DEVELOPMENT IN THE FAR NORTH

Кравцов Д.Е.
Kravtsov D.E.
РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ, ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь» ТПП «Ямалнефтегаз»,
Dmitry.Kravtsov@lukoil.com

Основные технологические проблемы на поздней стадии разработки газоконденсатных и нефтегазоконденсатных месторождений севера Западной Сибири связаны с уменьшением отбора газа и поступлением значительных объемов пластовой воды из скважин в промысловые трубопроводы. Кроме того, в результате снижения пластового давления увеличивается содержание конденсационной воды в газовой фазе. Уменьшение дебитов скважин сопровождается снижением скорости газа в трубопроводах системы сбора и накоплением в них значительных объемов жидкой фазы.

Накопление жидкости приводит к формированию жидкостных пробок вдоль трассы трубопровода, образование которых сопровождается сильными колебаниями термобарических параметров работы трубопровода и неравномерным поступлением жидкости во входные промысловые сепараторы. Низкие скорости движения газожидкостной смеси по трубопроводу в режиме накопления жидкости приводят к возможности ее сильного охлаждения в холодный период. При этом резко возрастает вероятность образования отложений гидратов и льда. Возникающие отложения могут создавать высокие гидравлические сопротивления, а образование сплошных гидратных и ледяных пробок приводит к остановке трубопровода. Разрушение образовавшихся гидратных и ледяных пробок занимает длительное время, требует значительных эксплуатационных затрат и сопровождается большими потерями добычи газа и газового конденсата.

В связи с этим дальнейшая эффективная эксплуатация газоконденсатных месторождений в экстремальных климатических условиях представляет собой одну из самых сложных инженерно-технических задач. Это обусловлено необходимостью учета множества факторов, включая автономный режим работы месторождения, ограниченную транспортную доступность и высокую уязвимость оборудования к низким температурам. На таких объектах наиболее ярко проявляется междисциплинарный подход, требующий совместных усилий инженеров, проектировщиков и эксплуатационных служб. В экстремальных условиях эксплуатации важно создать систему взаимодействия всех звеньев инфраструктуры, которая бы обеспечивала максимальную производительность при минимальных затратах.

В процессе исследования разработан и научно обоснован усовершенствованный подход к эксплуатации газоконденсатных и нефтяных промыслов, расположенных в районных Крайнего Севера. Основные достижения включают повышение экономической и технологической эффективности активов нефтегазового предприятия, снижение капитальных затрат за счет отказа от строительства части инфраструктуры, сокращение операционных расходов, внедрение предложенного проекта в производственные процессы, в соответствии с утвержденной дорожной картой. Подтверждена экономическая и технологическая эффективность на основе расчетов. Применение новых инженерных решений позволяет успешно адаптироваться к вызовам автономной эксплуатации в условиях Крайнего Севера.

Цель исследования: разработка методических подходов к комплексному решению проблемы гидратообразования в системе «скважина-газосборная сеть» газоконденсатных и нефтегазоконденсатных месторождений севера Западной Сибири.

Актуальность исследования обусловлена тем, что повышение эффективности и оптимизация работы нефтегазовых промыслов на разрабатываемых месторождениях являются ключевыми задачами для увеличения экономической ценности активов. Концептуальное проектирование инфраструктуры месторождений выступает одним из наиболее действенных инструментов для достижения роста чистого дисконтированного дохода предприятия. Настоящее исследование объясняет причины необходимости разработки новых подходов и предлагает детальный план действий для решения поставленных задач. Подчеркнуто, что предложенные инженерные решения имеют практическую направленность и уже внедряются в производственные процессы. Это особенно важно для автономных месторождений Арктического региона, где активно осваиваются новые ресурсы Российской Федерации.

По действующему фонду скважин возникают осложнения, связанные с гидратообразованием (Рис. 1), поскольку энергетика продуктивных пластов, а вместе с ним и дебиты, значительно снизилась и продолжает интенсивно снижаться. Для предупреждения и борьбы с осложнениями на промысле используют подачу ингибитора – метанола в больших количествах, что составляет большие затраты [1-3].

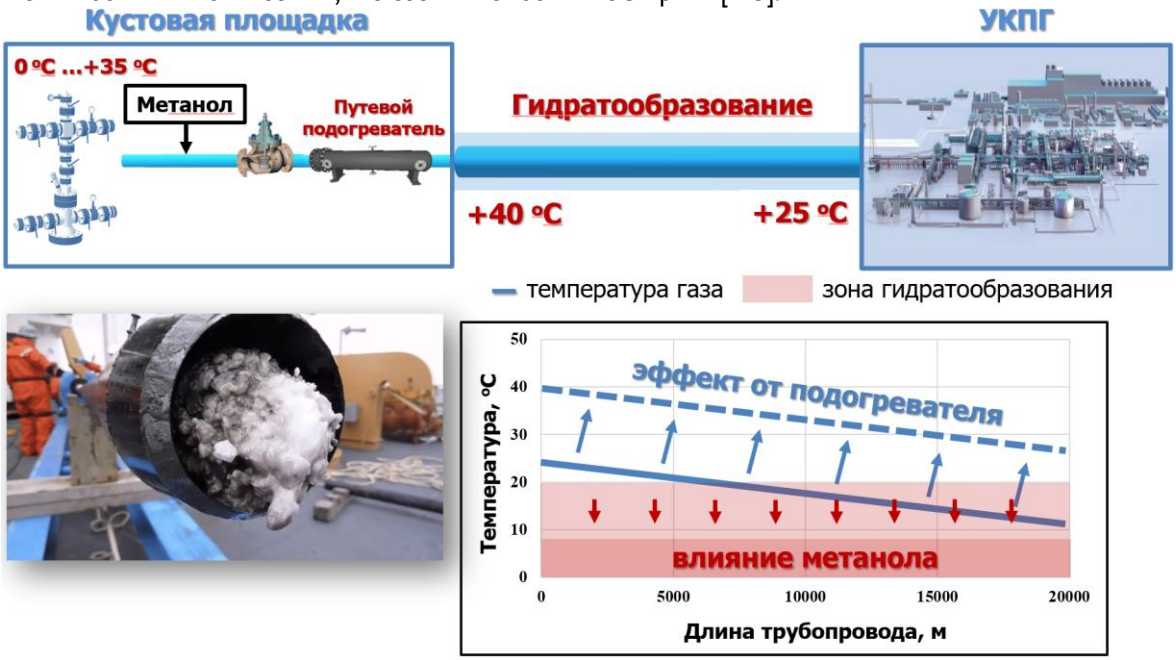


Рис. 1 - Особенности эксплуатации газового фонда нефтегазоконденсатного месторождения, расположенного в условиях Крайнего Севера

Одновременно с этим добавляется проблема запуска скважин проектных объектов с начальным пластовым давлением и высокими устьевыми давлениями. Для эксплуатации этих скважин предусмотрено строительство отдельного шлейфа с большой протяженностью, что приводит к дополнительной подаче значительного количества метанола, поскольку возникнет необходимость дросселирования потока скважинной продукции, что влечет за собой снижение температуры газожидкостной смеси и улучшение условий для образования гидратных пробок.

Для решения вышеуказанных проблем в качестве методов по повышению эффективности борьбы с гидратообразованием в данном исследовании было рассмотрено следующее:

1.Внедрение путевых подогревателей пучкового типа;

2.Внедрение и оптимизация конструкции перепускных газовых клапанов на нефтяном фонде нефтегазоконденсатного месторождения, осложненным высоким газовым фактором;

3.Различные технологические устройства, увеличивающие скорость газожидкостной смеси.

Все это достигается за счет средств моделирования. В настоящее время исследования газовых гидратов во всем мире проводятся широким фронтом. Необходимо выделить перспективные направления дальнейшего развития проблематики техногенного гидратообразования, а именно:

1. В области экспериментального изучения фазовых равновесий газовых гидратов:

• Разработка новых экспериментальных методик термодинамических и кинетических исследований газовых гидратов, позволяющих работать с небольшим количеством вещества с регистрацией при этом дополнительных физических параметров (акустических, оптических теплофизических и др.);

• Использование новых экспериментальных методик прецизионных исследований равновесных параметров гидратообразования для многокомпонентных систем с малым содержанием сильно гидратообразующих компонентов. Здесь особое внимание обращается на изучение двухфазных равновесий газовых гидратов и использование получаемых данных при параметризация уточнённых термодинамических моделей газогидратной фазы;

• Исследования фазовых равновесий газовых гидратов при очень высоких давлениях, при проведении которых необходимо особое внимание уделить их метастабильным состояниям. Здесь речь идет главным образом о получении новых данных по фазовым диаграммам для бинарных и многокомпонентных газовых смесей;

• Продолжение исследований физико-химических свойств газовых гидратов (например, практически не исследованы поверхностные и недостаточно изучены механические свойства гидратов);

2. В области расчетно-теоретического моделирования гидратообразуюших систем:

• На базе накопленного экспериментального материала построение более полных и более надёжных при практическом использовании моделей газогидратных фаз (синтез термодинамического и молекулярно-динамического подходом). Включение этих моделей в существующие программные комплексы по описанию фазовых превращений в природных углеводородных системах;

• Уточнение молекулярно-динамических и термодинамических моделей. описывавших физико-химические свойства и термодинамическую устойчивость газогидратных фаз, особенно при высоких давлениях. Более полное теоретическое описание так называемых необычных свойств газовых гидратов (теплопроводность, поверхностные свойства, максимум теплоемкости и влияние добавок щелочей, эффекты аморфизации, памяти, структурной перестройки при высоких давлениях и пр.);

• Построение молекулярно-динамических моделей эффектов консервации газовых гидратов и льдов. Разработка молекулярно-динамических моделей кинетики поверхностного и объемного разложения газовых гидратов в различных термобарических условиях. Практическое использование новых эффектов принудительной консервации и самоконсервации газовых гидратов пои положительных по Цельсию температурах;

• Анализ причин появления "гидратного гистерезиса", т.е. несовпадения в некоторых случаях условий образования и разложения газовых гидратов. и также выявление его термодинамических и кинетических аспектов. Выяснение связи гистерезисных эффектов с термодинамической устойчивостью клатратных фаз и с эффектами само- и принудительной консервации газогидратов;

3. В области промышленных исследований, направленных на сокращение эксплуатационных затрат по предупреждению техногенного гидратообразования, поиск экономически эффективных путей разработки газогидратных залежей и технологического использования газовых гидратов-данная проблема и будет центральной проблемой диссертации, которая будет освящена в последующих главах:

• Оптимизация молекулярного строения «кинетических» ингибиторов с целью увеличения индукционного периода начала гидратообразования в динамических условиях, а также разработка составов и композиций синергетического действия. Проведение промысловых испытаний, разработанных в лабораторных условиях новых ингибиторов с целью определения границ их эффективного применения;

• Дальнейшее исследование особенностей многофазного транспорта продукции нефтегазоконденсатных скважин в режиме возможного образования гидратов и парафинов. Разработка и промысловые испытания составов водо- и углеводородорастворимых композиций, обеспечивающих надежный многофазный трубопроводный транспорт;

• Исследование особенностей и механизмов разложения гидратных отложений в ситуациях, имитирующих реальные промысловые системы (при различных методах воздействия на гидратные отложения);

• Оптимизация технических решений, основанных на традиционных (термодинамических) ингибиторах, - применение технологических схем обработки природных газов с рециркуляцией летучих и нелетучих ингибиторов гидратообразования. Совершенствование систем автоматического регулирования расхода этих ингибиторов в системах сбора и промысловой подготовки газа;

• Математическое моделирование разработки газогидратных залежей (газогидратных залежей на материках и островах, водогидратных залежей в морских отложениях) с использованием горизонтальных и многоствольных скважин и различных технологий воздействия на пласт;

• Выявление практической роли физико-химических эффектов само- и принудительной консервации газовых гидратов и льдов при создании газогиратных хранилищ газа и разработке новых технология газогидратного транспорта газа.

Для построения математических моделей для определения предельных безгидратных депрессий на пласт необходимо проанализировать известные методики моделирования гидратообразования, выбрать из них наиболее подходящие для условий сеномана и валанжина (неокома) месторождений Западной Сибири, установить закономерности понижения температуры с понижением давления для пластовых смесей сеномана и неокома и совместить кривые гидратообразования с понижением давления и температуры на забоях скважин реальных месторождений при разработке.

При неоправданно высоких депрессиях на пласт в призабойной зоне скважин могут сформироваться термобарические условия (Р/Т-условия), способствующие образованию гидратов. Сам процесс гидратообразования моделируется разными способами, среди которых можно выделить «ручные» и «компьютерные» методы. Первые основаны на простом допущении об эквидистантности линий равновесных условий гидратообразования разных смесей углеводородных газов в координатах «lg*P-T*», что, соответственно, открывает возможность подбора простых эмпирических формул, описывающих эти кривые в зависимости от концентраций различных гидратообразующих компонентов в смеси и выражающихся, например, через изменение плотности смеси. «Компьютерные» методы основаны на применении более строгих, термодинамических моделей гидратной фазы, учитывающих изменение химического потенциала участвующих в реакции компонентов при изменении внешних Р/Т-условий.

Метод расчета по плотности газа был разработан профессором Катцем с соавторами в 40-х годах. Удобство этого метода – в его простоте, поскольку используется всего лишь одна диаграмма. Диаграмма представляет собой простой график зависимости «lg*P-T*», где третьим параметром является плотность газа. Такая диаграмма представлена на рисунке 2. На этих графиках верхняя кривая соответствует чистому метану и характеризуется наибольшим давлением.

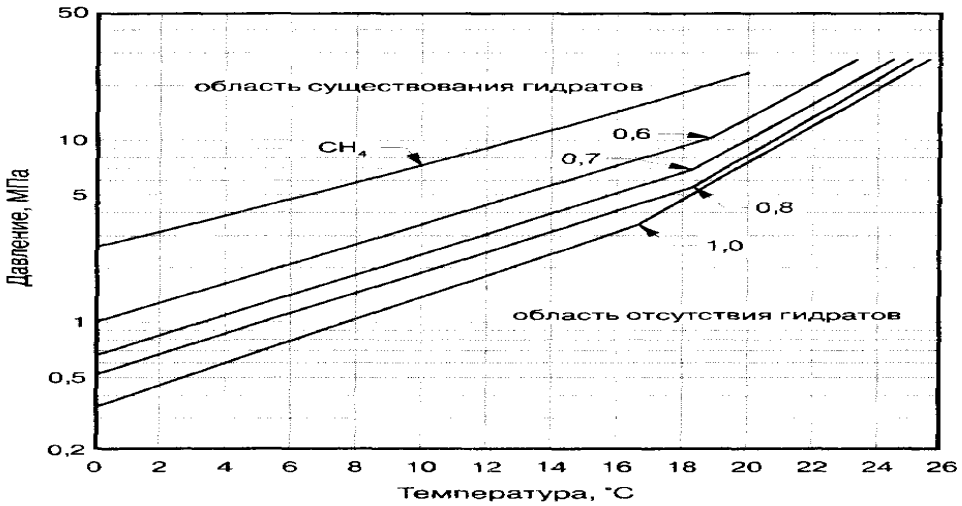


Рис. 2 - Фазовая диаграмма условий образования гидратов природного газа, не содержащего соединений серы, рассчитанная по плотности газа (числа у кривых – плотность газа по воздуху)

Диаграмма очень проста в использовании. Необходимо сначала определить относительную плотность газа (или удельный вес). Зная молярную массу (молекулярный вес) газа *M,* можно вычислить плотность газа γ по воздуху (относительную плотность), используя формулу: γ=M/28,966, где число 28,966 обозначает стандартную молярную массу воздуха. Плотность чистого метана, например, будет составлять 16,043/28,966 = 0,5539.

Расчеты с помощью этой диаграммы могут быть выполнены без затруднений. Например, если известны давление, температура и плотность газа, и требуется узнать: соответствуют ли эти условия области, в которой возможно образование гидрата, то необходимо сначала найти на диаграмме положение точки с заданными значениями температуры и давления. Если эта точка расположена левее и выше кривой соответствующей плотности газа, то это означает, что данные P/T-условия соответствуют области возможного гидратообразования. Если же точка располагается правее и ниже кривой, то это означает, что данные условия находятся в области, где образование гидрата невозможно. Из диаграммы следует, что образованию гидратов благоприятствуют P/T-условия с высоким давлением и низкой температурой.

Данный метод не позволяет определить ни фазовый состав, ни тип гидрата, но обычно интересуют только условия образования гидрата, т.е. значения давления и температуры, при которых образуются гидраты.

Как отмечают В.А. Истомин и В.Г. Квон сравнительный анализ показывает, что по приведенной на рисунке 2 номограмме удовлетворительно определяется наклон кривой гидратообразования в координатах «lg*P-T*», но заметно хуже находятся равновесные условия гидратообразования при фиксированной температуре (например, при 273 К). Это связано с тем, что плотность газа не определяет состава газа в должной мере.

Описанные выше методы в данном исследовании могут применены на большинстве объектов нефтегазодобывающих предприятиях с целью предупреждения и удаления гидратных отложений.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Кэролл Дж.,Гидраты природного газа, пер. с англ., Технопресс, 2007, 316 с.
2. Якушев В.С., Гафаров Н.А., Карнаухов С.М., Рыбальченко В.В., Огородников И.В., Газовые гидраты в Арктике и Мировом океане: особенности залегания и перспективы освоения, М.: ООО «Издательский дом Недра», 2014, 251 с.
3. Истомин В.А., Квон В.Г., Предупреждение и ликвидация газовых гидратов в системах добычи газа, М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2004, 507 с.

НЕФТЕГАЗОВЫЕ РЕСУРСЫ АФГАНИСТАНА: ПОТЕНЦИАЛ И ПРОБЛЕМЫ
OIL AND GAS RESOURCES OF AFGHANISTAN: POTENTIAL AND CHALLENGES

Кураиши М.И.
Quraishi M.I.
Russia, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (RUDN University), romero-barrenechea-m@rudn.ru

Oil and gas are among the most important global energy resources, playing a key role in transportation, industry, electricity generation, and economic development. They also influence global political and economic stability. This research is based on literature review, geological analysis, comparative data study, and evaluation of global and local challenges in Afghanistan's oil and gas sector. Afghanistan, despite being a developing country, possesses significant hydrocarbon potential that has not yet been fully utilized.

From a geological perspective, Afghanistan has a complex structure formed by tectonic activity, resulting in the presence of several sedimentary basins favorable for hydrocarbon accumulation. The most important basins include the Amu Darya Basin and the Afghan–Tajik Basin, while Herat, Katawaz, and Helmand basins are considered prospective. The stratigraphic structure of northern Afghanistan shows that Jurassic formations act as source rocks, Cretaceous sandstones serve as main reservoir rocks, and Paleogene deposits provide additional reservoir capacity, while shale and evaporite layers function as cap rocks.

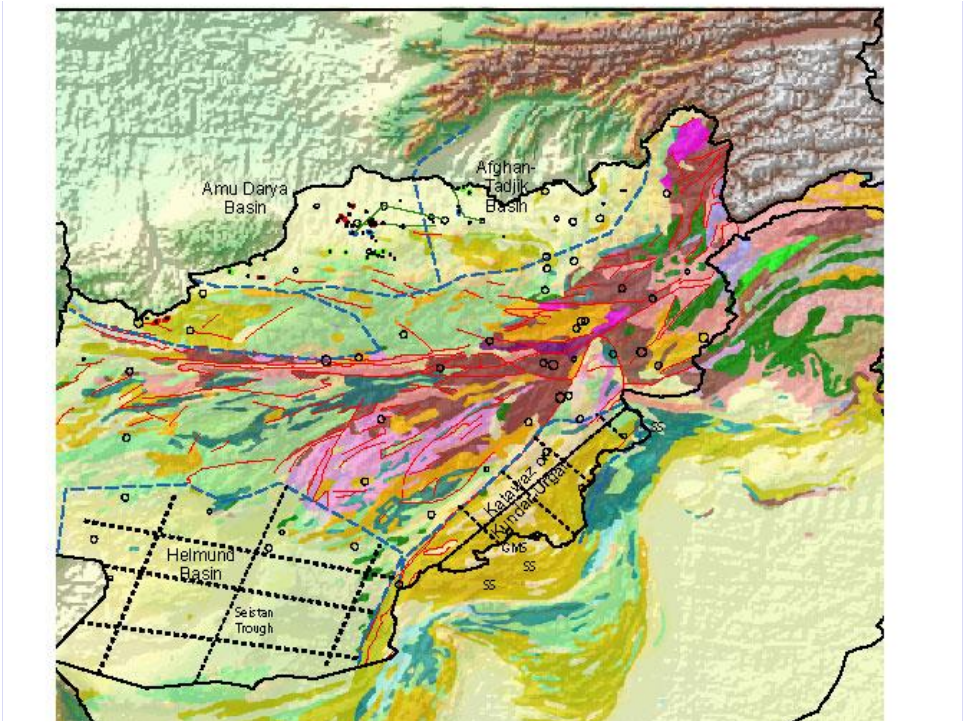


Fig. 1 - Geological map of Afghanistan showing the distribution of oil and gas basins

The history of oil and gas exploration in Afghanistan began in the 1950s, mainly in the northern regions. Significant discoveries include the Angot oil field (1959) and major gas fields such as Yatimtaq and Khwaja Gogerdaq. Intensive exploration was carried out during the Soviet period between 1957 and 1984, when approximately 370 wells were drilled and 14 oil and gas fields were discovered. However, exploration activities declined after the 1980s due to political instability. Later, the United States Geological Survey (USGS) conducted assessments that identified significant undiscovered resources, estimating about 1.6 billion barrels of oil and 16 trillion cubic feet of natural gas.

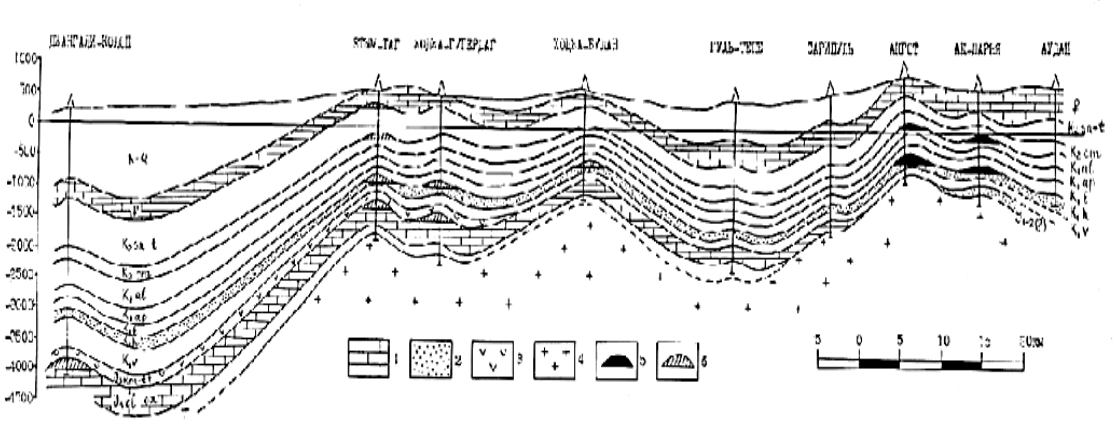


Fig. 2 - Geological profile of northern Afghanistan

Despite this potential, Afghanistan faces numerous challenges in developing its oil and gas sector. Globally, the industry is influenced by energy transition, environmental regulations, price volatility, and increasing technological demands. At the same time, Afghanistan experiences additional local challenges such as lack of infrastructure, limited investment, outdated technology, and security issues. Many existing fields are mature and rely on old equipment, resulting in low production efficiency. Furthermore, several basins remain underexplored due to insufficient geological data and difficult working conditions.

Table. Key challenges of oil and gas basins in Afghanistan

Basin	Key Fields	Main Challenges
Amu Darya Basin (North)	Jowzjan, Balkh, Sar-e Pol (Angot, Yatimtaq, Gogerdaq)	Aging infrastructure, limited technology, declining production
Afghan–Tajik Basin	Northern Afghanistan	Limited exploration data, lack of modern seismic surveys
Herat Basin (West)	Herat region	Political uncertainty, lack of investment, early-stage exploration
Katawaz Basin (East)	Southeast Afghanistan	Almost unexplored, security issues, no infrastructure
Helmand Basin (South)	Southern Afghanistan	Very limited geological data, high risk, no development activity

In conclusion, Afghanistan has significant oil and gas potential supported by favorable geological conditions and confirmed by both historical and modern studies. However, the development of this sector is limited by a combination of global and local challenges. Therefore, Afghanistan remains an underexplored but highly promising region, where future progress depends on investment, technological advancement, and political stability.

REFERENCES:

1. *Afghanistan Energy Profile*. – URL: https://keyfactsenergy.com (accessed: 22.03.2026)
2. Asian Development Bank. Afghanistan: Oil and Gas Sector Analysis. – Manila, 2017.
3. Ishaq, S., Farooqui, S. Afghanistan–Under Explored Basins and Hydrocarbon Potential Study // Search and Discovery. – 2013. – 2 p.
4. International Energy Agency. World Energy Outlook 2023. – Paris, 2023.
5. Khaliq, M. S. Oil and Gas Fields of Kashkari and Balkh. – Balkh, 2021. – 96 p.

6. Kingston, J. The Undiscovered Oil and Gas of Afghanistan. — Washington, DC: U.S. Geological Survey, 1990. — 36 p.
7. *Oil and Natural Gas in Afghanistan*. — URL: http://afghanistan.cr.usgs.gov/oil-and-natural-gas (accessed: 22.03.2026).
8. Qaim, Q. al-D. Geology of Northern Afghanistan. — Kabul: Kabul Polytechnic University, 2019. — 589 p.
9. *This Energy Company Hopes to Find Oil in Afghanistan*. — URL: http://www.businessinsider.com/this-energy-company-hopes-to-find-oil-in-afghanistan-2012-9?r=US&IR=T (accessed: 22.03.2026).
10. Tughyan, M., Jalali, R. A Look at the Oil and Gas Industry of Afghanistan // Journal of Mechanical, Civil and Industrial Engineering. — 2025. — Vol. 6, No. 3. — P. 10–15.

РАЗВИТИЕ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ
DEVELOPMENT OF STAFF POTENTIAL IN THE RUSSIAN OIL AND GAS INDUSTRY

Леонова О.В.
Leonova O.V.
Россия, г. Москва, ФГБУ «РЭА» Минэнерго России, Leonova@rosenergo.gov.ru

В условиях технологических вызовов и задач экономического суверенитета обеспечение топливно-энергетического комплекса (ТЭК) квалифицированными кадрами становится критически важным.

Согласно данным мониторинга Минэнерго России, в ТЭК сегодня занято 2,7 млн человек. Доля молодых специалистов сократилась до 22%, а средний возраст сотрудников вырос до 43 лет.

Задачи развития кадрового потенциала отражены в Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2050 года, утверждённой распоряжением Правительства Российской Федерации от 12 апреля 2025 года №908-р.

Ключевой задачей управления кадровым потенциалом отраслей ТЭК названо привлечение и удержание квалифицированных кадров, обеспечение профессионального развития персонала. Эти меры направлены на обеспечение ТЭК квалифицированными кадрами, обновление кадрового состава и решение задач технологического суверенитета и лидерства.

На 2025–2026 учебный год Минэнерго России сформировало госзаказ на подготовку 36 тыс. специалистов для ТЭК. Из них около 16 тыс. — по горному и нефтегазовому делу. В целом к 2030 году ТЭК планирует привлечь около 300 тыс. молодых специалистов.

По данным на март 2026 года, в стране создано около 787 инженерных классов, в которых обучается около 18,7 тыс. школьников.

Одной из важнейших задач ФГБУ «РЭА» Минэнерго России является развитие профессиональных знаний и компетенций работников ТЭК с учетом приоритетных направлений научно-технологического, инновационного развития и актуальных изменений законодательства при помощи таких ресурсов, как интернет-сервис «БиблиоТЭКа» (https://biblioteka.rosenergo.gov.ru/) и сайта научно-образовательного консорциума «Энергетика будущего» (https://энергетикабудущего.рф).

Проблематика лекций, представленных на ресурсах, раскрывает современные исследования в нефтегазовой отрасли, знакомит с инновационным опытом в ТЭК и авторами этого опыта, популяризирует ведущие тенденции развития теории и практики отраслей ТЭК.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Сайт Минэнерго России [Электронный ресурс]. URL: https://minenergo.gov.ru/ (дата обращения: 31.03.2026).
2. Сайт ФГБУ «РЭА» Минэнерго России [Электронный ресурс]. URL: https://rosenergo.gov.ru/ (дата обращения: 31.03.2026).
3. Интернет-сервис «БиблиоТЭКа» [Электронный ресурс]. URL: https://biblioteka.rosenergo.gov.ru/ (дата обращения: 31.03.2026).
4. Сайт Научно-образовательного консорциума «Энергетика будущего» [Электронный ресурс]. URL: https://энергетикабудущего.рф (дата обращения: 31.03.2026).

ДИАГНОСТИКА ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТИ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ
DIAGNOSTICS OF COMPLICATIONS IN OIL PRODUCTION IN WESTERN SIBERIA

Логинова Я.В., Порядин П.А., Петрикеев А.Д.
Loginova Ya.V., Poryadin P.A., Petrikeev A.D.
Россия, Воронежский государственный технический университет,
petrikeeva.nat@yandex.ru

Высоковязкая нефть Западной Сибири характеризуется неньютоновским поведением, чувствительностью к температуре, склонностью к формированию устойчивых водонефтяных эмульсий и интенсивному отложению асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО) на подземных коммуникациях и рабочей поверхности погружного оборудования. Климатические условия северных широт усиливают риски, поскольку понижение температуры ниже точки помутнения и роста кристаллов парафина ведёт к резкому увеличению гидравлических потерь и ускоренному износу устройств систем подъёма [1]. Учитывая масштаб ресурсной базы и стратегическую роль региональной добычи, задача ранней диагностики и профилактики осложнений при добыче нефти на данных территориях является важной для поддержания стабильного нефтяного фонда [2].

В 2021 году М.К. Рогачёв на страницах «Записок Горного института» представил обоснование комплексной технологии предупреждения асфальтосмолопарафиновых отложений при добыче высокопарафинистой нефти в северных районах, показав резкий рост гидравлических потерь и энергопотребления при переходе через температурные пороги кристаллизации парафина, и обосновал способ защиты с теплотехническими решениями [1]. В том же году автор опубликовал обзор в журнале «Энергетика и рациональное природопользование», где систематизировал факторы парафинообразования для высокозастывающих нефтей и предложил практику сезонной адаптации профилактики под реальную метеодинамику месторождений Крайнего Севера [4].

В 2023 году А.Н. Кабиров, анализируя фонд добывающих скважин на объекте БС10 Дружного месторождения, детализировал производственные признаки осложнений по телеметрии электропогружных установок, сопоставил тренды токов, дебита и доли воды, выделил сценарии эмульгирования и пескопроявлений и показал, как ранние индикаторы позволяют перенастраивать режимы и дозирование реагентов до наступления отказа [2].

В 2022 году И.Г. Ященко в журнале «Арктика и Север» описал физико-химические особенности трудноизвлекаемых нефтей на арктическом контуре, подчеркнул неньютоновскую реологию, устойчивость водонефтяных дисперсий и влияние минерализации на устойчивость эмульсий, тем самым уточнив лабораторные условия подбора деэмульгаторов и ингибиторов для северных промыслов [5]. Измерительная база работ опирается на действующие стандарты: процедуры отбора и консервирования проб по ГОСТ 2517 обеспечивают сопоставимость результатов лабораторий при фиксировании температуры, давления и фазового состава, тогда как ГОСТ 33 регламентирует определение кинематической вязкости с расчётом динамической и рекомендуемым диапазоном температур, что критически важно для высоковязких образцов и процессов охлаждения и разогрева, имитирующих реальное промысловое окно [3].

Совокупность указанных публикаций последних лет выстраивает логику от описания осложнений и реологических ограничений к инструментарию промышленной диагностики и стандартам измерений, на фоне которых оправдана интеграция телеметрии, лабораторных карт реагентов и сезонных регламентов профилактики в единую схему поддержки решений для условий Западной Сибири [1–4].

Вязкость высоковязкой нефти в северных условиях определяется не одним параметром, а совокупностью фракционного состава и соотношением асфальтенов, смол и парафинов. По мере снижения температуры происходит приближение к точке помутнения и температуре начала кристаллизации парафина, что приводит к

образованию твердой дисперсной фазы. Межкристаллитные контакты формируют пространственный каркас, растет структурная прочность и проявляется предельное напряжение сдвига. Для потока в стволе и обвязке это выражается в нелинейном росте гидравлических потерь при неизменном расходе. Это приводит к увеличению перепада давления на участках линии, уменьшению приемистости нагнетательных скважин, повышению токов потребления электропогружных установок, а также ускоренному налипанию органических отложений на колесах ступеней и внутренней поверхности насосно-компрессорных труб (НКТ) [4]. Стандартизованный подход опирается на капиллярные вискозиметры с последующим пересчетом динамической величины по плотности в соответствии с ГОСТ 33-2016. Для непрозрачных высокодисперсных систем, типичных для зимних проб с повышенной долей кристаллизовавшегося парафина, добавляют расширенные методики с контролем температуры, выдержкой образца и регистрацией гистерезиса при циклах нагрев–охлаждение, чтобы не переоценить текучесть при запуске скважины и выходе на режим [3].

Геологическая среда Западной Сибири задает фон осложнений не менее значительно, чем климат. Многопластовые коллекторы с чередованием проницаемых и слабопроницаемых прослоев формируют сложную систему притока, где различия в минерализации ионного состава пластовой воды влияют на склонность к солеотложению и устойчивость водонефтяных эмульсий. Локальные зоны с пониженной температурой, возникающие из-за неоднородностей фильтрации и теплопроводности пород, создают точки инициации парафинообразования прямо в призабойной зоне, что затем сказывается на наземной инфраструктуре. Разветвленная сеть сбора нефти с протяженными межпромысловыми коллекторами теряет тепло на теневых участках, поэтому в зимние месяцы наблюдается быстрое охлаждение потока ниже температурного порога кристаллизации. Это усиливает рост сопротивления, провоцирует срывы режимов и увеличивает риск образования пробок на «холодных» нитках. Транспортная удаленность и ограниченная доступность сервисных баз влечет усложнение цикла профилактики и повышает стоимость выезда бригад. На таком фоне оправдан выбор ингибиторных программ с подтвержденной долговременностью, применение адресного электрического подогрева на проблемных участках, а также регламент обработки призабойной зоны, синхронизированный с сезонными картами рисков и фактами отказов прошлого периода [5]. Интеграция геологической модели с тепловыми потерями по ниткам сбора позволяет точнее локализовать зоны высокого риска, снизить число аварийных остановов и перераспределить бюджет профилактики в пользу мер, стабилизирующих систему при колебаниях температуры.

Высоковязкие нефти на холодных участках контура накапливают органические компоненты, что сначала проявляется отклонениями телеметрии — ростом давления на приёме насоса, повышением токов, учащением остановок по температуре и падением дебита при неизменном пластовом давлении. Минеральные отложения и коррозия развиваются параллельно и усиливают друг друга, что быстро проявляется ростом перепадов на арматуре, падением пропускной способности и следами износа, а подтверждается анализом ионного состава, повышенным содержанием железа и данными толщиномеров.

Неустойчивая призабойная зона ведёт к выносу песка и абразивному износу, о чём сигналят ударные нагрузки, рост вибраций и нестабильное забойное давление, что уточняют гранулометрией, кавернограммами и сопоставлением режимов отбора с динамикой давления.

Рассмотрим основные негативные механизмы, их наиболее характерные ранние признаки с соответствующим лабораторным подтверждением, результаты сведем в таблицу 1.

Достоверность лабораторных выводов напрямую зависит от корректности отбора, транспортировки и подготовки проб. Для нефти и нефтепродуктов применяются процедуры в соответствии с ГОСТ 2517, обеспечивающие воспроизводимость результатов при фиксировании температуры, давления и доли водной фазы на момент отбора [3]. Использование чистой тары, оперативное перемешивание и исключение фазового расслаивания до начала анализа снижают неопределённость.

Таблица 1. Характеристика процесса отклонения

Механизм	Ранние онлайн-признаки	Лабораторное подтверждение	Производственный риск
АСПО	Рост ΔP на приёме насоса, рост токов УЭЦН, остановы по температуре, падение дебита при стабильном пластовом давлении	Фракционный анализ А/С/П, кинематическая вязкость по ГОСТ 33, карта кристаллизации	Освоения, ускоренный износ ЭЦН, потери доступности в «зиму»
Эмульгирование	Рост давления на КНС, «скачущий» расход, изменение диэлектрической проницаемости	Карта деэмульгаторов при «реальных» T и минерализации	Перегрузка подготовки, потери на транспорт
Соли/ коррозия	Рост перепадов на арматуре, падение пропускной способности	Ионный состав, индексы кристаллизации, купонометрия, ВТД	Потери металла, аварийные ремонты
Песок	Вибрации, ударные нагрузки, нестабильность забойного давления	Гранулометрия, кавернограмма, сопоставление режимов	Износ УЭЦН, рост ППР

Практика показывает, что соблюдение этих требований особенно важно в зимний период, когда малейшее охлаждение образца способно изменить структуру дисперсной системы и исказить последующую интерпретацию. Методика и температурные серии приведены в таблице 2.

Таблица 2. Ключевые измерения и стандарты

Параметр	Метод	Диапазон Т/условия	Стандарт	Параметр фиксации	Область применения
Отбор и консервация	Проба из устья/коллектора с фиксацией T, P, водной фазы	«Зима/лето», исключить расслаивание	ГОСТ 2517–2012	T, P, % воды, время	Все сценарии пробоотбора
Вязкость	Кинематическая, капиллярные вискозиметры, пересчёт в динамическую	Серия температур, имитация реальных условий	ГОСТ 33–2016	ρ, $\nu(T)$, режимы сдвига	Подбор депрессоров, тепла
Эмульсии	Деэмульсация при «реальных» минерализациях	Рабочие Т подготовки	Внутренние регламенты	Время расслоения, стабильность	Выбор деэмульгатора

Такой формат снижает риск ошибочного подбора доз и настройки частоты ЭЦН. Телеметрия УЭЦН (установка электроцентробежного насоса) даёт непрерывную картину состояния узлов и потока. Ранние отклонения проявляются как дрейф токовой нагрузки, рост реактивной составляющей, изменение формы вольтамперной траектории, увеличение вибраций и несоответствие между энергопотреблением и дебитом. Своевременная обработка сигналов с порогами, калиброванными по истории отказов, позволяет сузить круг вероятных механизмов и назначить минимально затратное подтверждающее обследование до остановки оборудования [2].

Сезонное охлаждение компенсируют адресным теплоподводом — устьевой подогрев, греющие секции, промывки горячей нефтью или пароконденсатные циклы — выбор определяют технико-экономическое обоснование, требования безопасности и доступность энергии [5].

Подбор химии ведут по лабораторным картам под фактическую минерализацию и температуры [4, 6]. Для АСПО применяют растворители, термохимию, циклы CO_2 и промывки деасфальтизированной нефтью, при солях — ингибированные кислоты с контролем продуктов реакции; режимы рассчитывают по гидродинамическим моделям и подтверждают лабораторно для конкретной нефти и воды [1, 6].

Снижение абразивного износа достигается установкой фильтров повышенной грязеёмкости, оптимизацией частоты вращения, изменением депрессии на пласт и применением пескозащитных приёмов. При устойчивом выносе частиц рассматривается перевод на альтернативные системы подъёма, что уменьшает частоту подземных ремонтов и повышает ресурс насосов [2].

Соблюдение ГОСТ 2517 при отборе и консервировании проб обеспечивает сопоставимость межлабораторных результатов. ГОСТ 33 задаёт процедуру измерения кинематической вязкости и расчёта динамической, что повышает точность подбора ингибиторов и тепловых режимов и позволяет корректно мониторить эффект профилактики во времени. Производственные регламенты по АСПО и методики расчёта норм расхода реагентов превращают результаты диагностики в технологические карты, исполняемые на промысле [3, 7].

Выводы. Систематизированы диагностические признаки осложнений при добыче высоковязкой нефти в северных широтах Западной Сибири. Описаны онлайн-метрики работы УЭЦН, лабораторные карты ингибиторов, регламенты отбора проб по ГОСТ и тепловые сценарии, что позволяет сформировать основу для создания целостной технологии профилактики для условий многолетнемёрзлой зоны. Установлено, что совмещение стандартной химической защиты и адресного подогрева при соблюдении процедур отбора и измерений снижает частоту отказов и стабилизирует дебит на межремонтном интервале. Полученные выводы подтверждают целесообразность интегрированной системы поддержки решений с использованием простых моделей риска и сезонной адаптации мер. Дальнейшее развитие связано с расширением набора датчиков, внедрением оптоволоконной диагностики и уточнением лабораторных методик под конкретные нефти региона.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Рогачёв, М.К. Обоснование комплексной технологии предупреждения образования асфальтосмолопарафиновых отложений при добыче высокопарафинистой нефти в условиях Крайнего Севера / М.К. Рогачев // Записки Горного института. — 2021. — Т. 250. — С. 646–656.
2. Кабиров, А.Н. Осложнения при эксплуатации добывающих скважин на объекте БС10 Дружного месторождения / А.Н. Кабиров // Нефтегазовое дело. — 2023. — № 10. — С. 125–135.
3. Рогачёв, М.К. Добыча высокозастывающих аномальных нефтей в условиях Крайнего Севера. Проблемы парафинообразования и пути их решения / М.К. Рогачев // Энергетика и рациональное природопользование. — 2021. — № 4. — С. 45–55.
4. Ященко, И.Г. Физико-химические свойства трудноизвлекаемой нефти в Арктике и особенности разработки / И.Г. Ященко // Арктика и Север. — 2022. — № 49. — С. 120–141.
5. РД 153-39.0-105-01. Методика расчёта норм расхода химреагентов при предотвращении и ликвидации отложений на объектах нефтедобычи. М.: ВНИИнефть. — 2001. — 68 с.

ДОБЫЧА НЕФТИ И ГАЗА В БАССЕЙНЕ MSGBC (СЕВЕРО-ЗАПАДНАЯ АФРИКА)
OIL AND GAS PRODUCTION IN THE MSGBC BASIN (NORTHWEST AFRICA)

Луиш К.К.Б.

Luis Q.C.B.

Россия, Российский Университет Дружбы Народов им. Патриса Лумумбы, luisquadecarol@gmail.com

Введение

Бассейн MSGBC (Мавритания, Сенегал, Гамбия, Гвинея-Бисау и Гвинея) является одним из наиболее перспективных нефтегазоносных регионов Африки. Он простирается вдоль побережья Атлантического океана более чем на 1 500 км и охватывает площадь около 600 000 км². За последние два десятилетия в бассейне были открыты крупные газовые и нефтяные месторождения, что радикально изменило его роль в мировой энергетике и привлекло внимание международных нефтегазовых компаний.

Таблица 1. Основные характеристики бассейна MSGBC

Параметр	**Значение**
Общая площадь	600 000 км²
Протяжённость побережья	1 500 км
Максимальная глубина	4 000 м

Геологические особенности и нефтегазовая система

MSGBC сформировался в результате раскрытия южной и центральной Атлантики около 140 млн лет назад. Нефтегазовый потенциал бассейна обусловлен сочетанием богатых органическим веществом нефтематеринских сланцев мелового и юрского возраста, высококачественных коллекторов (турбидитные песчаники и карбонаты) и надёжных покрышек из сланцев и эвапоритов. В бассейне развиты как структурные, так и стратиграфические ловушки, что обеспечивает разнообразие типов месторождений и высокий ресурсный потенциал.

Ключевые месторождения и проекты

Ключевым газовым проектом региона является месторождение Greater Tortue Ahmeyim (GTA) на морской границе Мавритании и Сенегала. Оно разрабатывается консорциумом под операторством BP и содержит порядка 15 трлн кубических футов извлекаемого газа. В 2024–2025 годах GTA вывело регион на новый уровень, обеспечив начало добычи и экспорта сжиженного природного газа (СПГ). Первая очередь проекта ориентирована на производство около 2,3–2,5 млн тонн СПГ в год с перспективой удвоения мощности на следующем этапе.

В Мавритании значимым открытием стало месторождение Бир Аллах с оценочными запасами порядка 50 трлн кубических футов природного газа, что делает его одним из крупнейших объектов бассейна. Дополнительный вклад в газовый потенциал вносят месторождения Банда и Тевет на шельфе Мавритании, ориентированные на снабжение внутреннего рынка и развитие газовой генерации. Исторически важным этапом стало нефтяное месторождение Чингуэтти; первое коммерческое месторождение нефти Мавритании, эксплуатация которого, хотя и завершилась, создала основу для дальнейшего освоения шельфа.

В Сенегале ключевую роль играет месторождение Сангомар, первое крупное нефтяное месторождение страны, разрабатываемое с использованием плавучей установки добычи, хранения и отгрузки нефти (FPSO). Проект сочетает добычу нефти и газа и является важным источником экспортной выручки. Газовые месторождения Якаар–Теранга на шельфе Сенегала ориентированы в первую очередь на снабжение внутреннего рынка газом, а на последующих этапах на экспорт СПГ.

Национальные компании и инфраструктура

Все государства бассейна располагают собственными национальными нефтяными компаниями, обеспечивающими суверенный контроль над ресурсами. В Мавритании эту роль выполняет SMH, в Сенегале — Petrosen, в Гвиней-Бисау — Petroguin-EP, в Гамбии — GNPC, в Гвиней — SONAP. Развитие инфраструктуры включает использование современных плавучих установок для добычи и сжижения газа (FLNG и FPSO), а также план по расширению региональных газопроводов и проект СПГ-терминал регазификации в Дакаре, Сенегал.

Таблица 2. Месторождения бассейна MSGBC

Месторождение	**Страна**	**Тип**	**Оценка запасы**
Greater Tortue Ahmeyim	Мавритания/Сенегал	Газ	15 трлн куб. ф. природного газа
Bir Allah	Мавритания	Газ	50 трлн куб. ф. природного газа
Banda– Tévét	Мавритания	Газ	2.2 трлн куб. ф. природного газа
Sangomar	Сенегал	Нефть и газ	650 млн барр/ ≈ 113 млрд $м^3$ п. газа
Yakaar–Teranga	Сенегал	Газ	25 трлн куб. ф. природного газа

Вызовы и перспективы развития

Быстрый рост добычи углеводородов создаёт для стран бассейна как новые возможности, так и серьёзные вызовы. Ключевыми задачами являются прозрачное управление доходами, укрепление институтов и предотвращение «ресурсного проклятия». Важную роль играют участие в международных инициативах по прозрачности, развитие национального кадрового и технологического потенциала, а также обеспечение экологической безопасности в условиях чувствительных морских экосистем и традиционного рыболовства.

Заключение

За относительно короткий период бассейн MSGBC превратился из малоизученного региона в один из наиболее динамично развивающихся центров добычи нефти и газа в Африке. Реализация крупных проектов, таких как GTA и Сангомар, открывает для стран региона возможность диверсифицировать экономику, укрепить энергетическую безопасность и повысить своё значение на глобальном энергетическом рынке. Долгосрочное наследие этой «нефтегазовой эры» будет определяться качеством управления ресурсами, уровнем национального участия и способностью сочетать экономическое развитие с экологической устойчивостью и интересами прибрежных сообществ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. BP p.l.c. Grand Tortue Ahmeyim Project — Project Update. London: BP Global Publications, 2024. 32 p.
2. Woodside Energy Group Ltd. Sangomar Field Development Phase 1 — Annual Report and Operations Review. Perth: Woodside Energy, 2024. 45 p.

3. Kosmos Energy Ltd. Annual Report 2023: West Africa Operations — Mauritania, Senegal and The Gambia. Dallas: Kosmos Energy, 2023. 88 p.
4. Petrosen — Société des Pétroles du Sénégal. Rapport Annuel 2023. Dakar: Petrosen, 2023. 60 p.
5. SMHPM — Société Mauritanienne des Hydrocarbures et du Patrimoine Minier. Rapport d'activités 2022. Nouakchott: SMHPM, 2022. 52 p.
6. International Energy Agency (IEA). Africa Energy Outlook 2023. Paris: IEA Publications, 2023. 210 p. ISBN 978-92-64-77989-9.

ГЕОПОЛИТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ НОВЫХ ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МОЗАМБИКА
GEOPOLITICAL SIGNIFICANCE OF NEW GAS FIELDS IN MOZAMBIQUE

Луиш Кайзер Жозе
Luis Kaiser Jose
Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И. М. Губкина, email: kaiserjose907@gmail.com

В последние годы Мозамбик превратился в один из эпицентров мировой энергетической геополитики благодаря открытию крупных месторождений природного газа в бассейне Рувума. Данные недр указывают на объем извлекаемых ресурсов, оцениваемый в размере, превышающем первоначальные прогнозы. Сейсмические исследования 3D и разведочное бурение, проведенные в период с 2010 по 2024 год, позволили повысить оценку извлекаемых запасов. По данным Eni, объем газа в месте (*gas in place*) в месторождениях Coral, Mamba Complex и Agulha составляет около **2,4 трлн куб. м** . Подтвержденные извлекаемые ресурсы на участке Area 1 (проект Mozambique LNG) оцениваются в **1,84 трлн куб. м (65 трлн куб. футов)**, что в совокупности выводит Мозамбик на третье место в Африке по величине запасов и в число ведущих регионов глубоководной разведки в мире.

Структура проектов по сжижению природного газа (СПГ) делится на два основных направления: плавучие заводы FLNG (Coral South и Coral North) и наземные проекты в районе Афунги. Coral South (3,4 млн т/год) находится в эксплуатации с 2022 года, поставив на рынок более 135 партий СПГ. В январе 2026 года состоялся спуск на воду корпуса Coral North FLNG мощностью 3,6 млн т/год, который планируется ввести в эксплуатацию к 2028 году, что удвоит текущий объем производства СПГ в Мозамбике до 7 млн т/год.

Таблица 1: Производственные мощности по проектам СПГ (2025–2035)

Проект	**Оператор**	**Мощность (млн тонн в год – MTPA)**	**Статус (2026)**	**Планируемый запуск**
Coral South FLNG	Eni	3,4	В эксплуатации	2022
Coral North FLNG	Eni	3,6	Спуск корпуса (01/2026)	2028
Mozambique LNG	TotalEnergies	13,1	Перезапуск строительства (01/2026)	2029
Rovuma LNG (Фаза 1)	ExxonMobil/Eni	15,2	Предварительное проектирование	2031–2032
Общая установленная мощность		**~35,3 MTPA**		**2032**

Геополитическая интеграция и товарные потоки

Возвышение Мозамбика происходит в момент пере конфигурации глобальных цепочек энергоснабжения. После энергетического кризиса 2022 года и снижения зависимости Европы от российского газа, мозамбикский СПГ приобретает стратегическое значение для диверсификации поставок. Согласно аналитическим оценкам, к 2040 году Мозамбик может войти в десятку крупнейших производителей СПГ в мире и обеспечить до 20% от общего объема производства в Африке.

Геополитическая значимость региона также подчеркивается вовлеченностью международных актёров в обеспечение безопасности. Европейский Союз выделял около **46 млн долларов США** на финансирование руандийского военного контингента, обеспечивающего безопасность проектов в Кабу-Делгаду, что отражает прямую связь между европейскими энергетическими интересами и стабильностью в регионе.

Макроэкономические последствия и налоговые прогнозы

Масштаб инвестиций представляет собой беспрецедентный в истории Мозамбика шок капитала. Общий объем инвестиций в проект Mozambique LNG оценивается в **20 млрд долларов США**, при этом совокупные инвестиции с учетом проекта Rovuma LNG достигнут десятков миллиардов долларов.

Согласно заявлениям президента Мозамбика Даниэля Чапо, проект Mozambique LNG может принести государству до **35 млрд долларов США** налоговых поступлений и прибыли за весь период эксплуатации. Выход на полномасштабную добычу ожидается к 2029–2030 годам. Вместе с тем, по оценкам S&P, значительные налоговые поступления начнут поступать в бюджет только с 2030 года, что создает бюджетно-фискальные вызовы в краткосрочной перспективе.

Таблица 2: Макроэкономические показатели и прогнозы (2023–2035)

Показатель	2023 (база)	2030 (прогноз)	2035 (прогноз)	Источник
Общие налоговые поступления от газа (млрд USD)	–	–	1,0 (ежегодно)	S&P, 2024
Совокупные доходы бюджета от Mozambique LNG (млрд USD)	–	–	35 (за весь период)	TotalEnergies/Reuters
Объем экспорта СПГ (млрд USD)	–	–	90 (за весь период)	S&P, 2024
Прямые рабочие места (пик строительства)	–	до 7 000	–	TotalEnergies

Структурные вызовы: безопасность, конфликт и социальные издержки

Несмотря на потенциал, траектория роста обусловлена решением критических проблем. Провинция Кабу-Делгаду, где расположены наземные проекты, с 2017 года является зоной вооруженного конфликта, в результате которого, по данным ACLED, погибло более 6 400 человек. В 2021 году TotalEnergies объявила форс-мажор, и строительство было приостановлено на почти пять лет.

В январе 2026 года строительство проекта Mozambique LNG было официально возобновлено после улучшения ситуации с безопасностью, в том числе благодаря присутствию руандийских войск. Однако сохраняются

риски, связанные с возможным выводом руандийского контингента из-за прекращения финансирования со стороны ЕС и санкций США в отношении Руанды.

Социальное неравенство и права человека: Проект сталкивается с серьезной критикой со стороны правозащитных организаций. Европейский центр конституционных и прав человека (ECCHR) подал во Франции жалобу на TotalEnergies с обвинениями в соучастии в военных преступлениях, пытках и насильственных исчезновениях, связанных с действиями мозамбикских сил безопасности на территории проекта в 2021 году ("контейнерная резня"). Эксперты ООН также выразили обеспокоенность по поводу финансирования проекта Coral North Африканским банком развития, указывая на риски нарушения прав человека и недостаточную пользу для местных сообществ.

Экологические риски и энергетический переход

Разработка мегапроекта по добыче углеводородов в стране с чувствительными экосистемами вызывает серьезные экологические опасения. Эксперты ООН выразили "серьезную обеспокоенность" в связи с решением Африканского банка развития выделить **150 млн долларов США** на финансирование проекта Coral North, предупреждая, что проект может усугубить изменение климата и отвлечь публичные средства от инвестиций в возобновляемую энергетику.

Критики проекта указывают на его несоответствие климатическим целям и Парижскому соглашению. Экологическая организация Friends of the Earth назвала проект "климатической бомбой замедленного действия с огромными климатическими последствиями». В то же время операторы проектов заявляют о внедрении планов по управлению экологическими и социальными последствиями, включая сохранение среды обитания и снижение выбросов.

Заключение

Новые газовые месторождения Мозамбика представляют собой вектор геополитической и экономической трансформации континентального масштаба. С вводом в эксплуатацию проектов Coral North (2028) и Mozambique LNG (2029) страна станет третьим по величине производителем СПГ в Африке. Однако реализация этого потенциала зависит от способности мозамбикского государства и транснациональных корпораций одновременно управлять рисками в сфере безопасности, удовлетворять требования социальной справедливости и противостоять глобальному экологическому давлению. Успех этого стресс-теста определит не только будущее Мозамбика, но и модель освоения природных ресурсов в Африке в пост переходную эпоху.

ЛИТЕРАТУРА:

- Offshore Source. *Eni Announces the Hull Launch of the Coral North FLNG*. 20 января 2026. URL: https://offshoresource.com/news/oil-gas/eni-announces-the-hull-launch-of-the-coral-north-flng/
- The Energy Year. *Project highlight: Mozambique LNG*. 29 января 2026. URL: https://theenergyyear.com/articles/project-highlight-mozambique-lng/
- African Business. *Mozambique's future LNG windfall will not ease immediate pressures, says S&P*. 5 июня 2024. URL: https://african.business/2024/06/resources/mozambiques-future-lng-windfall-will-not-ease-immediate-pressures-says-sp
- allAfrica.com. *Africa: Lessons from Rwanda's Threat to Withdraw From Cabo Delgado*. 31 марта 2026. URL: https://allafrica.com/stories/202604010416.html
- Scoop (New Zealand). *Mozambique: UN Experts Concerned By African Development Bank Funding For Floating LNG Project*. 19 марта 2026. URL: https://www.scoop.co.nz/stories/WO2603/S00186/mozambique-un-experts-concerned-by-african-development-bank-funding-for-floating-lng-project.htm

- Institute of Energy for South-East Europe. *Mozambique, Total Energies Relaunch $20 Billion LNG Project*. 29 января 2026. URL: https://iene.eu/energy-news/mozambique-totalenergies-relaunch-20-billion-lng-project-p8265.html
- The Irish Times. *A murky story of gas in Mozambique*. 19 марта 2026. URL: https://irishtimes-irishtimes-prod.cdn.arcpublishing.com/world/2026/03/19/eu-pulls-funding-for-rwandan-force-amid-murky-scramble-for-gas-in-mozambique/
- Diario Estrategia (Chile). *TotalEnergies reanuda su proyecto milmillonario de gas licuado en Mozambique tras casi cinco años de parón*. 29 января 2026. URL: https://www.diarioestrategia.cl/texto-diario/mostrar/5752608/totalenergies-reanuda-proyecto-milmillonario-gas-licuado-mozambique-casi-cinco-anos-paron
- Al Jazeera. *Total Energies restarts $20bn LNG project in Mozambique after 5-year freeze*. 29 января 2026. URL: https://www.aljazeera.com/news/2026/1/29/total-restarts-20bn-lng-project-in-mozambique-after-five-year-freeze
- Market Screener. *Eni S.p.A. announces the Hull Launch of the Coral North FLNG*. 16 января 2026. URL: https://www.marketscreener.com/news/eni-s-p-a-announces-the-hull-launch-of-the-coral-north-flng-ce7e58dedc80f420

КАТАЛИЗАТОР ГОРЕНИЯ ДЛЯ ОСТАТОЧНОГО СУДОВОГО ТОПЛИВА КАК МЕТОД СОКРАЩЕНИЯ ВЫБРОСОВ ОКСИДОВ АЗОТА

COMBUSTION CATALYST FOR RESIDUAL MARINE FUEL AS A METHOD OF REDUCING NO_x EMISSIONS

Лысенко А.В.[1], Вихрицкая А.О.[1,2], Зверева А.Э.[1,2], Савеленко В.Д.[1,2], Лобашова М.М.[1,2], Ершов М.А.[1,2]

Lysenko A.V.[1], Vikhritskaia A.O.[1,2], Zvereva A.E.[1,2], Savelenko V.D.[1,2], Lobashova M.M.[1,2], Ershov M.A.[1,2]

[1] Россия, ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина», anastasialysenko589@yandex.ru

[2] Россия, ООО «ЦМНТ», a_vikhritskaia@ntwc.ru

В 2024 году объемы мировой морской торговли достигли 12 720 млн тонн, увеличившись на 2,2% по сравнению с предыдущим годом. Согласно прогнозам UNCTAD, в период 2026–2030 гг. ожидается среднегодовой рост показателя на уровне около 2% [1]. Рост грузоперевозок закономерно влечет увеличение потребления судового топлива и ужесточение требований к его характеристикам со стороны экологического законодательства.

Основными потребителями судовых топлив выступают крупнотоннажные суда с низкооборотными двухтактными двигателями, для которых остаточные судовые топлива (ОСТ) остаются основным энергоносителем. В российской структуре производства судовых топлив за последние пять лет доля остаточных марок увеличилась до 60% (Рис. 1). Для внутреннего рынка в соответствии с требованиями IMO 2020 наиболее востребовано топливо с содержанием серы 0,5%, производство ультранизкосернистого топлива (0,1%) ограничено технологической сложностью и ориентацией российских НПЗ на базовые остаточные фракции [2].

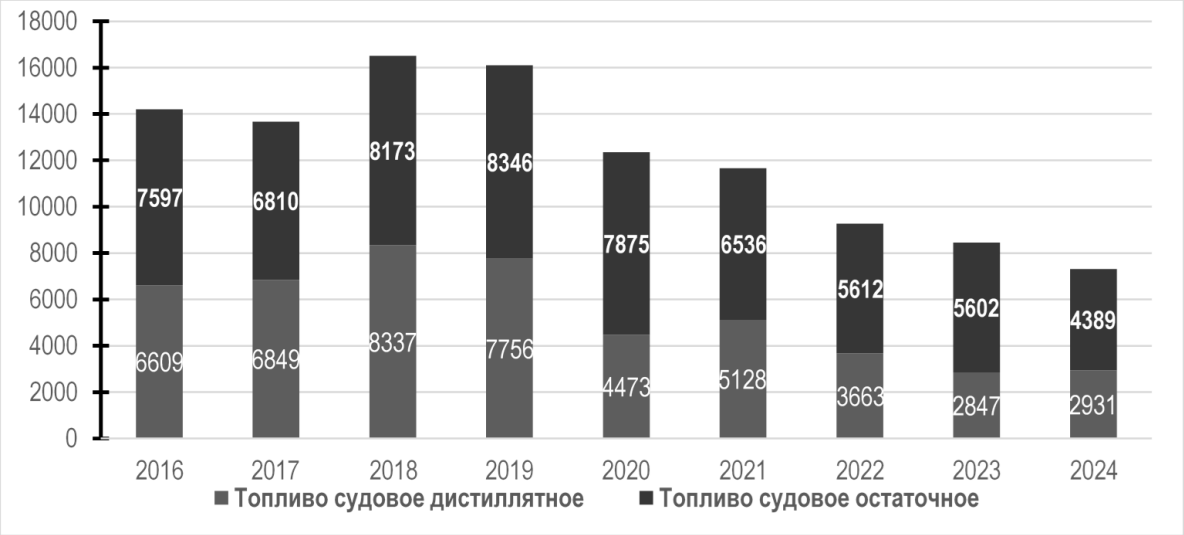


Рис. 1 - Производство судовых топлив на НПЗ Российской Федерации

В течение последних лет исследования топлив и совершенствования двигателей были направлены на повышения КПД и продления срока службы двигателя в условиях работы на ОСТ. В настоящее время особенно большое внимание сконцентрировано на экологической приемлемости топлива. В отношении ОСТ это касается сокращения выбросов опасных компонентов выхлопных газов, таких как оксиды азота NO_x, поскольку они являются прекурсорами кислотных осадков и фотохимического смога и обладают токсичностью в отношении живых организмов. Сокращение эмиссии достигается изменением состава топлив, доочисткой выхлопных газов и оптимизацией внутрицилиндровых процессов.

Согласно Приложению VI MARPOL 73/78, для судовых двигателей мощностью более 130 кВт установлены три уровня ограничений выбросов NO_x: Tier I (с 2004 г.), Tier II (с 2011 г.) и Tier III – для зон контроля выбросов (ECA) с 2016 г., где норматив ужесточен на 80% относительно Tier I [3]. Достижение этих требований предполагает

применение методов, снижающих образование NO_x путем оптимизации сгорания и уменьшения пиковых температур в цилиндрах.

Методом сокращение NO_x в отработанных газах, не требующим значительной модернизации двигателя или установки дополнительного крупногабаритного оборудования, является использование топливных присадок – катализаторов горения. По составу катализаторы горения подразделяются на мателлоорганические и беззольные.

Металлоорганические катализаторы содержат металлы переменной валентности – железо, церий, марганец – в форме нафтенатов, 2-этилгексаноатов или ферроценов [4-6]. В камере сгорания органическая составляющая разлагается, высвобождая высокодисперсные оксиды металлов - реакционные центры. На поверхности оксидов происходит диссоциативная адсорбция молекулярного кислорода с образованием радикалов $O^{\cdot}$, инициирующих цепные процессы разложения углеводородов и сокращающих период задержки воспламенения [7]. Переходные металлы являются переносчиками кислорода с первых стадий горения, на которых кислород находится в избытке, на последние стадии, где испытывается его недостаток [8].

Для железосодержащих катализаторов перенос осуществляется в цикле $Fe^{3+} \leftrightarrow Fe^{2+}$. Для церия характерен аналогичный цикл с участием CeO_2 и Ce_2O_3, отличающихся высокой кислородной емкостью и эффективностью при более низких температурах. В результате каталитического действия сокращается период задержки воспламенения, смещается профиль тепловыделения к верхней мертвой точке и снижаются пиковые температуры в цилиндре, что подавляет образование термических NO_x по механизму Зельдовича. Это позволяет одновременно снижать выбросы NO_x на 15–35% и твердых частиц на 30–60% при дозировках 50–500 ppm [7].

К недостаткам металлоорганических катализаторов относится риск образования зольных отложений на элементах цилиндропоршневой группы и выпускного патрубка. Для минимизации этого эффекта применяют комбинации металлов с органическими стабилизаторами, такими как полиизобутиленсукцинимиды, алкилсалицилаты [8].

Беззольные катализаторы представляют собой преимущественно алкилнитраты (2-этилгексилнитрат, изодецилнитрат, циклогексилнитрат), пероксиды (ди-трет-бутилпероксид, циклические трипероксиды) и их композиции. Механизм их действия заключается в ускорении распада перекисных соединений в топливе на стадии воспламенения, что повышает расчетный индекс воспламеняемости и сокращает период задержки воспламенения. Смещение начала сгорания к верхней мертвой точке позволяет снизить максимальные температуры в цилиндре и, соответственно, выход термических NO_x. Однако потенциал снижения NO_x у беззольных катализаторов ограничен и проявляется лишь для топлив с цетановым индексом менее 35. Некоторые компоненты, такие как 2-этилгексилнитрат (2-ЭГН), циклические пероксиды, характеризуются пониженной термостабильностью и требуют повышенных дозировок (0,1–0,5% от массы топлива). К достоинствам данной группы относится отсутствие зольных отложений и высокая совместимость с ОСТ.

Ужесточение экологических требований к судовым топливам на фоне роста морских перевозок делает использование металлоорганических катализаторов горения наиболее экономически эффективной альтернативой технической модернизации двигателей. Такие присадки позволяют одновременно снижать выбросы NOx и твердых частиц, что критически важно для работы на остаточных судовых топливах.

Несмотря на их высокую эффективность, количество коммерческих образцов на мировом рынке ограничено, а в России данный сегмент практически отсутствует. Существует острая потребность в разработке новых металлоорганических катализаторов горения, адаптированных к российским условиям. Приоритетным направлением должна стать организация их промышленного выпуска, что позволит обеспечить технологическую независимость отрасли и выполнение международных экологических норм.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Организация Объединённых Наций. Конференция ООН по торговле и развитию. Review of maritime transport 2025: Staying the course in turbulent waters: UNCTAD: [электронный ресурс]. – Дженива: United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), 2025. – 1 электрон. файл (172 с.). – Режим доступа: https://unctad.org/publication/review-maritime-transport-2025 (дата обращения: 27.01.2026). – ISBN 978-92-1159177-4.
2. Лобашова М. М. Ограниченность ресурсной базы для производства смесевых судовых топлив. Проблема стабильности и совместимости топлив // XVIII Всероссийский бункерный форум. – Санкт—Петербург, 2025. – URL: https://disk.360.yandex.ru/i/PsJicTGw4TToDw (дата обращения: 19.10.2025).
3. Приложение VI (пересмотренное) к Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов 1973 года, измененной Протоколом 1978 года к ней (МАРПОЛ 73/78) // Консорциум Кодекс: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов — URL: https://docs.cntd.ru/document/499014496 (дата обращения: 02.03.2026).
4. Патент № US20240043761A1 США, МПК C10L 1/2437, C10L 10/02, Y02T 10/12 и др. Additive to reduce particulate matter in emissions deriving from the combustion of diesel fuel and fuel oil and fuel composition that contains it: № 18/022,381: заявл. 23.08.2021: опубл. 08.02.2024 / Педраццини Ч. (PEDRAZZINI C.), PEDRAZZINI CHIMICA S.R.L. – 8 с.
5. Патент № US20130183628A1 США, МПК C10L 1/10, C10L 1/14, C10L 10/02 и др. Additive fuel composition, and method of use thereof: № 13/676,234: заявл. 14.11.2012: опубл. 18.07.2013 / Papachristos M., McRobbie I. M., Kamran D.; заявитель Innospec Limited. –19 с.
6. Патент № US5145488A США, МПК C10L 1/245, C10L 1/12, C10L 10/02 и др. Fuel composition for reducing exhaust emissions: № 07/589,375: заявл. 28.09.1989: опубл. 08.09.1992 / Nikanjam M., Burk M. J.; заявитель Hoechst Aktiengesellschaft. – 10 с.
7. Gürü M., Karakaya U., Altıparmak D. et al. Improvement of diesel fuel properties by using additives // Energy Conversion and Management. – 2015. – Vol. 89. – P. 525–531.
8. Данилов А. М. Применение присадок в топливах: справочник / А. М. Данилов. — 3-е изд., доп. — СПб.: ХИМИЗДАТ, 2010. — 368 с. — ISBN 978-5-93808-183-3.

ПАРТНЁРСТВА НА МЕЖДУНАРОДНОМ УРОВНЕ И ИНОСТРАННЫЕ ИНВЕСТИЦИИ В МОЗАМБИКЕ В ОБЛАСТИ НЕФТИ И ГАЗА

INTERNATIONAL PARTNERSHIPS AND FOREIGN INVESTMENT IN MOZAMBIQUE IN THE OIL AND GAS SECTOR

Маполисса Алина Годфрэй
Mapolissa Alina Godfrey
Российский государственный геологоразведочный университет имени С. Орджоникидзе (МГРИ), mapolissa@yandex.ru

Введение

Мозамбик, расположенный на юго-восточном побережье Африки, за последние десятилетия превратился в один из самых привлекательных инвестиционных направлений в сфере нефтегазовой промышленности. Открытие огромных запасов природного газа в бассейне Ровума в начале 2010-х годов положило начало беспрецедентному притоку иностранного капитала и привлекло внимание крупнейших энергетических корпораций мира.

Этот документ представляет собой всесторонний анализ международных партнерств и иностранных инвестиций в нефтегазовом секторе Мозамбика. Мы рассмотрим геологический потенциал страны, крупнейшие проекты, структуру инвестиций, а также экономическое влияние этих разработок на развитие национальной экономики и благосостояние населения.

По данным Банка Мозамбика, прямые иностранные инвестиции (ПИИ) в первом полугодии 2025 года достигли рекордных 2,532 миллиарда долларов США, что на 37,5% превышает показатели аналогичного периода 2024 года. При этом около 76% всех инвестиций направлено именно в нефтегазовый сектор, что подчеркивает стратегическую важность этой отрасли для экономики страны.

Геологический потенциал Мозамбика

Бассейн Ровума

Бассейн Ровума, расположенный у северного побережья Мозамбика, представляет собой одно из крупнейших газоносных месторождений в мире. Геологические исследования, проведенные в 2000-х годах, выявили огромные запасы природного газа, которые по своим масштабам сопоставимы с крупнейшими месторождениями Катара и Австралии.

Бассейн разделен на четыре основные концессионные зоны: Area 1, Area 2, Area 3 и Area 4. Наибольший интерес для международных инвесторов представляют Area 1 и Area 4, где сосредоточены основные промышленные запасы газа. Геологическая структура бассейна обусловлена осадочными отложениями мелового и кайнозойского периодов, создавшими идеальные условия для формирования и сохранения природного газа.

Запасы природного газа

По оценкам американской геологической службы и независимых аудиторских компаний, общие запасы природного газа в бассейне Ровума составляют от 85 до 100 триллионов кубических футов (TCF). Это делает Мозамбик одним из крупнейших обладателей неразведанных газовых ресурсов в мире и потенциальным игроком на глобальном рынке сжиженного природного газа (СПГ).

Area 4, контролируемая консорциумом во главе с ExxonMobil и Eni, содержит более 85 TCF подтвержденных запасов. Area 1, где основным оператором является TotalEnergies, располагает запасами около 65 TCF. Эти цифры делают мозамбикские месторождения привлекательными для долгосрочных инвестиций с горизонтом эксплуатации 30-50 лет.

Крупнейшие международные проекты

Mozambique LNG (TotalEnergies)

Проект Mozambique LNG в Area 1 возглавляет французская компания TotalEnergies, которая является оператором с долей в 26,5%. Общий объем инвестиций в проект оценивается в 20 миллиардов долларов США, что делает его одним из крупнейших энергетических проектов в Африке.

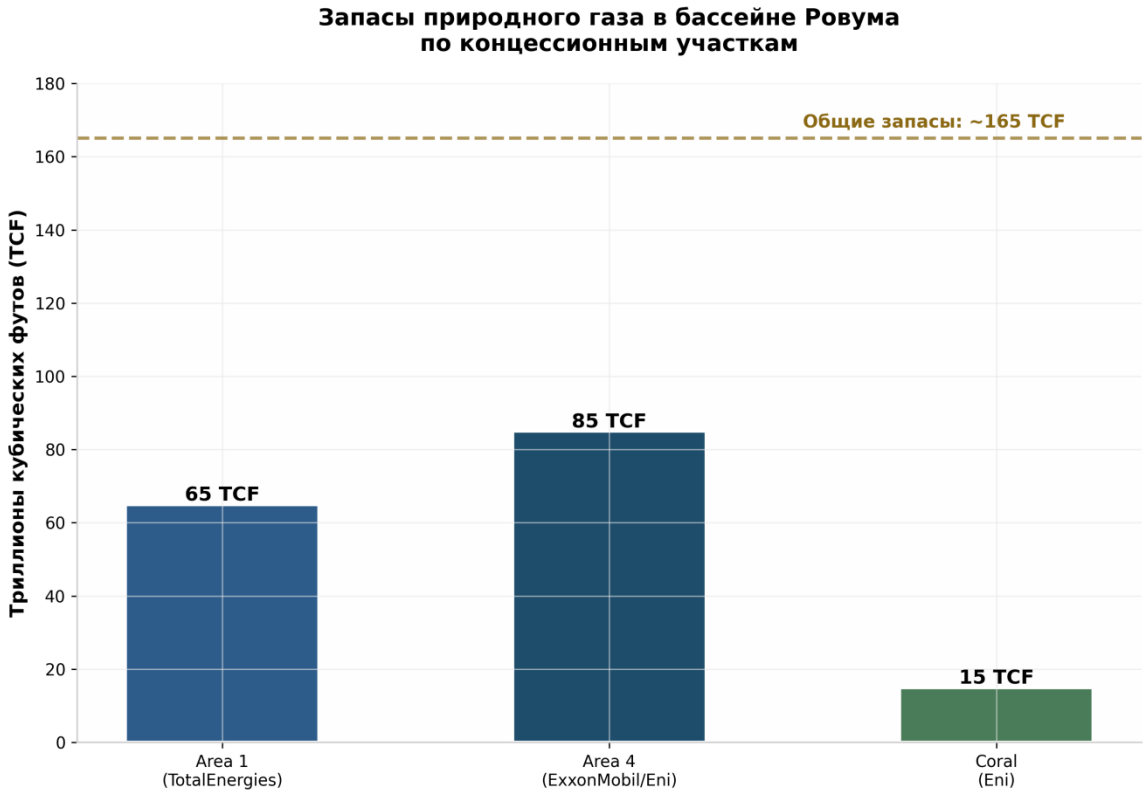


Рис. 1 - Запасы природного газа в бассейне Ровума по концессионным участкам

Проект предусматривает строительство двух линий сжижения газа общей мощностью 13 миллионов тонн в год (mtpa). В перспективе планируется расширение до 43 mtpa, что потребует дополнительных инвестиций и строительства новых производственных мощностей.

В 2021 году TotalEnergies была вынуждена приостановить работы из-за вооруженных нападений в провинции Кабу-Дельгаду. Однако в октябре 2025 года компания сняла форс-мажорные обстоятельства и возобновила строительство. Первые поставки СПГ ожидаются в 2029 году.

Rovuma LNG (ExxonMobil)

Проект Rovuma LNG в Area 4 возглавляет американская корпорация ExxonMobil. Общий объем инвестиций оценивается в 30 миллиардов долларов, что делает этот проект еще более масштабным, чем Mozambique LNG. Планируемая мощность составляет 18 миллионов тонн СПГ в год.

Консорциум Area 4 включает ExxonMobil (40%), Eni (40%) и китайскую CNPC (20%). ExxonMobil отвечает за строительство и эксплуатацию наземных объектов, в то время как Eni курирует морские операции. В ноябре 2025 года ExxonMobil также сняла форс-мажор, и ожидается, что окончательное инвестиционное решение (FID) будет принято в первой половине 2026 года.

Проекты Coral (Eni)

Итальянская компания Eni реализует два плавучих проекта по сжижению газа (FLNG) в рамках концессии Area 4. Проект Coral Sul, запущенный в 2022 году, стал первым в Мозамбике действующим СПГ-проектом с мощностью около 3,4 mtpa. Инвестиции в этот проект составили около 4,5 миллиарда долларов.

В октябре 2025 года Eni приняла окончательное инвестиционное решение по проекту Coral Norte, который удвоит производственные мощности до 2028 года. Инвестиции в Coral Norte составят 7,2 миллиарда долларов. Эти плавучие платформы позволяют ускорить вывод продукции на рынок по сравнению с традиционными наземными объектами. **Структура иностранных инвестиций**

Основные страны-инвесторы

Анализ данных Банка Мозамбика за первое полугодие 2025 года показывает четкую картину географической структуры прямых иностранных инвестиций. Лидирующую позицию занимают Нидерланды с долей 36,3% (920 миллионов долларов), что объясняется наличием там штаб-квартир многих международных энергетических компаний.

Италия занимает второе место с 19,4% (492 миллиона долларов), что связано с активностью Eni в регионе. Южно-Африканская Республика обеспечивает 19,1% (484 миллиона долларов) благодаря региональным связям и транспортной инфраструктуре. Маврикий, несмотря на небольшие размеры, привлекает 18,9% (478 миллионов долларов) благодаря выгодному налоговому режиму.

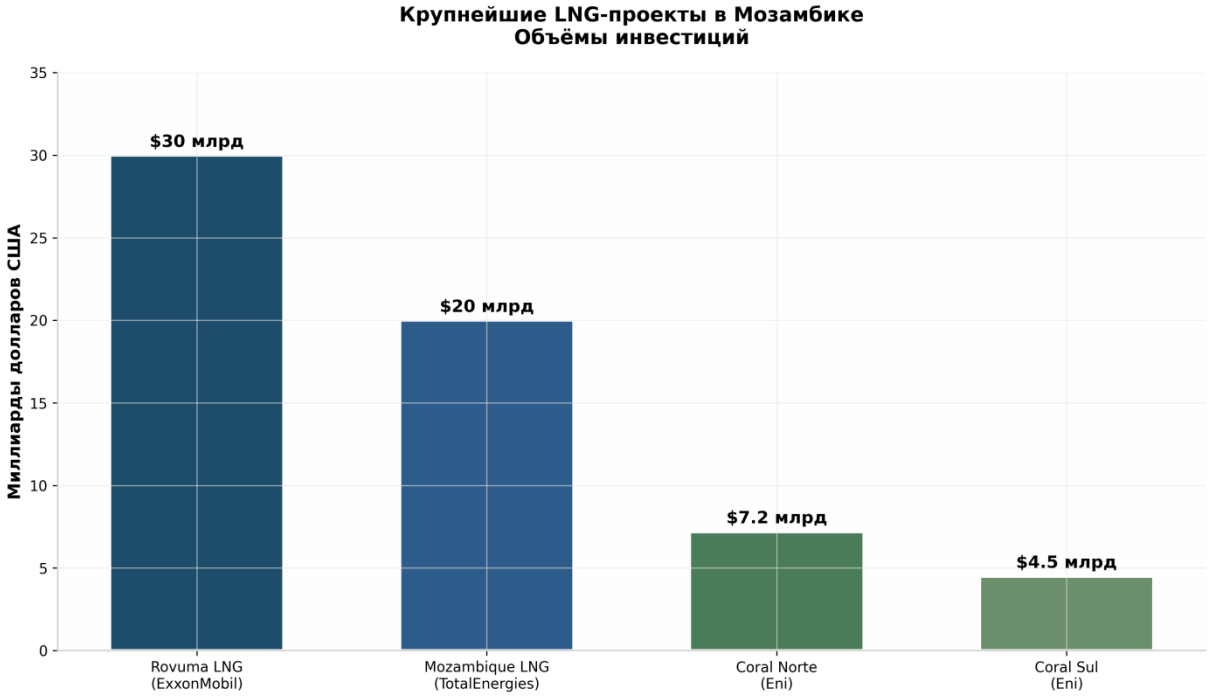


Рис. 2 - Крупнейшие LNG-проекты в Мозамбике по объемам инвестиций

Распределение по секторам

Добывающая промышленность остается основным получателем иностранных инвестиций, концентрируя 93% всех притоков капитала. Внутри этого сектора нефтегазовая отрасль абсорбирует около 1,8 миллиарда долларов, что составляет 76,2% от общего объема инвестиций в добывающую промышленность.

Угольная промышленность, традиционно важная для экономики Мозамбика, получила 448 миллионов долларов (19% от общего объема). Другие секторы, включая недвижимость, строительство и услуги, получают относительно небольшую долю инвестиций, что отражает ориентацию экономики на экспорт сырьевых ресурсов.

Динамика инвестиций

Динамика прямых иностранных инвестиций в Мозамбик демонстрирует устойчивый рост в последние годы. В первом полугодии 2025 года объем ПИИ достиг 2,532 миллиарда долларов, что на 37,5% превышает показатели аналогичного периода 2024 года (1,841 миллиарда).

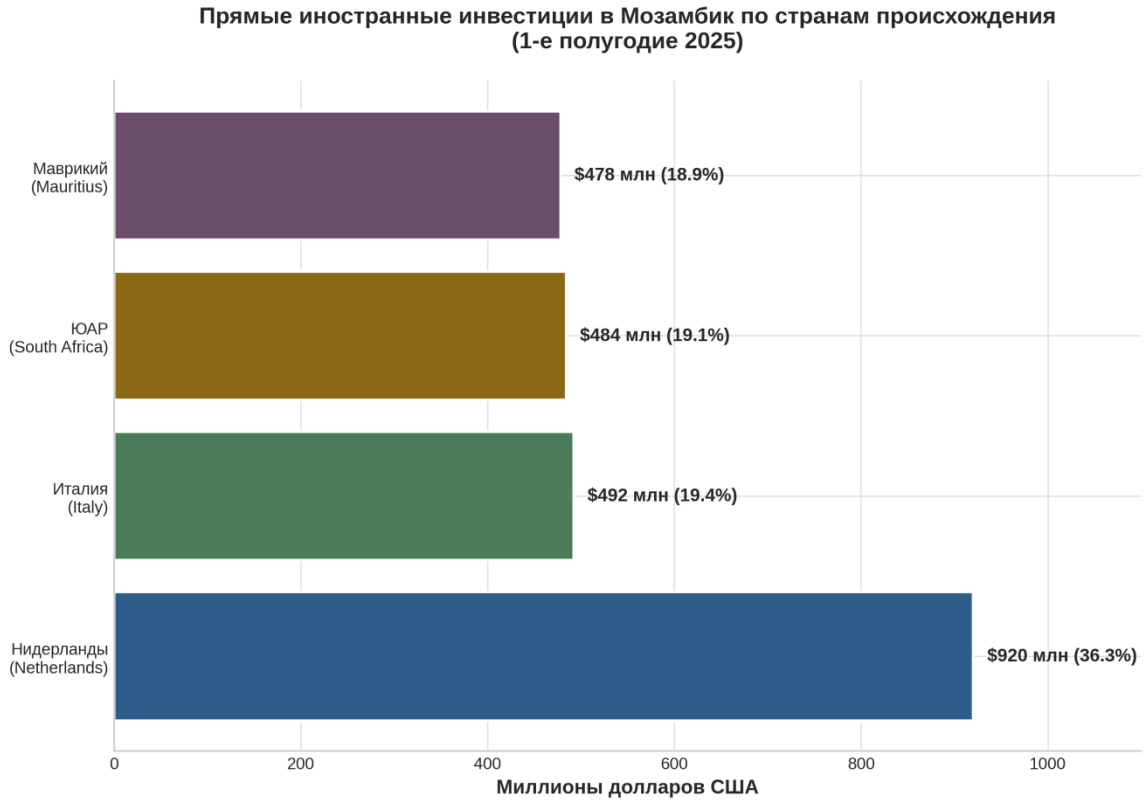


Рис. 3 - Прямые иностранные инвестиции в Мозамбик по странам происхождения

Этот рост обусловлен преимущественно расширением финансовых операций крупных проектов, связанных с добычей минеральных ресурсов. Инвестиции в форме поставок и коммерческих кредитов составляют основную часть притока, в то время как акции и доли участия составляют около 10% от общего объема.



Рис. 4 - Распределение прямых иностранных инвестиций по секторам

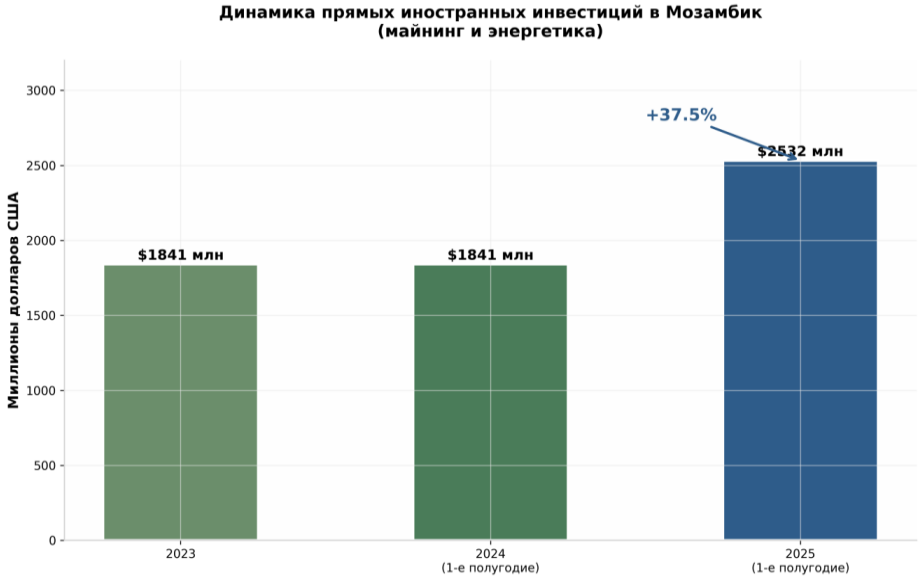


Рис. 5 - Динамика прямых иностранных инвестиций в Мозамбик

Экономическое влияние

Развитие нефтегазового сектора оказывает многогранное влияние на экономику Мозамбика. По оценкам консалтинговой компании Deloitte, газовые резервы страны потенциально могут принести доходы в размере 100 миллиардов долларов в течение срока эксплуатации месторождений.

Уже сегодня, даже до запуска основных проектов, Мозамбик производит около 5,4 миллиарда кубических метров газа в год, занимая шестое место среди африканских производителей. По прогнозам, к 2040 году страна может войти в десятку крупнейших мировых производителей газа, если все запланированные проекты будут реализованы в срок.

Нефтегазовые проекты создают значительное количество рабочих мест как непосредственно в отрасли, так и в смежных секторах. Строительство объектов Mozambique LNG и Rovuma LNG предполагает создание тысяч рабочих мест на пике строительных работ. Кроме того, компании-операторы инвестируют в обучение местного персонала и развитие инфраструктуры.

Таблица 1: Экономические показатели нефтегазового сектора Мозамбика.

Основные экономические показатели нефтегазового сектора:

Показатель	Значение
Общие запасы газа	85-100 TCF
Текущее производство	5,4 млрд м³/год
Место в Африке	6-е место
Потенциальные доходы	$100 млрд
ПИИ (1-е полугодие 2025)	$2,532 млрд
Доля нефтегазового сектора	76% ПИИ

Перспективы развития

Перспективы развития нефтегазового сектора Мозамбика выглядят многообещающими, хотя и сопряжены с определенными рисками. Запуск проектов Mozambique LNG и Rovuma LNG в 2029-2030 годах кардинально изменит позицию страны на глобальном рынке энергоресурсов.

Совокупная производственная мощность всех планируемых проектов может достичь 50-60 миллионов тонн СПГ в год к 2035 году. Это позволит Мозамбику конкурировать с такими крупными экспортерами, как Катар, Австралия и США.

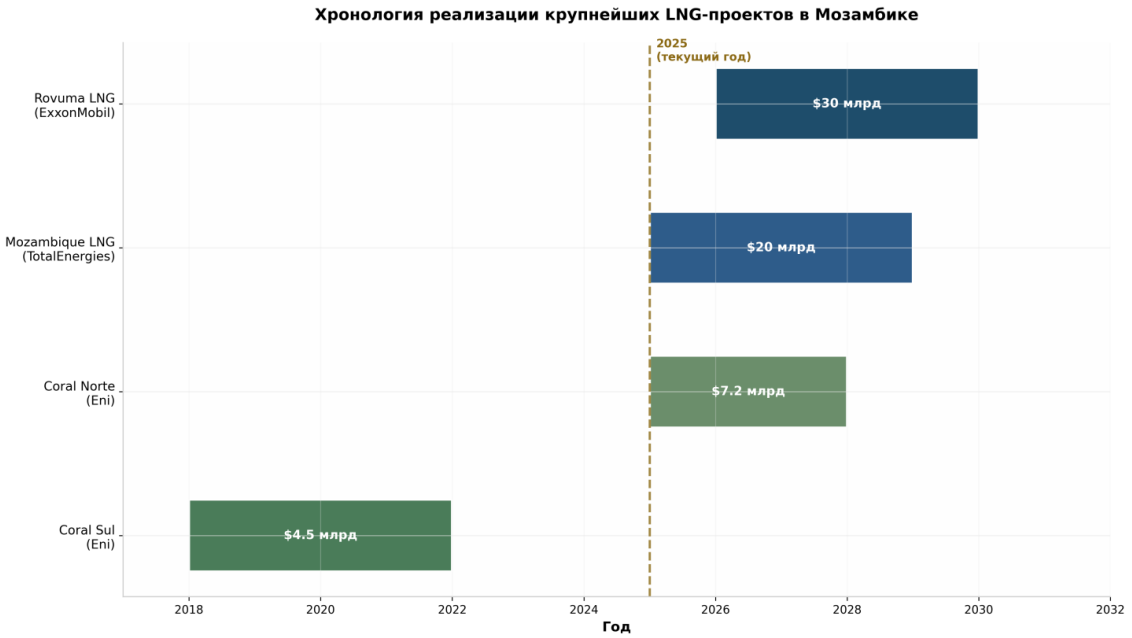


Рис. 6 - Хронология реализации крупнейших LNG-проектов в Мозамбике

Однако существуют и риски, которые могут повлиять на реализацию проектов. Безопасность в провинции Кабу-Дельгаду остается серьезной проблемой, несмотря на улучшение ситуации в последние годы. Также существуют рыночные риски, связанные с колебаниями цен на СПГ и конкуренцией с другими производителями.

Волатильность цен на энергоресурсы и глобальный переход к возобновляемым источникам энергии могут повлиять на долгосрочную привлекательность инвестиций в ископаемое топливо. Однако в среднесрочной перспективе спрос на СПГ, как более чистый вид топлива по сравнению с углем, ожидается стабильным, особенно со стороны азиатских рынков и Европы.

Заключение

Мозамбик стоит на пороге превращения в крупного мирового производителя сжиженного природного газа. Открытие огромных запасов в бассейне Ровума привлекло внимание ведущих энергетических корпораций мира и обеспечило приток многомиллиардных инвестиций в экономику страны.

Международные партнерства с такими компаниями, как TotalEnergies, ExxonMobil и Eni, предоставляют Мозамбику доступ к передовым технологиям, управленческому опыту и глобальным рынкам сбыта. Эти партнерства являются ключевым фактором успешной реализации столь масштабных проектов.

Рост прямых иностранных инвестиций на 37,5% в первом полугодии 2025 года свидетельствует о восстановлении доверия инвесторов после периода неопределенности, связанной с пандемией COVID-19 и проблемами безопасности. Нефтегазовый сектор продолжает оставаться локомотивом экономического роста страны.

Для Мозамбика критически важно обеспечить эффективное использование доходов от нефтегазовых проектов для развития других секторов экономики, инфраструктуры, образования и здравоохранения. Только так можно гарантировать, что богатство природных ресурсов принесет пользу всему населению страны и обеспечит устойчивое развитие на долгие годы вперед.

ЭКСПРЕСС-ОБНАРУЖЕНИЕ ХЛОРОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В НЕФТИ С ПОМОЩЬЮ СЕНСОРОВ НА ОСНОВЕ ИМИНОВ АНТРАХИНОНА

RAPID DETECTION OF ORGANOCHLORINE COMPOUNDS IN OIL USING SENSORS BASED ON ANTHRAQUINONE IMINES

Митина М.Ю., Мусаев М.Э., Кудреватых А.А., Клименко Л.С.

Mitina M.U., Musaev M.E., Kudrevatikh A.A., Klimenko L.S.

Россия, ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», ritamitina90@gmail.com

Важной задачей современной химии является разработка высокочувствительных и селективных методов определения различных элементов и их соединений в окружающей среде. Обнаружение и удаление гетероатомных соединений позволяют обеспечивать не только высокие экологические стандарты производимых топлив, но и безопасность производственных процессов и поддержания безаварийной работы оборудования. Хлор находится в нефти в виде хлорорганических соединений (ХОС) и в виде неорганических хлоридов. Хлорорганические соединения встречаются практически во всей видах нефти, причем содержание хлора значительно выше содержания йода и брома. Органические соединения фтора в нефти не обнаружены [1].

Действующие нормативы жестко регламентируют содержание ХОС в нефти, поскольку эти соединения представляют наибольшую опасность при переработке бензиновых фракций по сравнению с другими примесями. При высокотемпературной переработке ХОС разлагаются с образованием хлороводорода, который вызывает интенсивную коррозию трубопроводов и дезактивирует катализаторы. Также выводу оборудования из строя способствует хлорид аммония, который образуется при взаимодействии HCl с аммиаком, используемым при гидроочистке. Ежегодные потери металла от коррозии достигают 30% в ТЭК и 20% в нефтехимии, причем около 70% аварий, связанных с оборудованием, вызваны коррозией и солевыми отложениями [2]. Основная сложность заключается в том, что если неорганический хлор эффективно удаляется на стадии электрообессоливания, то ХОС, нерастворимые в воде, остаются в нефти. Ситуация усугубляется применением хлорсодержащих реагентов при добыче для повышения нефтеотдачи пластов.

В данной работе представлены результаты изучения сенсорных свойств комплекса ртути (II) с производными антрахинона, которые давно и эффективно используются в качестве аналитических реагентов. Нами был синтезирован ряд гидрокси- и аминопроизводных антрахинона. Проведенные исследования показали, что наибольшей селективностью по отношению к солям Hg (II) обладает 1-гидрокси-2-амино-9,10-антрахинон-9-(н-бутил)имин (**1**). Это производное было получено фотохимическим путем при совместном облучении бензольного раствора смеси 1-фенокси-2-амино-9,10-антрахинона и *н*-бутиламина (рис.1).

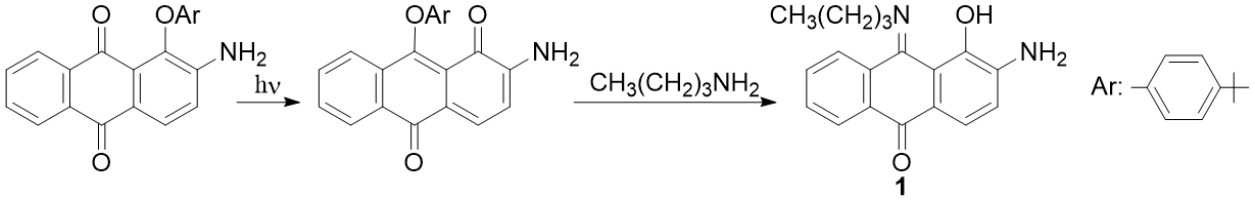


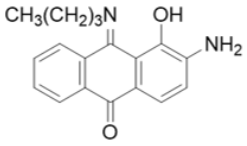
*Рис. 1 - Схема получения соединения **1***

Известно [3], что фотоиндуцированная форма (*ана*-хинон) - необычайно реакционноспособна по отношению к нуклеофильным агентам. Поэтому арилоксигруппа в положении 9 фотоиндуцированного производного 1,10-антрахинона легко при комнатной температуре замещается на остаток амина с последующим таутомерным превращением в иминопроизводное 9,10-антрахинона.

Для сравнительного изучения процессов комплексообразования использовалась спектрофотометрия. Селективность комплексообразования исследуемого соединения отражается в величине спектрального отклика при

добавлении растворов солей различных металлов. Результаты изменения электронных спектров поглощения до и после добавления катионов металлов представлены в таблице 1.

*Таблица 1. Изменение ЭПС соединения **1** при добавлении перхлоратов разных катионов металлов*

Соединение	λ_{max}		Mg^{2+}	Ca^{2+}	Mn^{2+}	Co^{2+}	Ni^{2+}	Cu^{2+}	Hg^{2+}	Pb^{2+}
	**598**	λ_{max}	598	599	597	598	599	598	409	598
		Δλ	0	1	-1	0	1	0	-189	0

Как видим, соединение **1** проявляет уникальную селективность по отношению к солям Hg^{2+}, при добавлении которых синий цвет раствора моментально меняется на розовый. Гипсохромный сдвиг длинноволновой полосы поглощения при этом составляет рекордные 189 нм.

Для создания индикаторных тест-систем использовался классический подход проведения реакции замещения лигандов в комплексе, который образует индикатор с катионом металла. После добавления анионов в реакционную среду, они конкурируют с индикатором, что приводит к изменению цвета хелатов индикаторных металлов.

Для анализа на содержание ХОС была использована нефть Ем-Ёговского месторождения (ХМАО). Обработка нафты проведена согласно общепринятой методике, указанной в патенте [4]. Бумажные тест-полоски были приготовлены нами путем погружения хроматографической бумаги в раствор комплекса соединения **1** с Hg^{2+} в ацетонитриле с последующим высушиванием на воздухе. Сухие тест-полоски, содержащие ртутный комплекс имина **1**, имеют серовато-розовую окраску (Рис. 2). При погружении в раствор, содержащий хлорид-анионы, полоски мгновенно изменяли цвет на ярко синий, интенсивность которого зависит от концентрации хлорид-ионов.

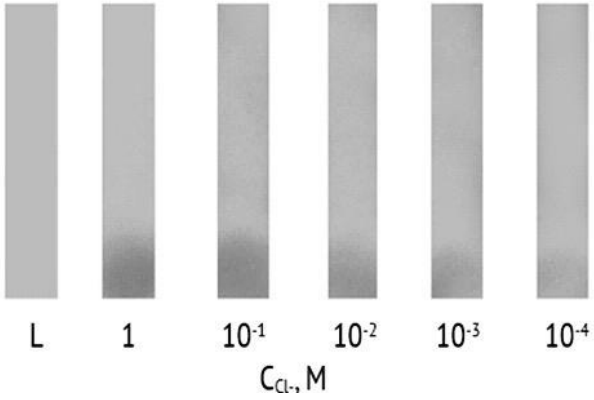


Рис. 2. - Изменения окраски тест-полосок при добавлении растворов хлорид-ионов с концентрациями от 10^{-4}М до 1М

Для построения цветовой градуировочной шкалы на тест-полоски наносили водные растворы определяемого хлорид-иона в концентрациях от 10^{-6} М до 1 М. Предел обнаружения составил 10^{-4} М.

Таким образом, изученный комплекс может использоваться в качестве селективного индикатора при определении хлорорганических соединений в нефти. Отличительной особенностью предложенного подхода является контрастный цветовой переход от розовому к синему. Это обеспечивает однозначную интерпретацию результатов анализа и снижает влияние человеческого фактора. В рамках дальнейших исследований планируется разработка индикаторных систем путем иммобилизации сенсора в полимерную матрицу, что повысит эффективность экспресс-анализа.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1 Бадамшин, А. Г. Генезис хлорорганических соединений в нефти и нефтепродуктах (обзор) / А. Г. Бадамшин, В. В. Носов // НЕФТЕХИМИЯ. – 2021. – Т. 61, вып. 6. – С. 776-787.

2 Коренев, В. В. Система защиты оборудования установки гидроочистки бензиновых фракций от воздействия хлорорганических соединений: дис. на соискание ученой степени канд. тех. наук: 14.12.00 / Коренев Владимир Васильевич. – М., 2022. – 145 с.

3 Lvov, A. G. Revisiting Peri-Aryloxyquinones: From a Forgotten Photochromic System to a Promising Tool for Emerging Applications / A. G. Lvov, L. S. Klimenko, V. N. Bykov, S. Hecht // Chemistry – A European Journal – 2024. – Vol. 30. – e202303654.

4 Патент № 2721559 C1 Российская Федерация, МПК G01N 33/22. Способ определения хлорорганических соединений в нефти: № 2020105028: заявлено 04.02.2020: опубликовано 20.05.2020 / Хачковский А. В., Ермолаев Я. Е., Гавриленко М. А.; патентообладатель ТПУ. – 10 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПОЛИМЕРНЫХ СЕНСОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПРИЗНАКОВ ПОРЧИ БЕЛКОВОЙ ПИЩИ В УДАЛЕННЫХ И СЕВЕРНЫХ РЕГИОНАХ

CREATION OF POLYMER MATRICES FOR THE DETECTION OF PTOMAINES DURING THE SPOILAGE OF HIGH-PROTEIN PRODUCTS IN THE OIL AND GAS PRODUCING REGION

Мусаев М.Э., Митина М.Ю., Кудреватых А.А.

Musaev M.E., Mitina M.Yu., Kudrevatih A.A.

Россия, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Югорский государственный университет», max.musaev.2711@gmail.com

Обеспечение продовольственной безопасности и экологический мониторинг являются одними из приоритетных направлений развития Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. В условиях вахтовых поселков и удаленных месторождений, где возникают проблемы с поставками свежих продуктов, острой проблемой является контроль качества поставок свежей высокобелковой продукции. В процессе частичного разложения белка образуются токсичные соединения – птомаины (от греч. πτώμα– труп), главными представителями которых являются биогенные амины (путресцин, кадаверин, триметиламин) [1]. Данные вещества являются маркерами порчи, которые представляют серьезную угрозу для здоровья человека, способные вызывать интоксикации, аллергические реакции и нарушения клеточного метаболизма.

К классическим методам детекции аминов относят хроматографию и спектрофотометрию, которые являются высокочувствительными, но требуют дорогостоящего оборудования и квалифицированного персонала, что делает их непригодными для экспресс-анализа в полевых условиях [2]. Исходя из этого появляется необходимость разработать портативную, селективную и высокочувствительную тест-систему для визуального контроля свежести продукции в местах потребления, хранения и транспортировки.

Целью данной работы является синтез нового соединения, подбор оптимальной полимерной матрицы для иммобилизации и создание твердофазного хемосенсора, обладающего цветовым откликом на наличие летучих биогенных аминов, с последующей оценкой возможности его применения для экологического и пищевого мониторинга в «полевых» условиях.

Территория ХМАО-Югры являются местом с развитой сетью рек и озер, богатых рыбными запасами (муксун, чир, пелядь), которые являются традиционным рационом коренных малочисленных народов Севера [3]. Нарушение условий транспортировки, длительное хранение в непригодных условиях являются причиной роста концентрации биогенных аминов в рыбе, соответственно, ее порчи. Помимо пищевой опасности, выделение данных соединений в атмосферу создает неблагоприятную экологическую среду для организма человека [4]. Разработка портативной, быстрой и удобной тест-системы позволит перейти от субъективной органолептической оценки (запах) к объективному колориметрическому анализу, предотвращая употребление некачественной продукции.

Производные антрахинона успешно применяются в качестве химических сенсоров для детекции различных веществ, в связи со своей коммерческой доступностью, легкой модификацией структуры и интенсивными спектральными изменениями [5]. Ранее нами были представлены материалы о 2-бензоиламино-1-гидроксиантрахиноне, который селективно реагирует с цианид-анионами и летучими аминами [6].

Реакцией ацилирования 2-амино-1-гидроксиантрахинона (**4**) соответствующими хлорангидридами (C_6F_5COCl, 4-NO_2-C_6H_4COCl) в толуоле и трифторуксусным ангидридом в пиридине была синтезирована серия соединений **1–3** с выходами 85–92% (Рис. 1). Строение полученных соединений подтверждено методом ЯМР ^1H.

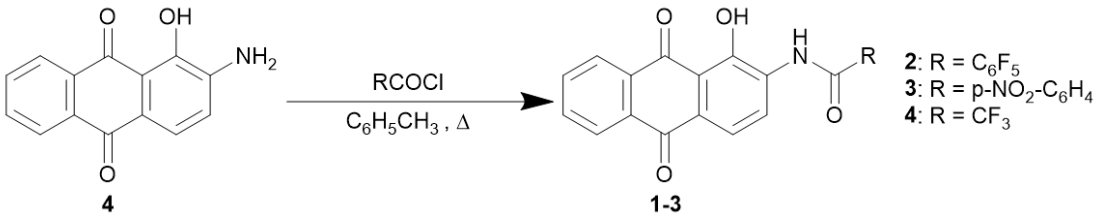


*Рис. 1 - Синтез соединений **1–3***

Электронные спектры поглощения регистрировались на спектрофотометре Specord 250 Plus в кварцевых кюветах 1 см. Взаимодействие с модельным летучим амином – триэтиламином (ТА) проводили в смеси MeCN–H_2O (9:1, об/об) при концентрации сенсора (7–9) × 10^{-5} М. Выбор соотношения растворителей связан с тем, что было необходимо смоделировать условия контакта с влажной средой продукта при сохранении кинетики реакции.

Исходные растворы синтезированных соединений **1–3** имели желтую окраску с максимум поглощения в области 411–422 нм. При добавлении ТА наблюдалось появление новой длинноволновой полосы поглощения в области 505–523 нм, что сопровождалось изменением окраски раствора на розово-фиолетовую. Батохромный сдвиг составил Δλ = 94–101 нм, что является признаком эффективного взаимодействия сенсора с амином (Рис. 2)

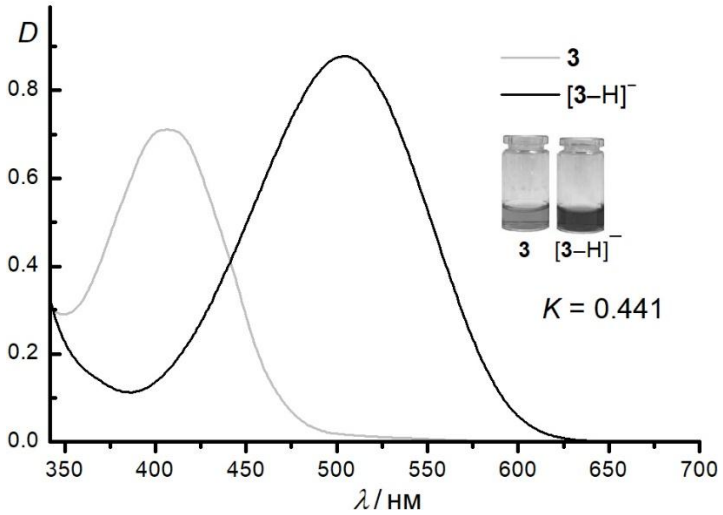


*Рис. 2. - Электронные спектры поглощения соединения **3** (C = 8 × 10^{-5} М) в смеси MeCN–H_2O (9:1, об/об): **3** – исходный раствор (желтая окраска); [**3**–H]⁻ - после добавление раствора триэтиламина (розово-фиолетовая окраска). Батохромный сдвиг Δλ = 94 нм*

Спектрофотометрическое титрование проводилось путем последовательного добавление раствора ТА к раствору сенсора. Обработку данных проводили методом параметрического матричного моделирования с использованием модели кислотно-основного равновесия. Рассчитанные константы взаимодействия (K_A) и спектральные характеристики представлены в таблице 1.

*Таблица 1. Спектральные характеристики соединений **1–3** и константы их взаимодействия с триэтиламином в смеси MeCN–H_2O (9:1, об/об)*

Соединение	Заместитель	λ_{max} (исх.), нм	λ_{max} (ТА), нм	Δλ, нм	K_A
1	C_6F_5	419	517	98	0,0413
2	4-NO_2-C_6H_4	422	523	101	0,0413
3	CF_3	411	505	94	0,441

Константа взаимодействия K_A возрастает при усилении электроноакцепторных свойств заместителя, достигая максимального значения для соединение **3** с трифторметильной группой (K_A = 0.441). Для данного соединение

значения почти на порядок выше, чем для других двух соединений, что свидетельствует о более эффективной детекции амина.

Для практической реализации на основе спектральных данных было выбрано соединение **3** как наиболее чувствительное к аминам. Для иммобилизации сенсора в роли матрицы были выбраны полимеры: полистирол, ПММА, поливинилацетат, поливиниловый спирт и ацетат целлюлозы. В ходе сравнительного анализа оценивались такие показатели, как равномерность распределение сенсора, скорость диффузии аналита, механическая стабильность и сохранение цветового отклика. Образцы на основе полистирола и полиметилметакрилата давали отклик спустя большой промежуток времени (более 30 минут), использование поливинилового спирта и поливинилацетата приводили к вымыванию сенсора из полимерной матрицы, а также отсутствии окраски при контакте с аналитом. Наилучшие характеристики продемонстрировали тест-полоски на основе ацетата целлюлозы, который обеспечивал равномерное распределение в объеме матрицы, высокую проницаемость для летучих аминов и механическую устойчивость, вследствие чего, он и был выбран как основа для иммобилизации сенсора. Оптимальный раствор готовили растворением 63 масс.% ацетата целлюлозы, 2 масс.% соединения **3**, 4 масс.% бромида цетилтриметиламмония, выступающего в роли катионного ПАВ и 31 масс.% дибутилсебацината, выступающего в роли пластификатора, в ацетоне при нагревании до полного растворения компонентов. Полученный раствор наносили методом спин-коатинга (центрифугирования) при 1000 об/мин в течение 120 секунд на прозрачную подложку из полиэтилентерефтала размером 2 × 2 см. После нанесения пленки сушили на открытом воздухе в течение 1 часа. Толщина полученных сенсорных матриц, измеренная с помощью оптического профилометра, составила 5,25 мкм. Введение катионного ПАВ обеспечивало равномерное распределение красителя в матрице за счет ионных и гидрофобных взаимодействий, а пластификатор придавал пленкам необходимую механическую прочность. Полученные полимерные сенсоры характеризовались равномерной желтой окраской и сохраняли стабильность при хранении в течение длительного времени, а также могут быть регенерированы обработкой 0,1M HCl без потери чувствительности.

Эксперимент проводили с филе радужной форели – ценного промыслового вида, который разводится в Югре. Образец был приобретен на Югорском рыбоводном заводе. Пленку закрепляли в герметично закрытой чашке Петри с образцом рыбы (25 г) и хранили при 4^{O}C и 25^{O}C, фиксируя изменения окраски сенсора. При 25^{O}C пленка начинала розоветь через 24 ч, становилась фиолетовой через 48 ч. При 4^{0}C первые изменения наблюдались спустя 72 ч, интенсивное же окрашивание через 120 ч. Появление неприятного запаха порчи и визуально заметных признаков гниения наблюдалось гораздо позднее детекции сенсорами.

Таким образом, сенсор позволяет выявить начальные стадии порчи по выделению летучих аминов до появления органолептических признаков, что подтверждает его эффективность для экспресс-анализа качества рыбной продукции.

В ходе работы синтезированы новые производные 1-гидроксиантрахинона с электрон-акцепторными заместителями. Спектрофотометрически доказано их взаимодействие с триэтиламином (модель летучего биогенного амина), что сопровождалось изменением окраски с желтой на розово-фиолетовую. Методом спектрофотометрического титрования определены константы взаимодействия, максимальное значение (K_A = 0,441) было получено для соединения **3**. На его основе методом спин-коатинга созданы полимерные матрицы из ацетата целлюлозы, способные визуально сигнализировать о порче рыбной продукции на ранних стадиях биоразложения. Разработанный материал может быть интегрирован в упаковку для экспресс-контроля качества высокобелковой продукции в условиях труднодоступной местности, являясь решением задачи экологического и пищевого мониторинга.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда №25–23–20126, https://rscf.ru/project/25-23-20126

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Морозова И. А. Кадаверин как участник взаимоотношений про- и эукариотических клеток / И. А. Морозова // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – №6. – 14 с.
2. Givanoudi S. A Review on Bio- and Chemosensors for the Detection of Biogenic Amines in Food Safety Applications: The Status in 2022 / S. Givanoudi, M. Heyndrickx, T. Depuydt, M. Khorshid, J. Robbens, P. Wagner // Sensors. – 2023. – Vol. 23(2). – 47 p.
3. Пермитина М. А. Проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре / М. А. Пермитина, Р. К. Арасланов // Вестник ЮГУ. – 2015. – №S4 (39). – С. 284–292.
4. Arce L. Direct determination of biogenic amines in wine by integrating continuous flow clean-up and capillary electrophoresis with indirect UV detection / L. Arce, A. Rios, M. Valca // Journal of Chromatography. – 1998. – Vol. 803. – P. 249–260.
5. Ghosh A. Anthraquinones as versatile colorimetric reagent for anions / A. Ghosh, A. Das, P. Banerjee // Sensors and Actuators B: Chemical. – 2016. – Vol. 229. – P. 545–560.
6. Martyanov T. P. Selective colorimetric sensor for cyanide anion based on 1-hydroxyanthraquinone / T. P. Martyanov, A. A. Kudrevatykh, E.N. Ushakov, D. Korchagin, I. V Sulimenkov, S. K. Vasil'ev, M. V. Fomina, L. S. Klimenko // Tetrahedron. – 2021. – Vol. 93. – P. 132312.

ПОТЕНЦИАЛ ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ РЕСУРСОВ ГВИНЕИ-БИСАУ: НАУЧНЫЙ АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

POTENTIAL OF OIL AND GAS RESOURCES DEVELOPMENT IN GUINEA-BISSAU: SCIENTIFIC ANALYSIS AND DEVELOPMENT PROSPECTS

Окика Де Са Н
Okica De Sa N.
Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе» (МГРИ), naitaokicadesa@gmail.com

ВВЕДЕНИЕ

Гвинея-Бисау представляет собой одно из наименее изученных государств Западной Африки с точки зрения нефтегазового потенциала. Бассейн MSGBC (Мавритания-Сенегал-Гамбия-Гвинея-Бисау-Гвинея) за последние годы привлек повышенное внимание мировой нефтегазовой индустрии благодаря крупным открытиям в Сенегале (месторождение Сангомар) и Мавритании (проект Greater Tortue Ahmeyim).

Целью работы является комплексный анализ нефтегазового потенциала Гвинеи-Бисау, включающий изучение геологического строения, нефтегазовых систем, истории разведки и перспектив развития отрасли.

1. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ

1.1. Тектоническая позиция бассейна MSGBC

Бассейн MSGBC располагается вдоль северо-западного побережья Африки и охватывает территории Мавритании, Сенегала, Гамбии, Гвинеи-Бисау и Гвинеи. С точки зрения тектоники, это пассивная континентальная окраина атлантического типа, сформировавшаяся в результате открытия Атлантического океана в мезозое [1].

Территория Гвинеи-Бисау расположена в южной части бассейна MSGBC и характеризуется сложным геологическим строением. Континентальная окраина представлена широким шельфом, переходящим в глубоководную часть бассейна. Геологический разрез включает отложения от палеозоя до четвертичного периода, причем наибольший интерес представляют мезозойские отложения.

1.2. Стратиграфия и литология

Стратиграфический разрез офшорной части Гвинеи-Бисау включает следующие основные комплексы [2]:

• Юрские отложения: карбонатная платформа мощностью 4-5 км

• Нижнемеловые отложения (апт-альб): кластические и карбонатные породы

• Верхнемеловые отложения (сеноман-маастрихт): черные глинистые сланцы (источники) и турбидитные песчаники (резервуары)

• Кайнозойские отложения: глинистые и песчаные осадки (покрывающие комплексы)

Особый интерес представляют турецкие (сеноман-турон) черные глинистые сланцы, которые являются глобально значимым источником углеводородов в бассейнах Атлантического океана. Скважина DSDP-367 вскрыла интервалы турецких сланцев с TOC до 28% [3].

1.3. Нефтегазовые системы

В пределах бассейна MSGBC выделяется Cretaceous-Tertiary Composite Total Petroleum System (KTC) [1]. Источники углеводородов представлены сеноман-туронскими черными глинистыми сланцами с TOC 3-10% и преобладанием керогена типов II и III. Поколение нефти началось в миоцене и продолжается в настоящее время.

Резервуары представлены верхнемеловыми песчаниками, турецкими карбонатными отложениями, олигоценовыми карбонатами. Ловушки разнообразны: солеродные структуры, структуры у нарастающих сбросов, стратиграфические ловушки, рифовые постройки [2].

2. ИСТОРИЯ РАЗВЕДКИ И ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ

2.1. Этапы геологоразведочных работ

История нефтегазовой разведки в Гвинее-Бисау охватывает более полувека и включает несколько этапов [4]:

• 1960-е годы: Esso провела разведочное бурение на суше (4 скважины в бассейне Бове)

• 1968-1972: Texaco пробурила 6 скважин на шельфе (PGO), скважина PGO-4 показала проявления нефти

• 1990-е: Shell (Pecten) пробурила 3 скважины с проявлениями УВ

• 2001-2004: Premier Oil провела 3D-сейсмику и пробурила 4 скважины, открытие Sinapa (13 млн баррелей)

2.2. Ключевые открытия и перспективные структуры

Основные перспективные структуры Гвинеи-Бисау сосредоточены в следующих зонах [4, 5]:

• Блоки Sinapa и Esperanca: в 2024 году Apus Energy пробурила скважину Atum-1X, первая офшорная скважина за 20 лет

• Блоки 5B и 6B: в ноябре 2025 года Chevron приобрела 90% долю в этих глубоководных блоках

• Блоки 7B и 7C: содержат одну из крупнейших непробуренных структур Западной Африки

3. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПЛЕЙЫ И РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ

3.1. Шельфовые плейы

Шельфовая зона Гвинеи-Бисау характеризуется развитием нескольких перспективных плейов [2, 6]:

• Плей солеродных структур (Albian Play): связан с диапировыми структурами триасовой соли

• Плей края платформы (Shelf Edge Play): аналогичен плейю месторождения Сангомар

• Плей турецких карбонатов: рифовые постройки и карбонатные банки

3.2. Оценка ресурсного потенциала

Количественная оценка нефтегазовых ресурсов Гвинеи-Бисау затруднена недостатком данных. На основе геологических аналогий с соседними странами можно сделать следующие предварительные оценки [1, 6]:

Плей/зона	Нефть, млн барр.	Газ, млрд куб. футов
Шельфовые плейы	200-500	500-1500
Глубоководные плейы	500-2000	2000-5000
Итого (оценка)	700-2500	2500-6500

Таблица 1. Оценка перспективных нефтегазовых ресурсов Гвинеи-Бисау

4. ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ И ИНВЕСТИЦИОННЫЙ КЛИМАТ

4.1. Нормативно-правовая база

Нефтегазовый сектор Гвинеи-Бисау регулируется совокупностью законодательных актов. Основным инструментом регулирования отношений с инвесторами являются соглашения о разделе продукции (PSC) [7]. Государственная нефтяная компания Petroguin участвует в проектах с долей 10% (офшор) до 20-30% (прибрежные/наземные проекты).

4.2. Фискальный режим

Фискальный режим Гвинеи-Бисау базируется на соглашениях о разделе продукции [7, 8]:

• Налог на прибыль: 25%

• Дополнительный налог на прибыль: 25-30% в зависимости от рентабельности

• Перенос убытков: 5 лет

• Доля NOC: 10-30%

Параметр	Гвинея-Бисау	Сенегал	Мавритания
Налог на прибыль	25%	30%	25%
Доп. налог	25-30%	Нет	Нет
Перенос убытков	5 лет	3 года	3 года
Доля NOC	10-30%	10%	10%

Таблица 2. Сравнение фискальных режимов стран региона

4.3. Риски и ограничения

Несмотря на привлекательный геологический потенциал, инвестиционный климат Гвинеи-Бисау характеризуется рядом рисков [7, 9]: политическая нестабильность (попытки переворотов в 2023 и 2025 гг.), коррупция, отсутствие собственной энергетической базы, слаборазвитая транспортная инфраструктура, недостаток квалифицированных кадров.

5. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Вход Chevron в проекты Гвинеи-Бисау в 2025 году может стать катализатором для активизации всего нефтегазового сектора страны [5]. Привлечение крупного международного оператора существенно повышает вероятность коммерческих открытий.

В краткосрочной перспективе (2025-2028 гг.) ожидается продолжение сейсмических исследований и бурение разведочных скважин. В среднесрочной перспективе (2028-2035 гг.) при успешной разведке возможно начало разработки первого месторождения [4, 10].

Рекомендации для международных инвесторов: проведение комплексной due diligence, формирование консорциумов с опытными операторами, активное взаимодействие с правительством и Petroguin, инвестирование в социальные программы, применение инновационных технологий [7].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы:

• Территория Гвинеи-Бисау располагается в пределах перспективного бассейна MSGBC с доказанными нефтегазовыми системами

• Наличие турецких источников с TOC до 28%, разнообразных резервуаров и ловушек создает предпосылки для открытий

• Вход Chevron и активность Apus Energy свидетельствуют о возрастающем интересе мировой индустрии.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. U.S. Geological Survey. Assessment of Undiscovered Oil and Gas Resources of the Senegal Province, Northwest Africa. USGS Digital Data Series 69-GG, 2023. 45 p.
2. GeoExPro. The search for barrels in Bissau – exploration renascimento in the southern MSGBC. 2025. URL: https://geoexpro.com (дата обращения: 02.04.2026).
3. TGS Multi-Client. MSGBC Basin Hotspot. Seismic data and geological analysis. 2024.
4. African Energy Chamber. Guinea-Bissau Offshore Exploration Overview. 2025. 28 p.
5. S&P Global. Chevron eyes 'first-mover advantage' with Guinea-Bissau exploration deal. November 2025.
6. Wood Mackenzie. Guinea Bissau upstream fiscal summary. October 2023. 15 p.
7. African Development Bank. Petroleum Code Reform in Senegal: Economic Implications and Policy Lessons. Working Paper No. 339, 2022. 62 p.

8. Kosmos Energy. Greater Tortue Ahmeyim Project Overview. 2025. URL: https://kosmosenergy.com (дата обращения: 02.04.2026).
9. Transparency International. Corruption Perceptions Index 2024. Berlin, 2025. 32 p.
10. Apus Energy. Guinea-Bissau Offshore Revival. Press Release, 2025.

ПРОБЛЕМЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ КОРРОЗИОННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТАХ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА НЕФТЕГАЗОВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

PROBLEMS OF CORROSION FORMATION IN HEAT EXCHANGERS DURING OPERATION IN OIL AND GAS PRODUCTION

Фирсов Т.С., Плаксина Е.В., Петрикеева Н.А.

Firsov T.S., Plaksina E.V., Petrikeeva N.A.

Россия, Воронежский государственный технический университет, petrikeeva.nat@yandex.ru

Теплообменные аппараты (ТО), как и сам процесс теплообмена, являются важной и неотъемлемой частью нефтегазового производства. На объектах используют различные типы теплообменников, включая кожухотрубчатые, спиральные и пластинчатые. Выбор определенного типа зависти от условий эксплуатации и требований к эффективности теплообмена. Одними из наиболее распространённых аппаратов теплообмена в нефтегазовой промышленности являются кожухотрубчатые.

Данный вид теплообменного аппарата относится к классу рекуперативных теплообменников, Сам аппарат универсальный, надежный, прост в изготовлении и обслуживании, имеет способность работать в широком диапазоне давлений и температур, способен выдерживать воздействия агрессивных сред. Их используют для охлаждения газа перед осушкой и после компримирования, охлаждения товарной продукции, подогрева нефти для снижения вязкости перед транспортировкой. Также они могут выполнять функции ребойлеров и дефлегматоров в процессах стабилизации перегонки [1, 2].

При возникновении различных проблем на ТО может произойти останов технологической линии, что приведет к экономическим потерям и рискам для промышленной безопасности. Одной из проблемных ситуаций являются активные коррозионные процессы и образования. Чтобы избежать аварийных ситуаций в данном исследовании рассмотрен анализ многообразия данных проблем и возможные их решения.

Кожухрубчатые ТО создают теплообмен между парами, жидкостями или газом за счет передачи тепла между двумя средами, движущихся в разных пространствах: один поток теплоносителя движется по трубному пространству, а другой – в межтрубном пространстве внутри кожуха, тем самым омывая трубки снаружи. Данный вид ТО относительно прост и дешев в конструкции. Является достаточно надежным, износостойким оборудованием, способным работать при высоких давлениях, выдерживают различные температуры и воздействия агрессивных сред. Они могут быть односекционными или многосекционными в вертикальном или горизонтальном исполнении. Имеют различные разновидности конструкций (Рис. 1) [1].

Основными конструктивными элементами такого теплообменика являются (Рис. 2):

- кожух – цилиндрический корпус аппарата;
- крышки – для обеспечения подвода и отвода теплоносителя из трубного пространства, и герметизации аппарата;
- трубный пучок – система оребренных или гладких труб, для обеспечения эффективного обеспечения изменения температуры рабочей среды путем обеспечения интенсивного теплообмена между трубками и затрубным пространством;
- трубные решетки – для фиксации трубок и обеспечения герметичности;
- перегородки – изменяют направление потока для улучшения теплообмена, устанавливаются в межтрубном пространстве;
- стойки-опоры – для крепления аппарата.

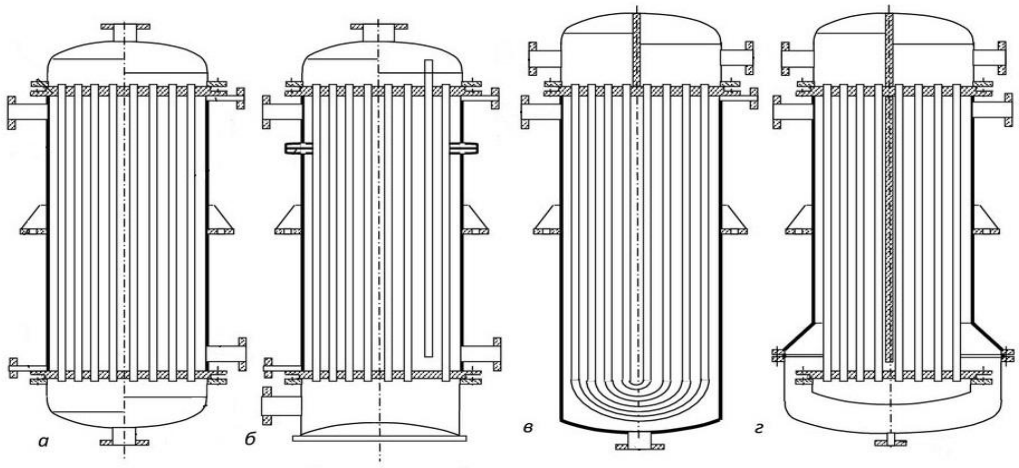


Рис. 1 - Типы конструкций кожухотрубчатых ТО:
а – с неподвижными трубными решетками; б – с линзовыми температурными компенсаторами; в – с U - образными трубами; г – с плавающей головкой

Поперечный разрез «А–А» показывает вид кожуха с трубными пучками, внутри аппарата (Рис. 2). В точке «Б» показана схема размещения труб в трубном пучке.

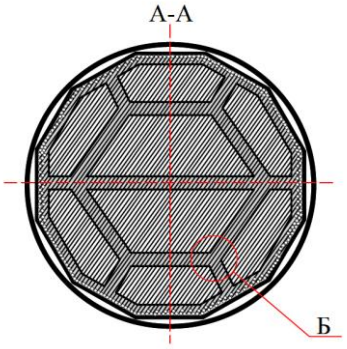


Рис. 2.

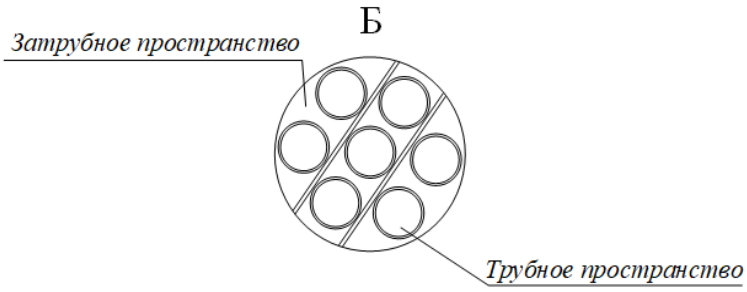


Рис. 3 - Составляющие элементы кожухотрубчатых теплообменников

Для оценки эффективности работы кожухотрубчатых теплообменных аппаратов используют ключевые математические модели. Возникающие в процессе эксплуатации проблемы напрямую влияют на параметры этих уравнений. Аппараты считаются исправными, когда они способны поддерживать технические характеристики и обеспечивают герметичность между теплоносителями и окружающей средой [1, 3].

При длительном воздействии различных факторов во время эксплуатации ТО, может происходить постепенно или внезапно ухудшение технического состояния, снижение производительности или отказ оборудования.

Проблем, воздействующих на теплообменные аппараты, достаточно много, одна из них – коррозия. Она может привести к образованию отложений и снижению эффективности теплообмена, вызывать повреждения металла и утечки.

В зависимости от условий работы, коррозия проявляется в различных формах. Одним из самых распространённых видов коррозии является общая. Она характерна для углеродистых сталей в кислых средах,

происходит равномерно по всей поверхности и приводит к утонению стенки сосуда. Является наименее опасной, так как при проектировании можно заложить запас толщины стенки, зная скорость проникновения, мм/год [1, 4].

Скорость общей коррозии можно определить по формуле:

$$V = \frac{\Delta m}{S \cdot t},$$

где Δm – потеря массы образца; S – площадь поверхности образца; t – время испытания.

Следующий вид коррозии – точечная. Она способна вызывать локальное поражение металла, проявление глубоких язв, характерна для нержавеющих сталей в присутствии хлоридов. Является наиболее опасной, так как имеет непредсказуемый характер.

Также агрессивные компоненты нефтегазовых потоков инициируют различные виды коррозии**:**

• щелевая коррозия – образуется в засорах, где происходит застой среды и изменения ее состава (что характерно для кожуха);

• эрозионно-коррозионный износ – совместное воздействие коррозионной среды и абразивных частиц, которые поступают с потоком среды, часто появляются в местах с высокой турбулентностью (на входе в трубки, в U-образных коленях);

• углекислотная коррозия (CO_2) – растворенный CO_2 образует угольную кислоту, разъедающую стенки труб;

• сероводородная коррозия (H_2S) – вызывает водородное растрескивание и сульфидное коррозионное растрескивание.

Большое влияние коррозия оказывает на тепловую эффективность теплообменника, которая является главным показателем совершенства конструкции ТО. Помимо утонения стенок труб, основной механизм ухудшения теплопередачи связан с образованием на поверхности теплообменника слоя коррозии, а также с изменением поверхности, что повлечет за собой рост термического сопротивления и изменения гидродинамических условий течения сред [3, 4, 5].

Коэффициент теплопередачи для цилиндрической стенки с учетом загрязнений

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\sigma_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{\sigma_н}{\lambda_н} + \frac{\sigma_{кор}}{\lambda_{кор}} + \frac{1}{\alpha_2}},$$

где α_1, α_2 – коэффициент теплопередачи со стороны греющей и нагреваемой среды; $\sigma_{ст}, \lambda_{ст}$ – толщина и коэффициент теплопроводности стенки трубы; $\sigma_н, \lambda_н$ – толщина и коэффициент теплопроводности слоя накипи; $\sigma_{кор}, \lambda_{кор}$ – толщина и коэффициент теплопроводности слоя продуктов коррозии.

Теплопроводность продуктов коррозии значительно ниже теплопроводности стали. Отсюда следует, что тонкий слой ржавчины создает дополнительное термическое сопротивление.

И, наконец, уравнением теплопередачи, определяем тепловой поток через стенку труб с учетом загрязнений и отложений

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta T,$$

где K – коэффициент теплопередачи; F – площадь поверхности теплообмена; ΔT – средний температурный напор.

Для обеспечения надежной и бесперебойной работы данного вида теплообменного аппарата необходим комплексный подход, включающий [3]:

1. Конструктивные и материальные решения.

– грамотный проектный расчет;

– выбор материалов на этапе проектирования;

– выбор коррозионностойких материалов.

2. Технологические и эксплуатационные методы.

– оптимизация режимных параметров (поддержание скоростей потока выше эрозионного порога, но ниже вибрационного, контроль температур для предотвращения выпадения отложений);

– фильтрация потоков от механических примесей;

– применение химических реагентов. Добавление в поток веществ, замедляющих коррозию;

– регулярная очистка (гидродинамическая, химическая промывка, механическая обработка).

3. Мониторинг и диагностика оборудования (контроль технологических параметров перепада температуры и давлений, расход среды).

– плановые осмотры;

– ультразвуковая толщеметрия для оценки распространения коррозии.

Выводы. В процессе эксплуатации теплообменных аппаратов можно столкнуться с различными проблемами, которые снижают эффективность и увеличивают риск аварий оборудования. В данной статье систематизированы диагностические признаки осложнений, проведено исследование часто возникающей проблемы кожухотрубчатых теплообменников – коррозионных образований.

Простой метод профилактики целого ряда проблем – ежедневный визуальный осмотр для обнаружения дефектов. Он должен проводиться согласно установленного графика. Также следует контролировать показания приборов, таких как термометры и манометры, которые могут указывать на возможные проблемы в системе. Иногда проблемы требуют комплексной диагностики и проверки всех компонентов системы. Успешная эксплуатация теплообменных аппаратов требует глубокого понимания не только теплотехнических процессов, но и химии, коррозионного поведения материалов и процессов гидродинамики. Только так можно обеспечить надёжную работу теплообменных аппаратов на протяжении всего срока службы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Булыгин, Ю.А. Теплообменные аппараты в нефтегазовой промышленности: курсовое проектирование/ Ю.А. Булыгин, С.С. Баранов // Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2015. – 68 с.
2. ГОСТ 31842-2012. (ИСО 16812:2007). Нефтяная и газовая промышленность. Теплообменники кожухотрубчатые. Технические требования.
3. Трошин, А.Ю. Интенсификация теплообмена в кожухотрубчатых теплообменных аппаратах / А.Ю. Трошин, А.М. Наумов // Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2016. – 72 с.
4. Рогачёв, М.К. Обоснование комплексной технологии предупреждения образования асфальтосмолопарафиновых отложений при добыче высокопарафинистой нефти в условиях Крайнего Севера / М.К. Рогачев // Записки Горного института. – 2021. – С. 646–656.
5. РД 153-39.0-105-01. Методика расчёта норм расхода химреагентов при предотвращении и ликвидации отложений на объектах нефтедобычи. М.: ВНИИнефть. – 2001. – 64 с.

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИСАДОК НА ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАСЕЛ ДЛЯ НАПРАВЛЯЮЩИХ СКОЛЬЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

INFLUENCE OF ADDITIVE CONCENTRATION ON THE TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF LUBRICATING OILS FOR SLIDEWAYS OF INDUSTRIAL EQUIPMENT

Чыонг Н.Ш.Н.
Truong N.S.N.
Российская Федерация, РГУ (НИУ) им. И. М. Губкина нефти и газа, truongnhatsonnguyen1821@gmail.com

Введение

В промышленности, особенно в системах скольжения оборудования, требования к точности и стабильности работы высоки, что требует масел, способных минимизировать трение и предотвратить явление stick-slip. Эти системы часто работают при изменяющихся нагрузках и скоростях, и свойства трибологического поведения масел играют ключевую роль. Одним из способов улучшения этих свойств является добавление присадок в масла. Присадки на основе циркония и оксалата железа становятся популярным выбором в последних исследованиях благодаря их способности снижать трение и стабилизировать масла в экстремальных условиях. Это исследование направлено на изучение влияния различных концентраций присадок на основе циркония и оксалата железа на коэффициент трения и поведение stick-slip масел, чтобы предложить оптимальные методы для применения в промышленности, особенно в устройствах, требующих высокой точности, таких как станки и направляющие скольжения.

Методы

Для проведения исследования использовались присадки на основе циркония (цирконий оксихлорид) и оксалата железа. Присадки добавлялись в базовое масло марка “Appro”. Смазочные масла готовились с различными концентрациями присадок: 0,25%, 0,5% и 1,0%. Масла подвергались испытаниям на линейном трибометре с различными давлениями (0,3 МПа и 1,5 МПа) и скоростями скольжения (1 мм/мин и 100 мм/мин). Измерения коэффициента трения и амплитуды stick-slip проводились и сравнивались с базовым и коммерческим маслами.

Результаты показали, что добавление присадок на основе циркония и оксалата железа в масло значительно снижает коэффициент трения по сравнению с базовым маслом. Особенно эффективность была заметна при концентрации 1% циркониевых присадок. Это масло продемонстрировало лучшие результаты при высоких нагрузках и низких скоростях скольжения, что делает его идеальным для использования в высокоточных промышленных приложениях.

При анализе поведения stick-slip, масло с циркониевыми присадками показало наилучшие результаты, значительно уменьшая амплитуду stick-slip на всех уровнях давления и скорости. Это указывает на высокую стабильность работы масла, что особенно важно для систем, требующих точности.

Скорость скольжения и давление оказывают существенное влияние на трибологические характеристики масел. В условиях низких скоростей (1 мм/мин) и высоких нагрузок, масла с цирконием продемонстрировали наибольшее улучшение в характеристиках стабильности.

Вывод

Результаты исследования показали, что присадки на основе циркония и оксалата железа значительно улучшают трибологические свойства смазочных масел для направляющих скольжения. Присадка циркония в концентрации 1% является оптимальной для снижения трения и стабилизации масла, особенно в высокоточных и долговечных приложениях. Цирконий образует координационные связи с молекулами масла, что повышает гибкость молекулярных цепей, снижает трение и создает прочную защитную пленку. В то время как оксалат железа

также снижает трение, его пленка менее прочная и эффективна при низких и средних нагрузках. Таким образом, цирконий является наиболее эффективной присадкой для работы в экстремальных условиях.

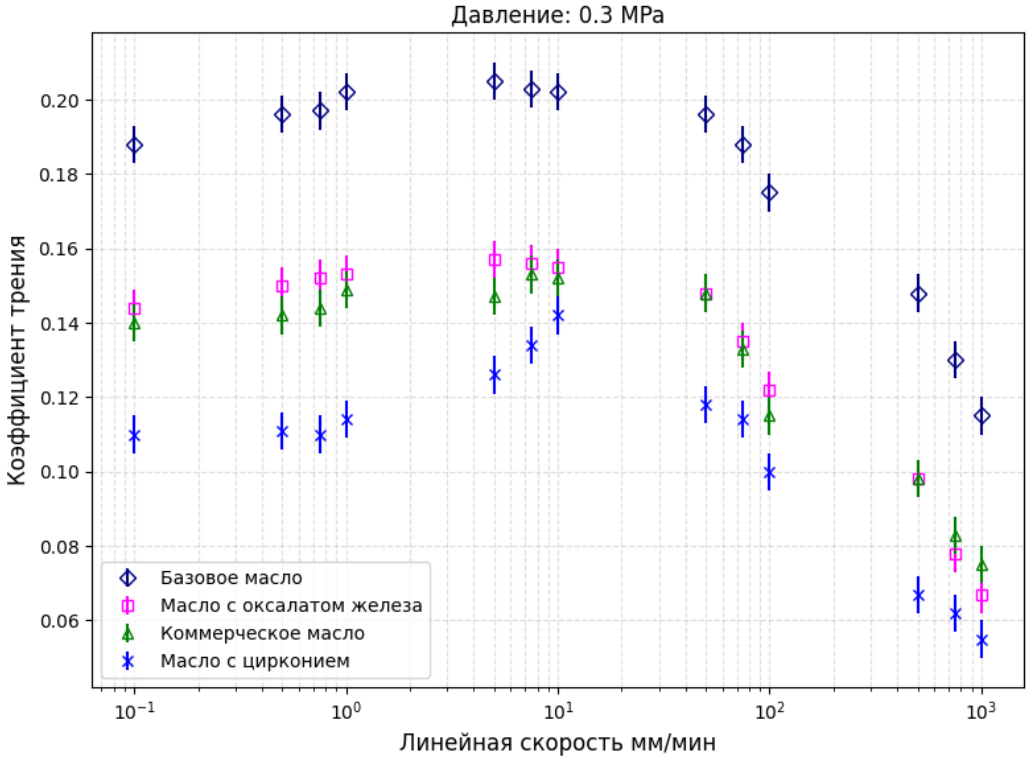


Рис. 1 - Обобщённая зависимость коэффициента трения от скорости скольжения при 1% концентрациях присадки

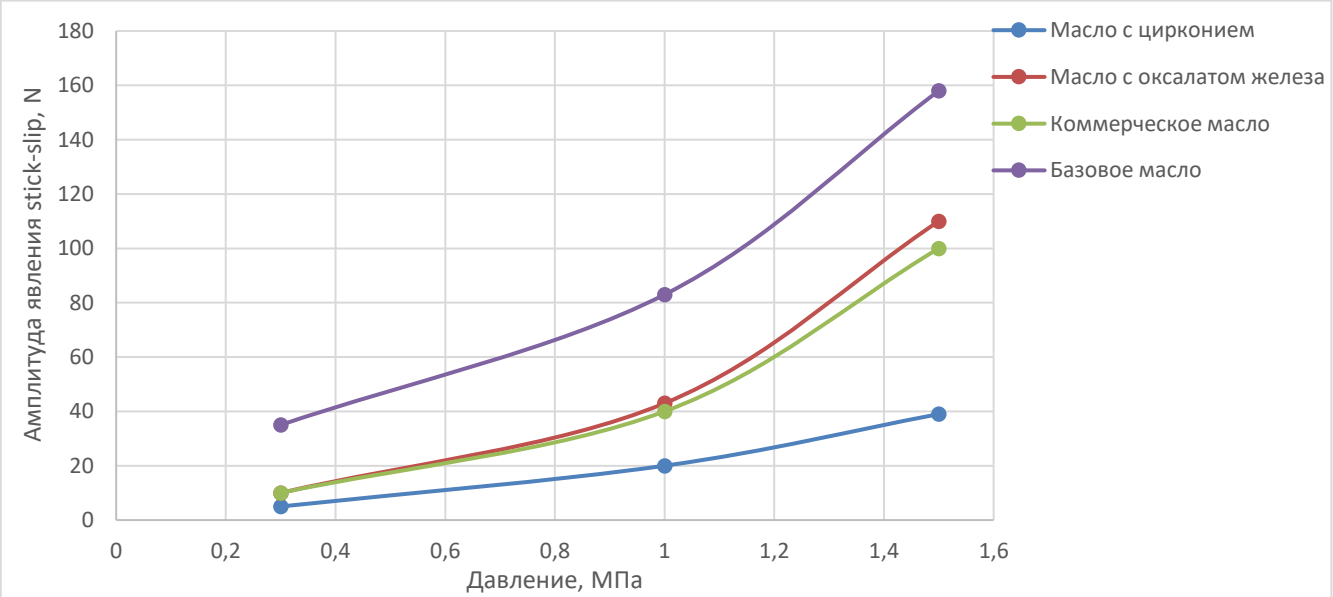


Рис. 2 - Изменение амплитуды stick-slip в зависимости от давления для различных масло при скорости 100 мм/мин и концентрации присадки 1,0%

Таблица. Характерные значения амплитуды stick–slip при различных давлениях и концентрациях присадки

Давление (МПа)	0,3		1,5	
Скорость (мм/мин)	1	100	1	100
Базовое масло	90	35	215	158
Коммерческое масло	60	10	180	100
Масло с присадкой 0,25% (оксалат железа)	83	26	195	139
Масло с присадкой 0,25% (цирконий)	52	20	161	77
Масло с присадкой 0,5% (оксалат железа)	72	18	191	128
Масло с присадкой 0,5% (цирконий)	44	13	115	62
Масло с присадкой 1% (оксалат железа)	65	10	185	110
Масло с присадкой 1% (цирконий)	28	5	80	39

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Mohan C.B., Venkatesh K., Divakar C. et al. Development of novel additives for slide way lubricants // Industrial Lubrication and Tribology. - 2015. - Vol. 67. - No. 2. - P. 110–118
2. Hutchings, I.M., Tribology: Friction and Wear of Engineering Materials, 1992.
3. Komvopoulos, K., Do, V., Yamaguchi, E.S., and Ryason, P.R., "Effect of sulphur and phosphorous containing additives," Tribology Transactions, 2003-2004.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА АНТИКОРРОЗИЙНОЙ ЗАЩИТЫ СИСТЕМЫ СБОРА САМОТЛОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

AUTOMATED CORROSION PROTECTION SYSTEM FOR THE SAMOTLORSK FIELD COLLECTION SYSTEM

Шишкин М.С.
Shiskin M. S.
Филиал Тюменского Индустриального Университета в г. Нижневартовске, clash.tasher.03@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается проблема коррозионного износа системы сбора продукции на Самотлорском месторождении. Обоснована необходимость перехода от традиционных методов ингибиторной защиты к автоматизированным системам управления. Представлена архитектура автоматизированной системы антикоррозийной защиты (АСАКЗ), включающая блоки мониторинга, предиктивной аналитики и дозирования. Описаны технические решения по беспроводной передаче данных и ультразвуковому контролю толщины стенок трубопроводов. Приведены ожидаемые экономические и эксплуатационные эффекты от внедрения системы.

Ключевые слова. Ингибитор, автоматизация, коррозия, Самотлорское месторождение.

Цель работы. Обеспечить экономически выгодную и эффективную защиту от коррозии.

Введение: Самотлорское месторождение, одно из крупнейших в России, сталкивается со сложными геологическими условиями и агрессивными флюидами. Долгосрочная эксплуатация привела к повышению содержания воды в продукции, увеличению минерализации пластовых вод и росту агрессивных веществ, таких как сероводород (H_2S) и углекислый газ (CO_2). Эти факторы усиливают коррозионные процессы, что вызывает преждевременный выход оборудования из строя, снижение добычи и удорожание эксплуатации. Использование ингибиторов коррозии является одним из самых эффективных и экономически оправданных методов борьбы с коррозией в условиях данного месторождения, что позволяет существенно продлить срок службы оборудования и снизить вероятность аварий. Традиционные методы защиты, основанные на периодическом вводе ингибиторов, в современных условиях становятся недостаточно эффективными из-за высокой изменчивости параметров добычи. В этой связи особую актуальность приобретает автоматизированная система антикоррозионной защиты (АСАКЗ), обеспечивающая непрерывный мониторинг коррозионной обстановки и адаптивное управление подачей ингибиторов в системе сбора продукции с месторождения.

Интенсивность коррозионного износа внутрискважинного оборудования и трубопроводов системы сбора определяется комплексом факторов:

- Высокая минерализация и содержание хлоридов;
- Наличие кислых газов (H_2S и CO_2), усиливающих электрохимическую коррозию;
- Температурный режим (до 90°C в призабойной зоне), ускоряющий химические реакции;
- Механические примеси (песок, глина), вызывающие абразивный износ и разрушение защитных пленок;
- Бактериальная активность (сульфатвосстанавливающие бактерии), продуцирующие дополнительный сероводород.

Предлагаемая автоматизированная система антикоррозийной защиты представляет собой комплекс программно-технических средств, реализующий замкнутый цикл управления коррозией: «измерение – анализ – принятие решения – воздействие». Ключевое отличие системы заключается в переходе от регламентной подачи ингибитора к дозированию, зависящему от фактического коррозионного состояния трубопровода

Архитектура АСАКЗ включает три основных уровня:

1. Система мониторинга коррозии. Базовым элементом мониторинга является ультразвуковой датчик серии U-Wave системы INTELSYS. Принцип его действия основан на эхо-методе неразрушающего контроля с использованием объемных ультразвуковых волн. Датчик устанавливается на наружную поверхность трубы с

помощью монтажного хомута и предназначен для дистанционного измерения толщины стенок трубопроводов, резервуаров и фланцев, подверженных коррозионному и эрозионному износу. Передача данных осуществляется по беспроводной промышленной сети с использованием радиоканала класса LPWAN в диапазоне Sub-GHz. Данное решение обеспечивает устойчивую связь на расстоянии до 5–10 км при минимальном энергопотреблении и исключает необходимость прокладки кабельных линий вдоль трубопроводов. Сбор данных производится базовыми станциями, установленными на ДНС, КСП и ЦПС, с последующей передачей в центр обработки данных по существующим промысловым каналам связи;

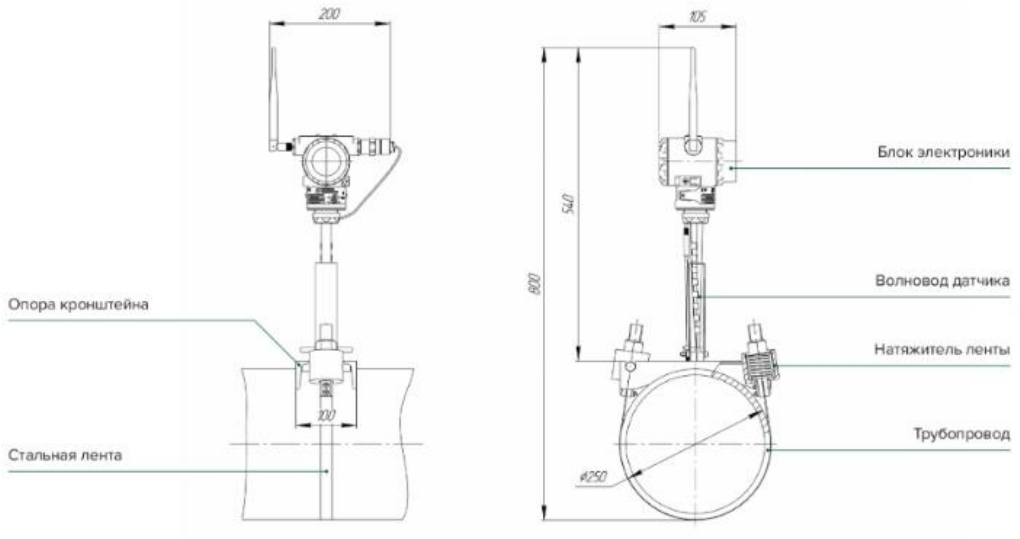


Рис. 1 - Ультразвуковой датчик серии U-Wave системы INTELSYS

2. Система предиктивной аналитики. Аналитический модуль предназначен для обработки данных, поступающих от датчиков. В автоматическом режиме система анализирует динамику изменения толщины стенки, выявляет тренды коррозии и формирует прогноз остаточного ресурса оборудования. На основе этих данных вырабатываются рекомендации и управляющие воздействия для корректировки подачи ингибитора. Такой подход позволяет перейти от реактивного обслуживания к проактивному управлению техническим состоянием активов;

3. Узел дозирования ингибитора. Исполнительным элементом системы является промышленный дозирующий насос с регулируемой подачей. Узел дозирования размещается на технологических объектах (ДНС, КСП, ЦПС). Ввод реагента непосредственно в поток нефти осуществляется через инжекционное устройство – специальную врезку, рассчитанную на рабочее давление.

Эффективность работы автоматизированной системы напрямую зависит от правильного выбора типа ингибитора. Лабораторные исследования, проведенные в модельных средах, имитирующих состав пластовых вод Самотлорского месторождения, показали, что наиболее высокую степень защиты (снижение скорости коррозии на 80–95%) обеспечивают имидазолиновые ингибиторы и композиции смешанного типа, например, на основе реагента «Виско-938».

Использование ингибиторов смешанного типа предпочтительно в условиях Самотлорского месторождения, так как они способны сочетать адсорбционный, пассивирующий или осаждающий механизмы действия, обеспечивая комплексную защиту металла в условиях высокой минерализации и присутствия механических примесей.

Внедрение автоматизированной системы антикоррозийной защиты на объектах системы сбора Самотлорского месторождения позволит достичь следующих показателей:

1. Снижение скорости коррозии в системе сбора на 85–95%;

2. Сокращение удельного расхода ингибиторов коррозии на 15–30% за счет прецизионного дозирования;
3. Увеличение межремонтного периода трубопроводов и оборудования;
4. Минимизация риска аварийных разливов и экологических нарушений;
5. Исключение влияния человеческого фактора на процесс дозирования реагентов;
6. Повышение уровня промышленной и экологической безопасности промысла.

Выводы: Автоматизированная система антикоррозийной защиты является эффективным инструментом продления срока службы трубопроводных систем на поздних стадиях разработки месторождений. Интеграция ультразвуковых датчиков контроля толщины стенки, беспроводных каналов связи LPWAN и систем предиктивной аналитики позволяет в режиме реального времени управлять коррозионными процессами.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на совершенствование алгоритмов прогнозирования коррозионного износа и разработку новых составов ингибиторов, адаптированных к изменяющимся условиям эксплуатации Самотлорского месторождения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Хусаинова Д.А. Обоснование технологии предупреждения образования солеотложений и коррозии оборудования в нефтяных скважинах с использованием ингибиторов комплексного действия. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, 2017 г.
2. Филиппов К.А. Повышение эффективности мероприятий по снижению влияния коррозионного разрушения объектов добычи нефти на нефтяном месторождении «х» (западная Сибирь). Магистерская диссертация, 2020 г.
3. Бабенко Н.Г. Применение мобильных трубопроводных систем из гибких полимерно-армированных труб для обвязки кустовой площадки // Журнал о технологии и оборудованиях. 2024 №9. С. 18-26.
4. Краснов А.Н., Прахова М.Ю., Коловертнов Г.Ю. Система автоматической подачи ингибитора гидратообразования в шлейфы газового промысла. 2017 г.

ДВУХРЯДНАЯ СХЕМА ОДНОВРЕМЕННО-РАЗДЕЛЬНОЙ ЗАКАЧКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ МНОГОПЛАСТОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

Якупов И.Р.
ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь», ildar-yakupov-03@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях разработки многопластовых нефтяных месторождений одной из ключевых задач является обеспечение эффективного и селективного воздействия на каждый продуктивный пласт. Применение технологии одновременно-раздельной закачки позволяет решить эту задачу путём изолированной подачи агента в разные интервалы в рамках одной скважины. Однако существующие однорядные схемы компоновок обладают рядом существенных недостатков, включая высокую частоту отказов элементов подземного оборудования, уязвимость системы телеметрии, что ведет к значительным затратам на ремонт скважины. Также данные компоновки сопряжены с затратами на работу геофизических бригад по замене штуцеров.

Эти факторы приводят к снижению надёжности эксплуатации, росту операционных расходов и потерям добычи из-за простоев. В связи с этим актуальной становится разработка и внедрение более надёжных и экономичных технических решений для одновременно-раздельной закачки.

Предмет исследования — двухрядная схема компоновки одновременно-раздельной закачки со стыковочным узлом как альтернатива традиционным однорядным решениям.

Цель работы — разработать и предложить к внедрению двухрядную схему одновременно-раздельной закачки для повышения надёжности, управляемости и экономической эффективности воздействия на многопластовые залежи.

Определение проблемы

Анализ работы систем одновременно-раздельной закачки на месторождениях предприятия N за период 2023–2025 годов выявил устойчивую проблему низкой надёжности и высокой аварийности действующих однорядных компоновок.

Статистика по состоянию скважин, оборудованных данными компоновками, демонстрирует негативную динамику, что представлено на рисунке 1.

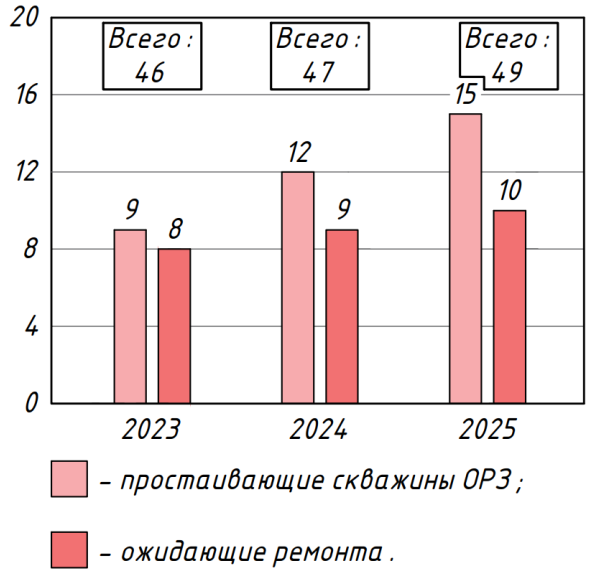


Рис. 1 – Статистика по состоянию скважин одновременно-раздельной закачки за 2023–2025 гг

Основными причинами столь высокой аварийности традиционных однорядных схем являются:

1.Наличие сложных скважинных камер и подвижных механических элементов, работающих в условиях высоких давлений и агрессивной среды, что закономерно приводит к снижению их надежности и ресурса.

2.Низкая ремонтопригодность критических узлов – при выходе из строя системы глубинной телеметрии ее восстановление невозможно, что требует дорогостоящей операции по ее полной замене.

3.Уязвимость системы мониторинга, полностью зависящей от геофизического кабеля. Его повреждение или обрыв приводит к необратимой потере контроля за параметрами закачки.

Следствием этих проблем являются высокие совокупные затраты на обслуживание, складывающиеся из стоимости частых ремонтов и работ геофизической партии. Существующий подход к организации одновременно-раздельной закачки становится экономически обременительным и технологически неэффективным.

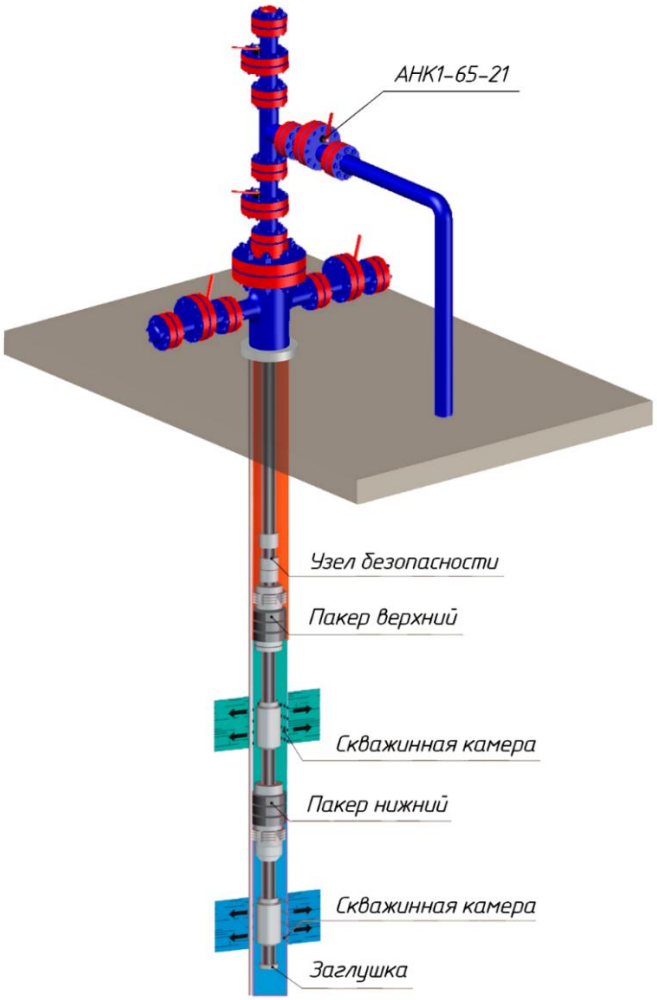


Рис. 2 – Схема традиционной однорядной компоновки

В рамках данного проекта предлагается принципиальное решение – переход на двухрядную схему компоновки одновременно-раздельной закачки. Данная конструкция исключает применение ненадёжных узлов, существующих в однорядной системе за счёт использования двух концентрических колонн труб и стыковочного узла, создающих независимые каналы для изолированной закачки. Внедрение этой технологии направлено на

кардинальное снижение количества отказов, упрощение эксплуатации и значительное сокращение операционных расходов, обеспечивая при этом более точное и управляемое воздействие на продуктивные пласты.

Теоретическая часть

Двухрядная схема одновременно-раздельной закачки - решение проблем в эксплуатации

Технология одновременно-раздельной закачки является ключевым методом повышения эффективности разработки многопластовых месторождений. Её принцип основан на изолированной подаче рабочего агента в различные продуктивные пласты через одну скважину. В большинстве случаев это достигалось с помощью однорядных компоновок, оснащённых узлом распределения закачки.

Однако, как показал анализ, такие системы обладают фундаментальными недостатками, так, глубинные штуцерные вставки, являющиеся составным элементом узла распределения закачки, подвержены засорению, а модуль погружной телеметрии - наиболее уязвимая составляющая компоновки. Ее повреждение ведет к бесконтрольной закачке, вследствие чего требуется полная замена модуля стоимость которой составляет половину от стоимости всей компоновки.

Таким образом, даже единичный отказ сопоставим с утилизацией половины установки.

Процесс регулирования закачки в однорядных компоновках требует вызова геофизической бригады и сопряжен с трудоемкой работой спуско-подъемных операций для замены глубинных штуцерных вставок.

Альтернативой является переход к двухрядной схеме компоновки со стыковочным узлом, основанной на физическом разделении потоков с помощью двух концентрических колонн труб. Такой подход позволяет устранить необходимость в узле распределения закачки, перенося функцию регулирования и контроля закачки на устьевое оборудование, что принципиально повышает надёжность и ремонтопригодность системы.

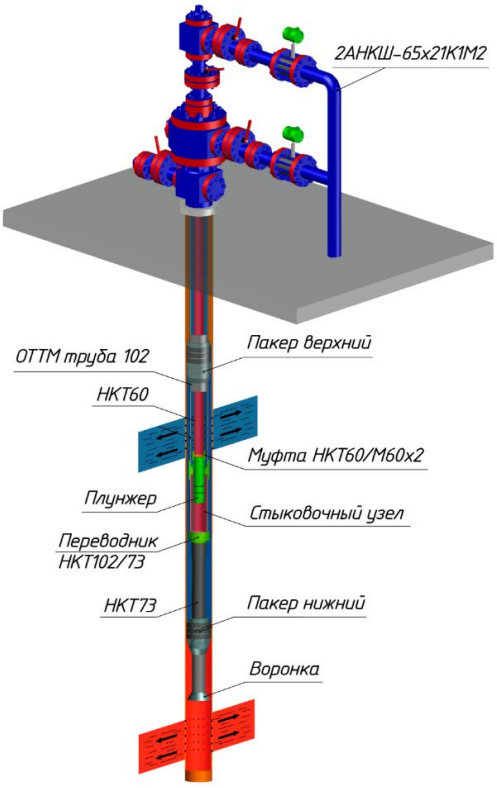
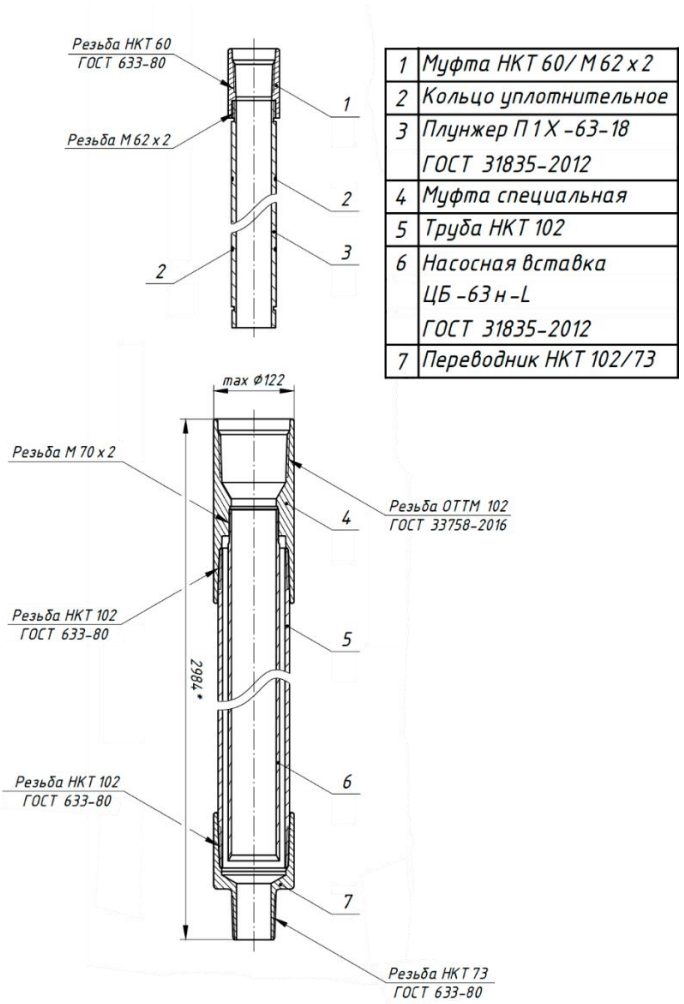


Рис. 3 – Схема предлагаемой двухрядной компоновки

Конструкция и принцип работы стыковочного узла двухрядной компоновки

Сердцевиной предлагаемого технического решения является специально разработанный стыковочный узел, обеспечивающий герметичное разделение и распределение потоков между двумя пластами. Конструкция узла базируется на использовании серийно производимых элементов штангового насоса, что обеспечивает его доступность, низкую стоимость и высокую ремонтопригодность.



1	Муфта НКТ 60/ М 62 х 2
2	Кольцо уплотнительное
3	Плунжер П 1 Х -63-18 ГОСТ 31835-2012
4	Муфта специальная
5	Труба НКТ 102
6	Насосная вставка ЦБ -63 н -L ГОСТ 31835-2012
7	Переводник НКТ 102/73

Рис. 4 – Принципиальная схема стыковочного узла, разработанного для двухрядной компоновки одновременно-раздельной закачки

Принцип работы и герметизация:

В процессе спуска компоновки плунжер на трубе 60 типоразмера входит в насосную вставку на трубе 102 типоразмера, образуя фиксированное соединение. Данная пара «плунжер-вставка» выполняет роль разобщающего устройства, решая две ключевые задачи:

—герметизация кольцевого канала: соединение плунжера с вставкой надёжно перекрывает кольцевой канал между трубами, предотвращая продвижение агента, закачиваемого по кольцевому пространству, в нижележащие интервалы;

—направление потоков: агент, поступающий по кольцевому пространству, достигает зоны стыковочного узла и, не имея возможности двигаться вниз, направляется через специальные перфорационные окна в стенке трубы

102 типоразмера в интервал верхнего продуктивного пласта. Одновременно агент для нижнего пласта свободно проходит по внутреннему каналу насосно-компрессорных труб 60 типоразмера, через осевой канал плунжера и далее к перфорированному интервалу нижнего пласта.

Сравнительные преимущества предлагаемого решения

Предлагаемое решение на основе стыковочного узла обладает рядом принципиальных преимуществ перед традиционными системами:

— высокая надёжность: отсутствие подвижных деталей, работающих под воздействием потока;

— низкая стоимость и доступность: использование массовых, отработанных в производстве элементов штангового насоса;

— простота диагностики и ремонта: в случае износа уплотнения или выхода из строя узел может быть извлечён и заменён в рамках стандартных операций подземного ремонта;

— прямое и независимое управление: расход жидкости в каждый пласт задаются и контролируются исключительно устьевым оборудованием, без привлечения геофизической партии, что повышает точность и гибкость управления процессом воздействия на пласт.

Экспериментальная часть

Проектирование и разработка образца стыковочного узла

В рамках экспериментальной части работы основной задачей было практическое воплощение теоретической концепции двухрядной компоновки одновременно-раздельной закачки, а именно – создание работоспособного и надёжного стыковочного узла, обеспечивающего герметичное разделение потоков.

На основе принципиальной схемы, представленной на рисунке 6, был выполнен детальный инженерный расчёт и подбор конкретных типоразмеров элементов.

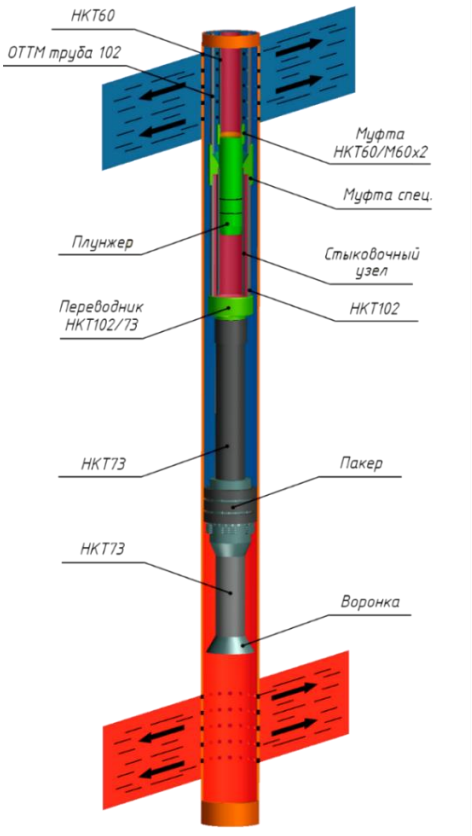


Рис. 5 – Схема разрабатываемой компоновки

Основное внимание уделялось обеспечению точного сопряжения плунжера и вставки для создания надежного уплотнения, исключающего переток флюидов между кольцевым и внутренним каналами.

Компьютерное моделирование работы узла в ANSYS Fluent

Поскольку проведение эксперимента на скважине запланировано на следующий этап, для первичной оценки прочностных характеристик и герметичности стыковочного узла в условиях, приближенных к реальным, было проведено компьютерное моделирование в программном комплексе ANSYS Fluent.

Цели моделирования:

—оценка распределения напряжений в материале ключевых элементов узла (плунжер, вставка, места соединений) при рабочем давлении;

—анализ герметичности уплотнения в паре «плунжер-вставка» под воздействием дифференциального давления между каналами;

—верификация отсутствия зон критической деформации, которые могли бы привести к отказу при длительной эксплуатации.

Результаты моделирования и выводы:

1.Прочностной анализ: результаты расчёта напряжений, представленные на рисунке 7 показали, что максимальные эквивалентные напряжения в материале плунжера и вставки не превышают 55% от предела текучести материала.

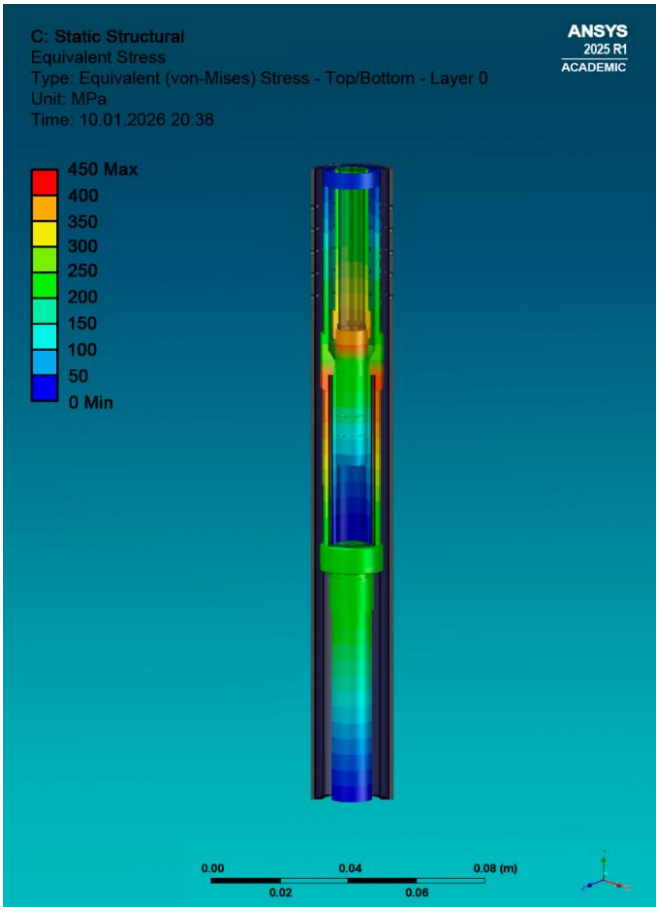


Рис. 6 – Распределение эквивалентных напряжений в стыковочном узле при рабочем давлении

2.Оценка надежности: отсутствие областей с пластическими деформациями и высокими циклическими нагрузками в основных элементах позволяет сделать предварительный вывод о высоком потенциальном ресурсе стыковочного узла и его пригодности для длительной эксплуатации в скважинных условиях.

3. Анализ герметичности: моделирование потока и давления в зазоре уплотнения подтвердило, что при стандартном рабочем зазоре плунжерной пары в 60 мкм и максимально возможном дифференциальном давлении в 25 МПа, расчётные утечки флюида не превышают 1,5% от технологического потока.

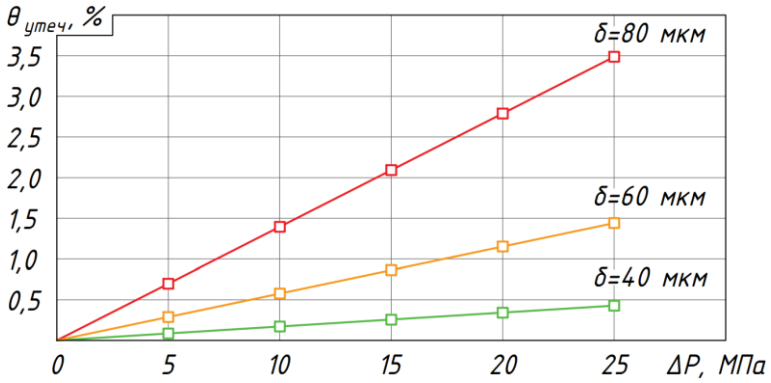


Рис. 7 – Зависимость утечек в стыковочном узле от дифференциального давления

План проведения эксперимента на скважине

Для подтверждения технологической эффективности, надёжности и экономической целесообразности предложенной двухрядной компоновки одновременно-раздельной закачки со стыковочным узлом разработан план проведения опытно-промышленных испытаний на реальном объекте предприятия N. В качестве пилотного объекта выбрана скважина X на кустовой площадке Y. Монтаж установки бригадой капитального ремонта скважин запланирован на конец марта 2026 года.

Необходимое оборудование и материалы

Для проведения опытно-промышленных испытаний потребуется:

1.Наземное оборудование:

—двухструнная устьевая арматура, адаптированная для независимой закачки по двум каналам;

—две независимые линии нагнетания с регулируемыми штуцерами и контрольно-измерительными приборами.

2.Подземное оборудование:

—комплект двухрядной компоновки, включающий колонны труб 60 и 102 типоразмера, отработанный в экспериментальной части стыковочный узел, межпластовые пакеры;

—стандартные элементы обвязки (муфты, переводники).

Этапы проведения эксперимента

Эксперимент будет проводиться в семь последовательных этапов:

1.Выбор пилотного объекта. Определение типовой скважины-кандидата с подходящей геологией.

2.Проектирование. Разработка рабочей документации на двухрядную конструкцию.

3.Монтаж. Непосредственный спуск в пилотной скважине силами бригады капитального ремонта скважин.

4.Пусконаладка. Опрессовка, запуск закачки по обоим каналам.

5.Базовый тест. Настройка поверхностного оборудования и подтверждение герметичности разделения пластов.

6.Мониторинг и сбор данных. Непрерывная эксплуатация в тестовом режиме (3-6 месяцев) со сбором данных.

7.Анализ эффективности и выводы. Оценка результатов по ключевым критериям.

На рисунке 9 наглядно представлен план опытно-промышленных испытаний.



Рис. 8 – Карта реализации проекта

Промышленная безопасность и охрана окружающей среды

Внедрение двухрядной схемы одновременно-раздельной закачки способствует снижению уровня производственных рисков при эксплуатации фонда нагнетательных скважин. Исключение из компоновки сложных узлов с кабельными вводами и глубинными регулирующими элементами, чувствительных к агрессивной среде и перепадам давления, минимизирует вероятность отказов подземного оборудования, сопровождающихся неконтролируемыми межпластовыми перетоками и выходом закачиваемого агента на устье. Уменьшение количества ремонтов и спуско-подъемных операций снижает риск травматизма персонала и категорию опасности проводимых работ.

Предлагаемая двухрядная схема одновременно-раздельной закачки также обладает значительным экологическим преимуществом за счёт своей повышенной надёжности. Устранение сложных скважинных механизмов и кабельных систем минимизирует риск аварийных ситуаций, таких как разгерметизация оборудования или утечки рабочего агента в процессе закачки, что напрямую способствует предотвращению загрязнения недр и грунтовых вод.

Снижение частоты ремонтов и связанных с ними спуско-подъемных операций приводит к уменьшению потребления энергии, сокращению выбросов от работы ремонтной техники. Таким образом, внедрение данного решения вносит вклад в снижение общей антропогенной нагрузки на окружающую среду при эксплуатации многопластовых месторождений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения проекта была исследована проблема низкой надежности и высокой аварийности существующих однорядных систем одновременно-раздельной закачки (ОРЗ) на месторождениях предприятия N. Анализ эксплуатации показал, что традиционные компоновки характеризуются частыми отказами, сложностью ремонта и значительными эксплуатационными затратами.

В качестве решения проблемы была разработана и предложена принципиально новая двухрядная схема компоновки одновременно-раздельной закачки со стыковочным узлом.

Проведенная в рамках проекта экспериментальная часть, включавшая разработку опытного образца узла и его компьютерное моделирование в ANSYS Fluent, подтвердила высокую прочность, герметичность и эксплуатационный потенциал предложенного решения. Разработанный план опытно-промышленного эксперимента на реальной скважине определяет четкий путь для практической апробации технологии и сбора доказательных данных.

Кроме технологических и экономических преимуществ, проект вносит вклад в охрану окружающей среды за счет повышения надежности системы, что минимизирует риск аварийных разливов, и сокращения количества ремонтных операций, ведущего к снижению энергопотребления и объема отходов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. РД 39-0147103-294-88. Инструкция по технологии и организации проведения одновременно-раздельной закачки воды в несколько продуктивных пластов через одну нагнетательную скважину. – М.: ВНИИОЭНГ, 1989. – 45 с.
2. Справочник по капитальному ремонту скважин / Под ред. В.И. Щурова. – М.: Недра, 2005. – 550 с.
3. Смирнов, Г.С., Ширков, А.И. Эксплуатация нагнетательных скважин. – М.: Недра, 1991. – 280 с.
4. Куличихин, Н.И., Гришин, Ф.А. Осложнения и ремонт скважин. – М.: Недра, 1987. – 312 с.
5. Руководство по эксплуатации штанговых глубинных насосов (ШГН). – Альметьевск: ОАО «Алнас», 2020. – 65 с.
6. Отраслевые рекомендации по проектированию систем поддержания пластового давления (взамен ВНТП 3-85). – М.: ООО «НТЦ «Нефтегазпроект», 2018. – 89 с.
7. ANSYS Fluent User's Guide. Release 2023 R2. – ANSYS, Inc., 2023. – [Электронный ресурс]. URL: https://www.ansys.com/products/fluids/ansys-fluent (дата обращения: 08.01.2026).
8. ГОСТ 633–80. Трубы насосно-компрессорные и муфты к ним. – М.: Стандартинформ, 2021. – 35 с.

СЕКЦИЯ 3
«ЭКОЛОГИЯ. ЗЕЛЕНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОЛЕТНЕГО МОНИТОРИНГА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПОГЛОЩАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО МЕГАБАССЕЙНА

RESULTS OF LONG-TERM MONITORING OF GROUNDWATER IN THE ABSORPTION COMPLEX OF THE CENTRAL PART OF THE WEST SIBERIAN MEGABASIN

Абдрашитова Р.Н., Сальникова Ю.И., Лебедева Р.Г.
Abdrashitova R.N., Salnikova Yu.I., Lebedeva R.G.
Россия, Тюменский индустриальный университет, abdrashitovarn@tyuiu.ru

Актуальность вопросов сохранения и контроля природной экосистемы недр в Западной Сибири неуклонно возрастает. Обводненность добываемой продукции здесь достигла критических значений, что повлекло за собой многократное увеличение объемов вод, подлежащих утилизации.

Большинство исследователей сходятся во мнении, что единственным на настоящее время экономически целесообразным и экологически безопасным способом утилизации огромного количество излишков попутных вод в Западно-Сибирском нефтегазодобывающем регионе является их размещение в поглощающий апт-альб-сеноманский комплекс мезозойского гидрогеологического бассейна. Это связано с высокими значениями фильтрационно-емкостных свойств отложений и их изолированностью от выше- и нижезалегающих коллекторов, и, в целом, практически полном соответствием геологического строения и гидрогеологических условий комплекса существующим требованиям к поглощающим горизонтам.

В рамках выполненного исследования рассмотрены результаты мониторинга контролируемых показателей состояния поглощающего апт-альб-сеноманского комплекса по трем месторождениям ХМАО-Югры Тюменской области (L, M, N), расположенных соответственно в Салымском, Сургутском и Александровском нефтегазоносных районах. Геологическое строение и гидрогеологические условия центральной части Западно-Сибирского мегабассейна подробно описаны во многих источниках [1 и др.]. Мезозойский бассейн содержит высоконапорные термальные минерализованные воды, находящиеся в обстановке затрудненного водообмена. В составе мезозойского бассейна выделяется четыре комплекса: апт-альб-сеноманский, неокомский, берриас-валанжинский и юрский.

Согласно принятому нефтегеологическому районированию территории Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции [2] месторождение L относится к Салымскому нефтегазоносному району Фроловской нефтегазоносной области. Залежи нефти установлены в мелководно-шельфовых пластах $АС_{11}^{1}$, $АС_{11}^{2}$, $БС_1$, $БС_2$, $БС_{4-5}$ и глубоководных отложениях ачимовской толщи $Ач_1$, $Ач_2$, $Ач_3$, $Ач_4$, $Ач_5$. Пласты группы АС приурочены к черкашинской свите, пласты группы БС и пласты ачимовских отложений – к ахской свите. Месторождение M расположено на территории Сургутского нефтегазоносного района в пределах Среднеобской нефтегазоносной области. Промышленная нефтеносность установлена в пластах $БС_{10}^{0}$, $ЮС_1$, $ЮС_2^{1}$, $ЮС_2^{2}$, $ЮС_2^{3}$. В большинстве своем пласты имеют сложное геологическое строение, обусловленное частым замещением пород-коллекторов глинистыми разностями. Месторождение N относится к Александровскому району Васюганской нефтегазоносной области. Промышленная нефтеносность месторождения N связана с пластами $Ю_1^{1}$, $Ю_1^{2}$ и $Ю_1^{3}$ верхней юры (наунакская свита), $Ю_2^{1}$, $Ю_2^{2}$, $Ю_3^{1}$, $Ю_3^{2}$, $Ю_3^{3}$, $Ю_3^{4}$ средней юры (тюменская свита) и M (доюрские отложения). По количеству извлекаемых запасов месторождение относится к крупным, по сложности геологического строения, обусловленной фациальной изменчивостью пластов, - к сложным.

На территории месторождения L с декабря 2009 г. по настоящее время осуществляется размещение излишков попутно добываемых вод в отложения исследуемого комплекса. Всего за период эксплуатации поглощающих скважин в отложения апт-альб-сеномана было закачано 69448,5 тыс. $м^3$ подтоварных вод. Аналогичное значение для месторождения M составило более 204108 тыс. $м^3$ (с марта 2009 г.). Размещение

излишков попутных вод в отложения на территории месторождения N осуществляется с ноября 2000 г. За рассматриваемый период эксплуатации объемы размещения попутных вод достигли 45767,0 тыс. м^3

В таблице 1 приведены значения основных показателей состава пластовых вод поглощающего комплекса и закачиваемых в комплекс вод: величина осадка при смешении вод в термодинамических условиях поглощающего комплекса в двух соотношениях взаимодействующих вод 50:50, 10:90, значения показателя общей жесткости и механических примесей.

Таблица 1. Значения контролируемых показателей состояния поглощающего комплекса

Показатели состояния поглощающего комплекса	Месторождение L	Месторождение M	Месторождение N
Объем вод, добытых из комплекса, тыс. м^3	119511 на 2020 г.	2057437,6 на 2020 г.	5229245 на 2015 г.
Объем попутных вод, размещенных в комплексе, тыс. м^3	69449 на 2020 г.	204108 на 2020 г.	45767 на 2015 г.
Величина осадка при смешении вод, мг/дм^3 50:50	0,228	0,016	0,086
10:90	0,418	0,054	0,152
Значение показателя общей жесткости в пластовых водах, мг-экв/дм^3	9,8-63,8 23,5	25,5-45,0 32,3	10,0-34,9 22,2
Значение показателя механических примесей в пластовых водах, г/дм^3	6,0-245,4 134,9	0,1-222,6 80,4	18,6-220,0 112,3
Значение показателя общей жесткости в размещаемых водах, мг-экв/дм^3	10,2-16,0 11,6	10,7-19,8 15,3	31,2-64,9 47,9
Значение показателя механических примесей в размещаемых водах, г/дм^3	246-286 257,5	99-175,8 124,0	27,8-56,1 38,4

Примечание: в показателях, где значение дано в виде дроби в числителе указаны минимальные и максимальные значения, в знаменателе – средние

В целом следует отметить, что в регионе распространена тенденция роста содержания механических примесей, нефтепродуктов в составе как пластовых, так и закачиваемых вод. На настоящее время это не привело к смещению равновесия в системе «вода-порода» поглощающего комплекса, что является благоприятным фактором, определяющим относительно стабильное состояние подземной гидросферы исследуемой части разреза [3]. Данное предположение подтверждает и то, что в рамках многолетнего мониторинга состояния подземных вод поглощающего комплекса по исследуемым месторождениям не установлено значительных изменений показателей химического состава подземных вод. Но, несмотря на это, методики мониторинга подземных вод месторождений нефти требуют пересмотра в связи с ростом интенсивности и разнообразия техногенной нагрузки.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Матусевич, В.М. Геофлюидальные системы и проблемы Матусевич, В. М. Геофлюидальные системы и проблемы нефтегазоносности Западно-Сибирского мегабассейна. / В. М. Матусевич, А. В. Рыльков, И. Н. Ушатинский. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2005. – 225 с.
2. Геология и нефтегазоносность Ханты-Мансийского автономного округа: атлас. Государственное предприятие Ханты-Мансийского автономного округа «Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В.И.Шпильмана». – Ханты-Мансийск: ИздатНаукаСервис; 2004. – 116 с.
3. Сальникова, Ю. И. О геохимической стабильности подземных вод апт-альб-сеноманского комплекса в связи с разработкой нефтяных месторождений Западной Сибири / Ю. И. Сальникова // Актуальные проблемы нефти и газа: Тезисы докладов 4-й Всероссийской молодежной научной конференции, Москва, 20–22 октября 2021 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Российской академии наук. – 2021. – С. 30.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ГЕРБИЦИДОВ ДЛЯ БОРЬБЫ С БОРЩЕВИКОМ В УСЛОВИЯХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

THE EFFECTIVENESS OF VARIOUS HERBICIDES IN CONTROLLING HOGWEED IN THE MOSCOW REGION

Абубикеров В.А., Мальгин И.В., Москалюк М.В.

Abubikerov V.A., Malgin I.V., Moskaluk M.V.

Россия, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, buba.abubikerov@mail.ru

Борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* (L) Manden) относится к числу наиболее агрессивных инвазивных видов, характеризующихся высокой семенной продуктивностью и выраженной способностью к массовому самосеву. В последние десятилетия наблюдается устойчивая тенденция к расширению его ареала, в том числе за счёт освоения несельскохозяйственных угодий: придорожных полос, кюветов, опушек лесных массивов и других нарушенных территорий.

В качестве основного и наиболее результативного метода ограничения численности борщевика Сосновского рассматривается химический контроль, основанный на применении гербицидных препаратов. В рамках исследования был проведён анализ эффективности ряда гербицидов, зарегистрированных для применения на территории Российской Федерации, включая глифосатсодержащие и комбинированные средства. Эксперименты осуществлялись на опытных участках в различных районах Московской области с типичными для региона почвенно-климатическими условиями. Оценка эффективности проводилась по следующим критериям: степень угнетения и гибели растений борщевика, скорость проявления фитотоксического действия, влияние препаратов на нецелевые виды растений, а также остаточное действие гербицидов в почве.

В ходе полевых экспериментов определялись оптимальные нормы расхода и сроки обработки, обеспечивающие максимальное подавление вегетирующих растений и предотвращение вторичного прорастания из почвенного банка семян. Испытания проводились на опытных участках площадью 5 м² на опушке леса с применением шести гербицидов и двух баковых смесей. Опрыскивание осуществлялось с использованием опрыскивателя ОРШ-2, разработанного и изготовленного в ФГБНУ ВНИИФ. Расход рабочей жидкости составлял 200 л/га [1-3].

Однократное сплошное наземное опрыскивание вегетирующих растений проводилось следующими гербицидами общеистребительного действия (против малолетних и многолетних двудольных сорняков, в том числе устойчивых к 2,4-Д): Гранж (глифосат + сульфометурон-метил), ВДГ; Арсенал (имазапир), ВР; Трифезан (дикамба + хлорсульфурон + метсульфурон-метил), ВР; Раундап (глифосат), ВР; Гепар (глифосат + хлорсульфурон + метсульфурон-метил), ВДГ; Анкор (сульфометурон-метил), ВДГ.

В первом опыте опрыскивание осуществлялось в мае, когда растения борщевика находились в фазе 3–5 листьев, диаметр розеток составлял 50–80 см, а высота — 30–50 см. Первые признаки пожелтения и усыхания листьев были зафиксированы на 5-й день после обработки препаратами Гранж, ВДГ, Раундап, ВР и Гепар, ВДГ во всех испытываемых дозах. На 8-е сутки начальный эффект угнетения отмечен на остальных вариантах, за исключением делянок с Анкором, ВДГ и Трифезаном, ВДГ, где пожелтение листьев началось лишь на 12-е сутки.

Учёт, проведённый через 15 суток после обработки, продемонстрировал сильное угнетение растений борщевика на вариантах с Гранжем, ВДГ, Гепаром, ВДГ, Раундапом, ВР во всех испытуемых дозах и смесью Раундапа, ВР с Анкором, ВДГ. Эффективность препаратов на остальных делянках к этому сроку была ниже. На необработанных участках (контроль) наблюдалось хорошее развитие борщевика: листья значительно увеличились в размерах, диаметр розеток превысил 1 м.

Таблица 1. Эффективность гербицидных препаратов в борьбе против борщевика Сосновского

Препарат или смесь, доза	Действие на растение			
	Через 15 сут	Через 30 сут	Через 45 сут	Через 60 сут
Опыт 1. Опрыскивание розетки в фазе 4-5 листьев				
Гранж, ВДГ - 3 кг/га	+++	++++	++++	++++
Гепар, ВДГ – 3 кг/га	+++	++++	++++	++++
Гепар, ВДГ - 2 кг/га	+++	++++	++++	++++
Арсенал, ВР – 3 л/га	+	++	+++	++++
Арсенал, ВР – 2 л/га	+	+	+++	++++
Анкор, ВДГ – 0,45 кг/га	+	++	++++	++++
Трифезан, ВГР – 0,3 л/га	+	+	+++	++++
Раундап, ВР – 8 л/га	+++	++++	++++	++++
Раундап, ВР – 5 л/га	+++	++++	++++	++++
Арсенал, ВР + Раундап, ВР 2 + 3 л/га	++	+++	++++	++++
Анкор, ВДГ + Раундап, ВР 0,3 кг/га + 3 л/га	+++	++++	++++	++++

Принятая шкала для оценки степени угнетения растений:

++++ - растения погибли;

+++ - сильное угнетение: идет процесс усыхания и отмирания листьев, гибель точки роста, растения в процессе отмирания;

++ - растения угнетены в средней степени: наблюдается хлороз и потеря массы листьев, подсыхание почки возобновления;

+ - слабое угнетение: пожелтение листьев, прекращение их роста, отрастания новых листьев не наблюдается.

По прошествии 30 суток на контроле отмечались ещё более мощные раскидистые розетки с листьями диаметром до 2 м и более. Некоторые растения дали стебель и находились в стадии бутонизации. На опытных площадках к этому сроку полная гибель борщевика зафиксирована на вариантах с Гранжем ВДГ, Гепаром ВДГ, Раундапом ВР и смесью Раундапа, ВР + Анкор, ВДГ; а также на вариантах Раундап, ВР + Арсенал, ВР и Анкор, ВДГ — из трёх растений на делянке осталось по одному не погибшему, хотя и угнетённому. На вариантах с Арсеналом, ВР и Трифезаном, ВГР наблюдалось слабое угнетение, однако нарастания массы растений не отмечено, что существенно отличало их от контроля. Представители других видов сорной растительности к этому сроку полностью погибли на всех вариантах.

Через 45 суток после внесения гербицидов на большинстве опытных делянок не было отмечено живых растений, за исключением вариантов с Трифезаном, ВГР и Арсеналом, ВР, где сохранились ещё не полностью отмершие листья.

Наблюдения через 60 суток показали, что и на этих вариантах растения борщевика полностью отмерли. Ни на одном варианте к этому сроку не отмечено появления новых всходов ни борщевика, ни сопутствующих растений. Возобновления борщевика на опытных делянках не наблюдалось, однако на варианте с Раундапом, ВР (5 л/га) началось восстановление разнотравья: появились розетки щавеля конского, бодяка полевого, мальвы приземистой.

После применения препаратов Арсенал, ВР, Анкор, ВДГ и Трифезан, ВГР отмечалось слабое угнетение растений как через 15, так и через 30 суток после обработки. Однако при учёте через 45 суток на этих вариантах растения также погибли.

Для эффективного подавления борщевика Сосновского рекомендуется использовать глифосатсодержащие препараты (Гранж, Гепар, Раундап) и их смеси с сульфометурон-метилом (Анкор). Химический контроль с использованием глифосатсодержащих и комбинированных гербицидов — наиболее эффективный способ борьбы с

борщевиком Сосновского на несельскохозяйственных угодьях. Для долгосрочного эффекта важно соблюдать оптимальные сроки и нормы обработки, а также учитывать влияние на восстановление местной флоры.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Никитин Н.В., Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г. Научно-практические аспекты технологии применения современных гербицидов в растениеводстве // М. Печатный Город. 2010. - 200 с.
2. Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г. Развитие отечественной гербологии на современном этапе// М. Печатный Город. 2013. - 426 с.
3. Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Шестаков В.Г. методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве. Голицыно, 2003 г., с. 293.

ПЕРЕРАБОТКА ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД: ПЕРЕХОДУ К ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКЕ
WASTE WATER SLUDGE RECYCLING: TRANSITION TO A CIRCULAR ECONOMY

Аладин Д.Ю., Севостьянов С.М., Демин Д.В.
Aladin D.Y., Sevostyanov S.M., Demin D.V.
ФИЦ «Пущинский научный центр биологических исследований РАН» - обособленное подразделение Институт фундаментальных проблем биологии РАН, aladin-danila@rambler.ru

Ключевые слова: осадки сточных вод, аминокислотные реагенты, компостирование.

Осадки сточных вод (ОСВ), образующиеся на очистных сооружениях, относятся к биологически опасным токсичным отходам. Их размещение на полигонах твёрдых бытовых отходов запрещено. Осадки являются постоянно возобновляемыми отходами: их объём составляет не менее 3% от общего объёма сточных вод. В настоящее время основная масса этих отходов фактически не утилизируется.

В ряде регионов России складывается тревожная ситуация: существует реальный риск ухудшения экологической и санитарно-эпидемиологической обстановки, а также возникновения чрезвычайных ситуаций из-за аварий на очистных сооружениях, станциях аэрации, в прудах-накопителях и других объектах.

Мировой опыт показывает, что в зависимости от региональных геоэкологических особенностей стран в сельскохозяйственном производстве используется от 10 до 90% накапливающихся ОСВ. В среднем по Западной Европе этот показатель составляет 40–50%. В мире наблюдается устойчивый ежегодный рост доли утилизируемых осадков в общем объёме их накопления. В России же, даже по самым оптимистичным оценкам, в агрокультуре используется не более 5% ОСВ. Учитывая сложное положение в аграрном секторе и дефицит минеральных и органических удобрений, высказывается мнение, что только внесение 30–40 т/га осадков и выше способно существенно изменить агрохимические свойства почв и стать экономически рентабельным.

На подавляющем большинстве очистных сооружений страны по-прежнему применяется естественное обезвоживание осадков на иловых картах. Эти карты занимают обширные земельные площади, которые могли бы быть использованы для сельскохозяйственного производства, промышленного или гражданского строительства. Подсушенный осадок продолжает храниться на тех же картах, площадках складирования или в котлованах на территории очистных комплексов. Согласно данным ГНУ ВНИПТИОУ Россельхозакадемии, ежегодный объём образования ОСВ в России достигает 3,5 млн тонн в пересчёте на сухое вещество. Учитывая, что органическая часть составляет 60%, из этих отходов теоретически можно производить до 40 млн тонн компоста для нужд агрокультуры.

Осадки канализационных сточных вод обладают удобрительными свойствами. Их использование в качестве органического удобрения могло бы способствовать восстановлению баланса органического вещества в пахотных почвах и улучшению их водно-физических характеристик. Применение осадков при рекультивации нарушенных земель позволило бы сформировать плодородный слой и вернуть такие земли в хозяйственный оборот. Однако ОСВ, как правило, загрязнены тяжёлыми металлами, другими поллютантами и патогенной микрофлорой, содержат яйца гельминтов и могут относиться к отходам II и III класса опасности. Это обстоятельство создаёт серьёзные проблемы при утилизации и, в первую очередь, препятствует использованию осадков в качестве органического удобрения.

Для детоксикации осадка без извлечения ионов тяжёлых металлов (in situ) предложено применять аминокислотный реагент. Он связывает ионы металлов, абсорбированные в частицах, переводя их в устойчивые нетоксичные комплексные соединения. Анионы аминокислот, образующие комплексы с тяжёлыми металлами, не вступают в реакции дезаминирования, декарбоксилирования, не подвергаются превращениям в биохимических циклах и не конденсируются с образованием пептидов и белков.

Разработанная принципиально новая реагентная технология детоксикации и обеззараживания осадков сточных вод и техногенных грунтов является эффективной и экологически безопасной. На её основе получено несколько вариантов готовой продукции. Для них проведена оценка агрохимических и микробиологических

показателей, а также определена эффективность использования в природоохранной сфере, строительной отрасли, сельском и городском коммунальном хозяйстве — в качестве искусственных почвогрунтов и компостов.

Технология состоит из нескольких этапов:

• дезинфекция и детоксикация осадков сточных вод специальными реагентами с получением органоминеральной композиции;

• приготовление смеси с целлюлозосодержащими отходами (опилки и т.п.), внесение почвенной микрофлоры;

• компостирование (ферментация) с аэрацией перемешиванием;

• готовая продукция – компост.

Получаемые органоминеральные композиции и компосты нетоксичны для живых организмов - гидробионтов (дафний), почвенных беспозвоночных (червей), мышей.

Применение органоминеральных композиций и компостов в качестве удобрения положительно влияли на рост и развитие растений, содержание тяжелых металлов в растениях ниже предельно-допустимых концентраций.

Конечные продукты производства

Компост. Ключевые питательные вещества для здоровья и жизнеспособности растений.

Смешивается с почвой для улучшения роста и удержания воды, отделяет твердую почву из глины.

Мульча (щепа). В процессе перемешивания компоста и коры получается мульча (щепа).

Прерывает процесс роста сорняков, идеально подходит для грунтов, почв деревьев и кустарников.

Почва для выращивания овощей. В процессе перемешивания компоста, песка и супеси получается почва для выращивания овощей.

Пахотный слой почвы (пахотный грунт). В процессе перемешивания компоста и песка получается пахотный слой почвы. Идеально подходит для выравнивания и заполнения площади. Также подходит для подкормки, посева и пересадки овощей.

Материал для благоустройства и рекультивации (органоминеральный грунт).

В процессе перемешивания компоста и песка, супеси песчаной или грунта получается органоминеральный грунт, пригодный для использования на техническом этапе рекультивации нарушенных земель, отсыпки придорожных полос, землевания малопродуктивных угодий. Идеально подходит для выравнивания ландшафтов при планировочных работах.

Переработка осадков сточных вод является комплексной задачей, решение которой требует интеграции экологических, технических и экономических подходов. Современные технологии позволяют не только минимизировать экологические риски, но и обеспечить получение ценных вторичных продуктов, способствуя переходу к циркулярной экономике. Дальнейшее развитие данной отрасли связано с совершенствованием нормативной базы, внедрением инновационных методов обработки и расширением рынков сбыта продукции на основе ОСВ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Ресурсы органических удобрений в сельском хозяйстве России (информационно-аналитический справочник) / Под ред. А.И. Еськова. Владимир, 2006. 200 с.
2. Максаков В.И. Экономическая эффективность использования осадков сточных вод // Агрохим. вестник. 2000. № 3. С. 27-28.
3. Стратегия использования осадков сточных вод и компостов на их основе в агрикультуре / Под ред. Н.З. Милащенко. М., 2002. 140 с.
4. Применение компоста на основе осадка сточных вод для выращивания растений // Плодородие. 2016. № 1 (88). С. 47-50.
5. Компостирование обработанных аминокислотными реагентами осадков сточных вод // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 3-4. С. 1432-1435.

6. Севостьянов С.М., Демин Д.В., Нефедова С.Е., Глинушкина Т.П. Экспресс-оценка готовности компостов на основе осадков сточных вод для рекультивации нарушенных земель. «Нефтяная столица»: Сборник материалов Седьмого международного молодежного научно-практического форума. М: Центр научно-технических решений (АНО ЦНТР), 2024 г. С. 291-293. ISBN 978-5-6044699-6-5.
7. ГОСТ Р 59748-2021. Национальный стандарт Российской Федерации. Технические принципы обработки осадков сточных вод. Общие требования». М.: ФГБУ «РСТ», 2021.
8. Тарр М.А., ред. (2003). Методы химического разложения отходов и загрязняющих веществ для экологического и промышленного применения. Нью-Йорк: М. Деккер. стр. 165. ISBN 978-0-203-91255-3.
9. ГОСТ Р 59748-2021 «Технические принципы обработки осадков сточных вод. Общие требования» (утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 октября 2021 г. N 1137-ст).
10. Методическое руководство по определению эмиссии CO_2 из почв в различных типах экосистем 2-е изд. Пущино 2023 г.: сайт. – URL: https://carbomonitoring.ru/wp-content/uploads/Methodological-guide.pdf (дата доступа 01.03.2024).
11. Anderson J.P.E., Domsch K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils // Soil Biol. Biochem. 1978. V. 10(3). P. 215–221. https://doi.org/10.1016/0038-0717(78)90099-8
12. Ананьева Н.Д., Сушко С.В., Иващенко К.В., Васенев В.И. Микробное дыхание почв подтайги и лесостепи Европейской части России: полевой и лабораторный подходы. Почвоведение. 2020. № 10. С. 1276-1286.
13. Creamer R.E., Schulte R.P.O., Stone D., Gal A., Krogh P.H., Papa G.L., Murray P.J., Peres G., Foerster B., Rutgers M., Sousa J.P., Winding A. Measuring basal soil respiration across Europe: Do incubation temperature and incubation period matter? // Ecol. Indic. 2014. V. 36. P. 409–418.

ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ ОТ ФИТОФТОРОЗА ПРИ ПОМОЩИ ХИМИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ
PROTECTING POTATOES FROM LATE BLIGHT USING CHEMICAL AND BIOLOGICAL PREPARATIONS

Апатов Е. Д.[1], Андреевская В. М[2]., Смирнов А. Н.[1], Лисовой А. М.[1,2]
Apatov E. D.[1], Andreevskaya V.M.[2], Smirnov A., N.[1], Lisovoy A.M.[1,2]
[1]Российская Федерация, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, bekazzps4@gmail.com
[2]Российская Федерация, ФГБНУ ВНИИ Фитопатологии, nikaandreevskai@yandex.ru

Фитофтороз картофеля остаётся одной из наиболее опасных и экономически значимых болезней культуры в Российской Федерации. Возбудитель заболевания — псевдогриб *Phytophthora infestans* — активно развивается при умеренных температурах (12–25 °C) и высокой влажности воздуха, что делает распространение инфекции особенно интенсивным в период вегетации [4]. Поражение проявляется в виде бурых мокнущих пятен на листьях с характерным белым спороношением на их нижней стороне, а также образованием вдавленных буровато-серых пятен на клубнях. Заболевание приводит к преждевременному отмиранию ботвы, снижению урожайности до 70 % и более, а также к значительному ухудшению качества и лёжкости продукции.

По данным оперативного фитосанитарного мониторинга, проведённого в летний период 2025 года [4], заражение фитофторозом было выявлено в ряде федеральных округов, что подтверждает широкую распространённость патогена и его устойчивую эпифитотиологическую значимость. Существенные площади поражения свидетельствуют о необходимости системного подхода к защите культуры. В связи с этим разработка и совершенствование комплекса защитных мероприятий, охватывающие все этапы выращивания и хранения картофеля, остаются актуальной задачей современного растениеводства [2].

Целью исследования являлось изучение эффективности различных средств защиты растений для картофеля от фитофтороза.

Материалы и методы

Исследование выполнялось в ФГБНУ ВНИИФ в Отделе безопасности и продуктивности агроэкосистем, инновационной лаборатории микробиологии. Полевой эксперимент проводился в Московской области, Одинцовском округе, рабочем посёлке Большие Вязёмы, расположенном в зоне дерново-подзолистых почв.

Опыт был заложен на поле с естественным фоном фитофтороза в трехкратной повторности по 30 растений на вариант. Для проведения исследования по защите картофеля от фитофтороза были использованы как биологические, так и химические препараты. Основной целью применения выбранных средств было изучение их эффективности в защите от фитопатогенов, стимулировании иммунитета растений и повышении урожайности. Препараты подбирались с учётом их спектра действия, механизмов защиты [1] и безопасности для растения и окружающей среды.

Для опыта выбран сорт Гала. Выбор обусловлен его высокой товарной урожайностью (до 270 ц/га), хорошими потребительскими качествами клубней, среднеранним сроком созревания. Сорт отличается хорошими вкусовыми и технологическими свойствами, а также широкой адаптивностью к различным климатическим условиям [3].

Схема опыта:

1. Контроль;
2. Фунгицидные обработки (Синклер, КС., Ревус топ, КС., Ридомил Голд, ВДГ);
3. Биотонус;
4. Фитоспорин-М, П;
5. Протравание (Синклер, КС);

Внесение препаратов проводилось с помощью ручного опрыскивания в соответствии с нормой расхода соответствующего препарата [5]. Обработки были в соответствии с регламентом применения. Все варианты, помимо контроля, перед посадкой были протравлены фунгицидом Синклер, КС. На протяжении вегетации проводился учет развития фитофтороза на опытных растениях в процентах. Статистическая обработка была проведена с помощью однофакторного дисперсионного анализа.

Результаты исследований

Развитие фитофтороза по всей вегетации представлено на рисунке 1.

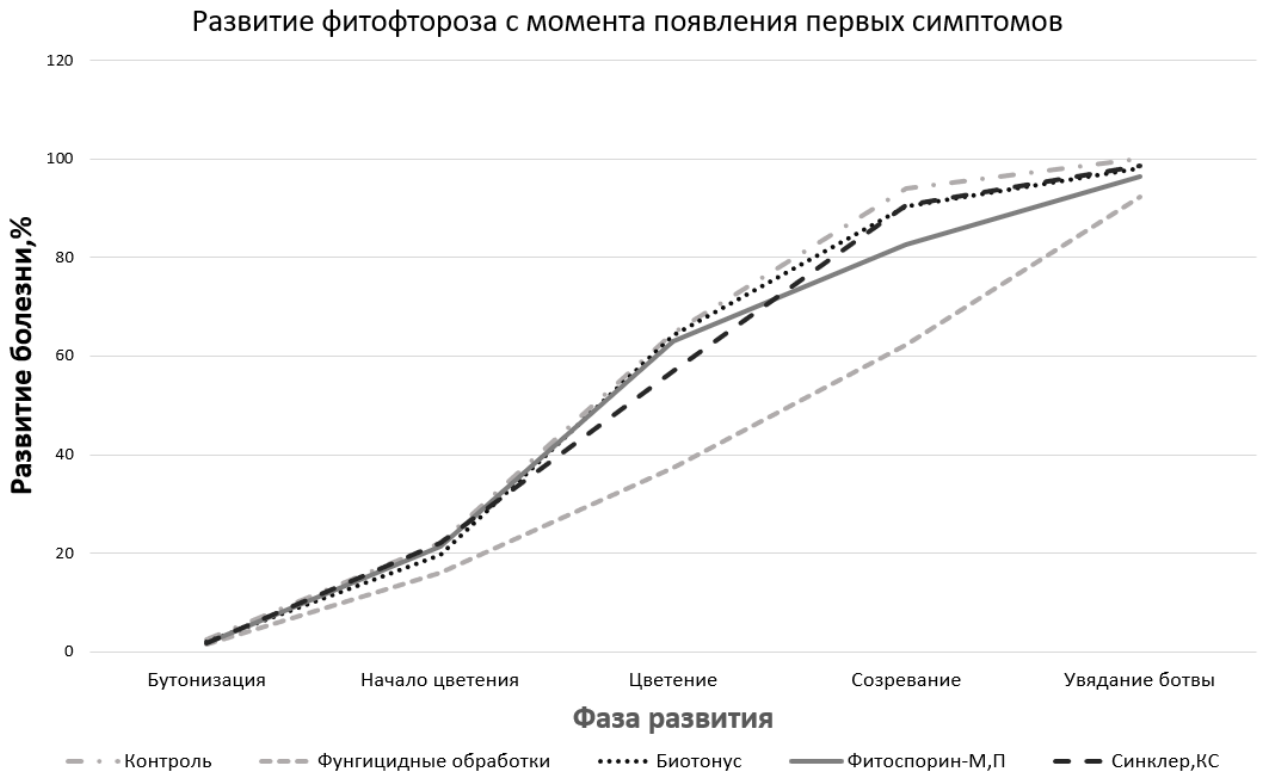


Рис. 1 - Развитие фитофтороза на опытных растениях

Первые симптомы фитофтороза наблюдались в фазу бутонизации. Развитие болезни в фазу бутонизации было наименьшее в варианте с фунгицидными обработками на 43,5%, наибольшее в варианте Биотонус 19,4%, по сравнению с контролем. Наблюдалась существенная разница в развитии болезни в варианте с фунгицидными обработками по сравнению с контролем, остальные результаты были вариативными.

Во всех последующих фазах развития растений, вариант с фунгицидными обработками показал наибольшую эффективность по сравнению с другими вариантами, его развитие было меньше контроля на 27,3% - в начале цветения, 42,3% - ближе к концу цветения, 33,7%- в фазу созревания, 7,7 % - в фазу увядания ботвы. На протяжении всей вегетации развитие болезни в варианте с фунгицидными обработками было существенно меньше по сравнению с контролем.

Параметры, представленные на рисунке 2, показывают наибольшую урожайность в варианте с фунгицидными обработками. Данный вариант имеет наибольшие показатели по средней массе клубня (71,64г), по количеству собранных клубней (247 штук) и по суммарной массе собранных клубней (17,69кг).

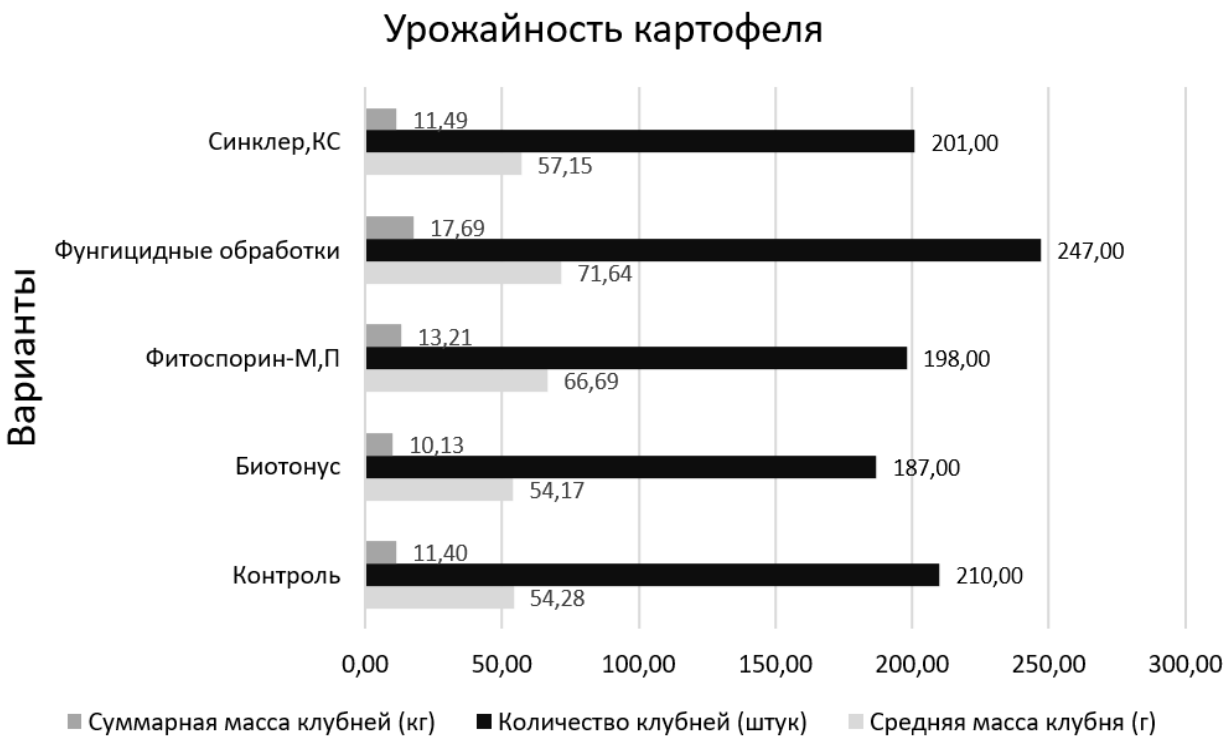


Рис. 2 - Урожайность вариантов полевого опыта

Выводы

Можно заключить, что наибольшую эффективность в борьбе с фитофторозом картофеля на всех этапах развития растений показал вариант фунгицидные обработки. Эти обработки показали существенную разницу с контролем на 95% уровне значимости. Этот вариант стабильно сдерживал развитие болезни и обеспечил максимальную урожайность. Полученные данные создают потенциал для дальнейшего совершенствования и корректировки современных систем защиты картофеля, позволяя более точно подбирать препараты под конкретные фазы развития культуры и уровень фитопатогенной нагрузки.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Зинченко В. А. Химическая защита растений: средства, технология и экологическая безопасность. — М.: Колосс, 2012. — 247 с.
2. Гаспарян, И. Н. Картофель: технологии возделывания и хранения: учебное пособие / И. Н. Гаспарян, Ш. В. Гаспарян. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 256 с.
3. Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию: официальное издание / ФГБНУ «Росинформагротех». – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2024. – 620 с.
4. Оперативная информация о результатах обследования фитофтороза картофеля в Российской Федерации в летний период 2025 года [Электронный ресурс.] // Министерство сельского хозяйства и продовольствия Смоленской области — 2025. — Режим доступа: https://selhoz.admin-smolensk.ru/news/operativnaya-informaciya-o-rezultatah-obsledovaniya-fitoftoroza-kartofelya-v-rossijskoj-federacii-v-letnij-period-2025-goda/
5. Реестр пестицидов и агрохимикатов, разрешённых к применению на территории Российской Федерации [Электронный ресурс.] // Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. — 2026. — Режим доступа: https://mcx.gov.ru/ministry/departments/departament-rastenievodstva-mekhanizatsii-khimizatsii-i-zashchity-rasteniy/industry-information/info-gosudarstvennaya-usluga-po-gosudarstvennoy-registratsii-pestitsidov-i-agrokhimikatov/.

НЕОБИОНТНЫЕ ВИДЫ ПРЕСНОВОДНЫХ МОЛЛЮСКОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ: ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ, НОВЫЕ НАХОДКИ, ОЦЕНКА РИСКОВ НОВЫХ ВСЕЛЕНИЙ И ПРОГНОЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ

NEOBIOTIC SPECIES OF FRESHWATER MOLLUSKS IN THE CENTRAL PART OF WESTERN SIBERIA: TAXONOMIC DIVERSITY, NEW RECORDS, RISK ASSESSMENT OF NEW INTRODUCTIONS AND DISTRIBUTION FORECAST

Бабушкин Е.С., Винарский М.В., Дунаева Д.В., Овчанкова Н.Б., Пономарев М.П.
Babushkin E.S., Vinarski M.V., Dunaeva D.V., Ovchankova N.B., Ponomarev M.P.
Россия, Сургутский государственный университет, babushkines@yandex.ru

Необионтные виды – это виды, чужеродные для какого-либо региона, а также, обитавшие на его территории ранее, в предшествующие геологические периоды, которые в настоящее время вновь в нем распространяются. Вселение таких видов неоднозначно для экосистем, увеличение биоразнообразия на начальном этапе может привести к вытеснению аборигенных видов и сообществ, трансформации экосистем.

В Западной Сибири пресноводные моллюски-необионты до недавнего времени были обнаружены лишь в южной половине, где известны находки около полутора десятков видов [1]. Например, чужеродные виды *Borysthenia naticina* (Menke, 1845), *Ferrissia californica* (Rowell, 1863), *Physella acuta* (Draparnaud, 1805) ранее в регионе не обитали, их нативные ареалы находятся далеко за его пределами, в Европе и Северной Америке. Однако, относительно недавно эти виды были найдены в водоемах-охладителях юга Западной Сибири [1]. Впервые для Югры чужеродный вид *Ph. acuta* был найден нами в водоеме-охладителе Сургутской ГРЭС в 2023 г. Проникновение вида в регион подтверждено также в результате экспедиции 2025 г. в Нижневартовский район, где он был найден в протоке р. Оби у Нижневартовска.

На юге Западной Сибири и в сопредельных регионах, таких как Урал, Восточный Казахстан и Южная Сибирь, большая часть находок чужеродных видов также приурочена к водоемам-охладителям, в них обнаружены такие теплолюбивые виды моллюсков как: *Helisoma anceps* (Menke, 1830), *Lithoglyphus naticoides* (C. Pfeiffer, 1828), *Melanoides tuberculata* (O. F. Müller, 1774), *Planorbella duryi* (Wetherby, 1879) и *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1822). Проникновение видов этой группы в водные экосистемы центральной части Западной Сибири, подверженные тепловому загрязнению, весьма вероятно. Векторами расселения указанных видов являются аквариумистика и рыбное хозяйство, а также любительское рыболовство и туризм.

Среди необионтных видов пресноводных моллюсков, связанных с реками, в пределах южной половины Западной Сибири уже в XXI в. вновь стали многочисленны брюхоногие моллюски – речная живородка *Viviparus viviparus* (Linnaeus, 1758) и двустворчатые – европейские перловицы *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758) и *U. tumidus* Philipsson, 1788, обитавшие в водотоках региона до плиоцен-плейстоценовых оледенений. Вероятно, виды распространяются самостоятельно, непреднамеренное расселение при помощи человека не является основным вектором. Наиболее вероятные пути их распространения – транзитные реки Обь и Иртыш, по которым они могут расселиться из известных выше по течению популяций юга региона [1, 2].

Как показали недавние исследования, впервые обнаруженный нами в Сибири, в р. Пышма в окрестностях Тюмени, чужеродный двустворчатый моллюск *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) [3], успешно натурализовался и осваивает новые местообитания. Личинки-велигеры этого вида присутствуют в планктоне на всем протяжении р. Пышма от места находки взрослых особей до устья [4]. Совсем недавно, в 2023–2024 гг. новые находки речной дрейссены были сделаны также в Иртыше, как выше, так и ниже устья р. Тобол. Вероятно, вид непреднамеренно распространяется человеком, прикрепляясь к различным твердым предметам: лодкам и катерам, рыболовным снастям и инженерным конструкциям. Однако, возможности самостоятельного расселения дрейссены также весьма внушительны – личинки-велигеры могут распространяться вниз по течению на сотни километров. Проникновение вида в водоемы и водотоки Югры в высшей степени вероятно в самое ближайшее время.

В южной части Западной Сибири и сопредельных регионах обнаружен еще целый ряд необионтных видов пресноводных моллюсков, некоторые из них являются инвазионными, т.е. установлено их негативное влияние на

аборигенные экосистемы, для других таких данных пока нет. Среди первых – китайские беззубки *Sinanodonta lauta* (E. von Martens, 1877) и *S. woodiana* (I. Lea, 1834), найденные в Рефтинском водохранилище на р. Пышма [5]. Напротив, вид *U. crassus* Philipsson, 1788, впервые обнаруженный на восточном макросклоне Урала в бассейне притока Туры – р. Тагил, – за пределами нативного европейского ареала, является редким и нуждается в особой охране [2].

Проникновение вышеуказанных видов в центральную часть Западной Сибири, в т.ч. в Югру, весьма вероятно, для некоторых видов – высоко вероятно. Глобальные изменения климата, происходящие в последние десятилетия, являются дополнительным фактором, способствующим распространению теплолюбивых видов на север региона, что справедливо как для аборигенных, так и для необионтных видов. Собственно, чужеродные виды, проникающие в регион, где они ранее не обитали, с одной стороны увеличивают биоразнообразие, с другой – могут негативно влиять на аборигенные виды, вытеснять их в результате конкуренции, способствовать распространению паразитов и других нежелательных вселенцев и, таким образом, способствовать деградации нативных сообществ и экосистем, снижению их разнообразия [1, 2, 6, 7].

Наиболее вероятными будущими вселенцами в водные экосистемы Югры можно назвать обнаруженных в районе Тобольска европейских перловиц рода *Unio* и речную живородку *Viviparus viviparus*, а также речную дрейссену *Dreissena polymorpha*.

В связи с высокой вероятностью проникновения и распространения в центральной части Западной Сибири ряда необионтных видов пресноводных моллюсков, способных вызывать коренные изменения в аборигенных экосистемах, трансформировать их, а также приводить к значительному экономическому ущербу, необходимы дальнейшие исследования и постоянный мониторинг известных популяций и основных очагов распространения – транзитных рек и водоемов-охладителей электростанций.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Фонда научно-технологического развития Югры в рамках научного проекта № 2024-522-04.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Babushkin, E.S. The «Minor Water Bodies» and Their Malacofauna: Are Freshwater Gastropod Communities Usable for Habitat Classification? / E.S. Babushkin, S.I. Andreeva, I.O. Nekhaev, M.V. Vinarski // Water. – 2023. – Vol. 15(6). – P. 1178. – https://doi.org/10.3390/w15061178
2. Babushkin, E.S. European freshwater mussels (*Unio* spp., Unionidae) in Siberia and Kazakhstan: Pleistocene relicts or recent invaders? / E.S. Babushkin, M.V. Vinarski, A.V. Kondakov, A.A. Tomilova, M.E. Grebennikov, V.A. Stolbov, I.N. Bolotov // Limnologica. – 2021. – Vol. 90. – P. 125903. – https://doi.org/10.1016/j.limno.2021.125903
3. Бабушкин, Е.С. Первая находка *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) (Mollusca, Bivalvia) в Сибири / Е.С. Бабушкин, М.В. Винарский, А.А. Герасимова, С.Н. Иванов, Т.А. Шарапова // Российский Журнал Биологических Инвазий. – 2022. – Т. 15, № 1. – С. 13–21. – https://doi.org/10.35885/1996-1499-15-1-13-21
4. Герасимов, А.Г. Расширение ареала инвазии речной дрейссены (*Dreissena polymorpha*) (Mollusca, Bivalvia) в Западной Сибири: велигеры в планктоне р. Пышма (Тюменская область) / А.Г. Герасимов, Т.А. Шарапова, А.А. Герасимова, Е.С. Бабушкин // Российский журнал биологических инвазий. – 2025. – Т. 18, № 3. – С. 50–56. – https://doi.org/10.35885/1996-1499-18-3-050-056
5. Babushkin, E.S. Alien Chinese Pond Mussels (Unionidae, *Sinanodonta*) in Russia: New Records, the Stages of the Invasion and its Current Status / E.S. Babushkin, M.V. Vinarski, I.V. Vikhrev, I.N. Bolotov, A.V. Kondakov, M.Yu. Gofarov, L.V. Yanygina, D.V. Kuzmenkin // Hydrobiologia. – 2026. – In Print.
6. Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100) / под ред. Ю.Ю. Дгебуадзе, В.Г. Петросяна и Л.А. Хляпа. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2018. – 688 с.
7. Nekhaev, I.O. Detection of two species of non-indigenous freshwater snails in Arctic Siberia / I.O. Nekhaev, E.S. Babushkin, I.S. Khrebtova, A.V. Kondakov, O.V. Aksenova, M.V. Vinarski // Molluscan Research. – 2024. – Vol. 44, No. 2. – P. 152–159. – https://doi.org/10.1080/13235818.2024.2315525

ЗЕЛЕНЫЙ БРЕНДИНГ: ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ ПРОДУКЦИИ ИЗ БИОСЫРЬЯ В УСЛОВИЯХ КОНКУРЕНЦИИ
GREEN BRANDING: POSITIONING OF BIO-BASED PRODUCTS IN A COMPETITIVE ENVIRONMENT

Борщева Д.А., Муравьева М.В.
Borshcheva D.A., Muravyeva M.V.
Россия, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»,
m.muraveva@rgau-msha.ru

В условиях трансформации глобальной экономики и усиления экологических ограничений устойчивое развитие становится стратегическим ориентиром для большинства отраслей. Производство продукции из биосырья рассматривается не только как технологическая альтернатива традиционным ресурсам, но и как инструмент снижения негативного воздействия на окружающую среду. Вместе с тем рост предложения экологичных товаров приводит к обострению конкурентной борьбы, что актуализирует проблему их грамотного позиционирования.

Зеленый брендинг в данном контексте выступает не как элемент декоративного маркетинга, а как системный механизм формирования доверия. Современный потребитель демонстрирует высокий уровень информированности и склонность к критическому анализу рекламных сообщений. Поэтому одних заявлений о натуральности или биоразлагаемости недостаточно. Бренд должен подтверждать свои ценности конкретными фактами, прозрачной информацией о происхождении сырья и технологиях производства.

Исследования последних лет показывают [1, 3, 4, 5, 6], что экологическая идентичность компании формируется на стыке экономических, социальных и коммуникационных факторов. Так, в работах, посвящённых маркетинговым стратегиям подчеркивается значение доверия как ключевого нематериального актива бренда.

Одновременно проблема ***гринвошинга*** демонстрирует риски использования экологической повестки исключительно в имиджевых целях [2]. Гринвошинг (зелёное отмывание) – это маркетинговый обман, при котором компания позиционирует свой продукт, услугу или деятельность как экологически чистые, не имея на то оснований.

Примеры гринвошинга в нефтегазовом секторе представлены в таблице 1.

Таблица 1. Примеры гринвошинга в нефтегазовом секторе

Название компании	Страна	Описание факта гринвошинга
ExxonMobil	США	Компания заявляла об экспериментальном биотопливе из водорослей, но не имела целей по достижению нулевых выбросов. Между 2010 и 2018 годами потратила всего 0,2% капитальных затрат на возобновляемые источники энергии.
Aramco	Саудовская Аравия	Крупнейший корпоративный источник выбросов парниковых газов. Продвигала «устойчивые» синтетические топлива в рамках спонсорства Формулы-1, при этом продолжала активную добычу нефти (около 10% мировой добычи).
Shell	Великобритания/ Нидерланды	Выделяла $2-3 млрд на низкоуглеродные проекты при затратах $17 млрд на добычу ископаемого топлива. Использовала агрессивную рекламу в Google по запросам об экологии. В 2023 году британское ASA запретило рекламу компании за введение потребителей в заблуждение.
Total Energies	Франция	После ребрендинга (с Total на TotalEnergies) активно продвигала имидж участника «энергетического перехода». В 2025 году парижский суд признал компанию виновной в гринвошинге за недостаточное раскрытие информации о продолжении добычи нефти и газа.
Equinor	Норвегия	Компания сообщала о десятикратном увеличении мощности возобновляемых источников энергии на своем производстве к 2026 году. Однако, по словам экоюристов, к этой дате компания сможет перейти к возобновляемым источникам энергии лишь на 4%

Примечание: все описанные случаи демонстрируют несоответствие между экологическими заявлениями компаний и их реальной деятельностью в сфере охраны окружающей среды [7, 8].

Позиционирование продукции из биосырья требует четкого определения целевой аудитории. Одни потребители ориентированы на рациональные аргументы - безопасность, отсутствие вредных примесей, снижение углеродного следа. Другие делают выбор исходя из ценностных установок и социальной ответственности производителя. Следовательно, коммуникационная стратегия должна учитывать мотивационную структуру спроса.

Существенную роль играет ***визуальная айдентика.*** Переизбыток зеленых оттенков и природных символов привёл к визуальной унификации товаров на полке. Практика показывает, что более эффективным оказывается акцент на минимализме, четкой типографике и инфографике, отражающей конкретные показатели экологичности. Такой подход позволяет не только выделиться среди конкурентов, но и подчеркнуть рациональный характер предложения.

Не менее важным фактором является подтверждение экологических характеристик через сертификацию и стандартизацию. Наличие официальных документов и открытая публикация отчетности усиливают доверие и формируют долгосрочную репутацию. В условиях цифровизации потребители активно используют онлайн-источники для проверки заявленных характеристик, что делает прозрачность обязательным элементом брендинга.

В стратегическом измерении зеленый брендинг должен быть интегрирован в общую бизнес-модель компании. Экологическая ответственность важна [9, 10, 11] не может ограничиваться упаковкой или рекламной кампанией. Она должна прослеживаться на всех этапах жизненного цикла продукции - от закупки сырья до утилизации. Только в этом случае формируется устойчивое конкурентное преимущество.

Отдельного внимания заслуживает проблема формирования эмоциональной связи с аудиторией. Бренды, ориентированные исключительно на рациональные аргументы, нередко проигрывают тем, кто способен транслировать образ жизни и ценностную позицию. В этом смысле продукция из биосырья может стать символом осознанного потребления и личной ответственности.

Таким образом, эффективное позиционирование продукции из биосырья предполагает комплексный подход, сочетающий стратегическое планирование, доказательную коммуникацию и продуманную визуальную идентичность. Зеленый брендинг становится инструментом не только продвижения, но и долгосрочного развития компании в условиях устойчивой экономики (Таблица 1), может существенно влиять на имидж и показатели эффективности IPO [12, 13].

Таблица 2. Ключевые элементы позиционирования продукции из биосырья

Элемент	Содержание	Маркетинговый эффект
Ценностное предложение	Конкретная экологическая выгода	Формирование доверия
Прозрачность	Информация о сырье и производстве	Снижение скепсиса
Сертификация	Подтверждающие документы	Рост лояльности
Визуальная айдентика	Минимализм и инфографика	Выделение на полке

Зелёный брендинг в нефтегазовом секторе — это стратегия, которая объединяет экологические инициативы, технологические инновации и коммуникационные усилия для формирования имиджа компании как ответственного участника энергетического рынка. В условиях ужесточения экологических норм, роста общественного внимания к климатическим изменениям и требований инвесторов к ESG-стандартам (экология, социальная ответственность, корпоративное управление) нефтегазовые компании активно интегрируют «зелёные» элементы в свою деятельность и брендинг.

Технологические инновации

- Системы CCS/CCUS — проект Sinopec в Китае по улавливанию CO_2 на месторождении Qilu-Shengli
- Возобновляемая энергетика — солнечные станции
- «Зелёные» буровые растворы — разработка экологичных растворов на водной основе
- Цифровые двойники — внедрение технологий 3D-сканирования и БПЛА для контроля добычи

Управление выбросами

- Контроль метана — использование ультразвуковых детекторов и лазерных систем
- Утилизация ПНГ
- Переработка отходов — внедрение технологий утилизации нефтесодержащих отходов
- Рекультивация — восстановление загрязнённых территорий с применением биотехнологий

Водное хозяйство

- Замкнутые системы — внедрение циклического водоснабжения на производственных объектах
- Оптимизация расхода — снижение потребления воды в регионах с дефицитом водных ресурсов

Прозрачность

- Углеродная отчётность — публикация данных о выбросах CO_2
- Международные рейтинги — участие в CDP и OGCI
- Экопросвещение — образовательные программы для сотрудников и населения

Биологическое разнообразие

- Экологический мониторинг — наблюдение за флорой и фауной в зонах добычи
- Озеленение — реализация проектов по восстановлению экосистем
- Биотопливо — производство «зелёного» авиатоплива (SAF)

Рис. 1 - Направления «зеленого брендинга» в нефтегазовом комплексе

В российской практике такие компании как ПАО «Татнефть», «Роснефть», «Газпром нефть» позиционируют себя как «зелёные» бренды опираясь на экологическим характеристикам продукции и энергоэффективности производственных процессов. В целом направления «зеленого брендинга» в нефтегазовом комплексе России представлены в таблице 2.

В современных условиях трансформации глобальной экономической системы и ужесточения экологических регулятивных требований зеленый брендинг трансформируется из инструмента маркетинговой коммуникации в фундаментальный механизм формирования устойчивого конкурентного преимущества компаний. Анализ теоретических и эмпирических данных свидетельствует о том, что эффективная реализация стратегии зеленого брендинга предполагает комплексную интеграцию экологических принципов во все аспекты деятельности организации, начиная от производственных процессов и заканчивая коммуникационной политикой.

Ключевым фактором успеха выступает формирование доверительных отношений с целевой аудиторией на основе прозрачной демонстрации экологической ответственности, подтвержденной конкретными показателями и сертификационными документами. При этом особую значимость приобретает сбалансированный подход к визуальной коммуникации, основанный на принципах минимализма и информативности, а не избыточного использования экологических символов.

Исследования показывают, что успешное позиционирование продукции из биосырья требует тщательного учета мотивационной структуры потребителей, которые демонстрируют растущую способность к критическому

анализу экологических [14] заявлений брендов. В этом контексте проблема гринвошинга выступает как значимый фактор риска, подчеркивающий необходимость соответствия экологических заявлений реальным действиям компании.

Таким образом, зеленый брендинг представляет собой многоаспектный феномен, объединяющий экономические, социальные и экологические компоненты в единую стратегию развития, направленную на формирование устойчивого конкурентного преимущества в условиях глобальной трансформации рынка.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Амирова М.А., Давиденко Л.М., Кунязова С.К. Концепция перехода к «зеленой» экономике на основе экологического брендинга: отечественный и международный опыт // Central Asian Economic Review. 2024. № 6 (159). С. 152-165.
2. Бандорина К.В. Цветовой код экодизайна: от устойчивого развития к гринвошингу // Цвет в пространственных искусствах и дизайне: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Санкт-Петербург, 2024. С. 77-85.
3. Бондаренко В.А., Гузенко Н.В., Дадаян Н.А. Роль экологического маркетинга и зеленого брендинга региона в активизации его социально-экономического развития // Учет и статистика. 2022. № 4 (68). С. 53-64.
4. Бучинская О.Н. Гринвошинг в «зеленых» финансах и меры его предотвращения // Экономика и управление. 2024. Т. 30. № 6. С. 647-655.
5. Кунязова С.К., Кунязов Е.К., Давиденко Л.М., Каримбергенова М.К., Куниязова А.Ж. Механизмы «зеленой» интеграции для продвижения экологического брендинга промышленного комплекса региона // Вестник Торайгыров университета. Экономическая серия. 2024. № 2. С. 235-248.
6. Трубникова В.В., Коновалова С.Н. Развитие брендинга в сфере сельского зеленого туризма // Управление инновационным развитием агропродовольственных систем на национальном и региональном уровнях: материалы III Международной научно-практической конференции. Воронеж, 2021. С. 176-182.
7. Топливных гигантов обвинили в обмане с помощью гринвошинга. Как в разных странах борются с «озеленением» загрязняющей промышленности // MN.RU: сайт. URL: https://www.mn.ru/smart/toplivnyh-gigantov-obvinili-v-obmane-s-pomoshhyu-grinvoshinga-kak-v-raznyh-stranah-boryutsya-s-ozeleneniem-zagryaznyayushhej-promyshlennosti (дата обращения: 03.02.2025).
8. Is Exxon Mobil Greenwashing? // Marley's Monsters: сайт. URL: https://www.marleysmonsters.com/blogs/greenwashing-greenwishing-or-greenhushing/is-exxon-mobil-greenwashing (дата обращения: 03.02.2025).
9. Здоровье, экологический комфорт и благополучие человека. Ч. 2. Экологический комфорт - новый и стратегический фактор в охране здоровья современного человека / Сучков С.В., Абэ Х., Мёрфи Ш. [и др.] // Успехи современной биологии. - 2024. - Т. 144, № 3. - С. 314-334.
10. Семенов А.М., Глинушкин А.П., Соколов М.С. Здоровая почвенная экосистема - основа здорового фитоценоза // Успехи современной науки. - 2017. - Т. 2, № 10. - С. 29-33.
11. Снижение воздействия промышленных объектов на водные экосистемы / Михайлова Е.С., Горелкина А.К., Тимощук И.В. [и др.] // Экология промышленного производства. - 2024. - № 4 (128). - С. 18-26.
12. Design of highly selective heterogeneous catalyst for CO_2-mediated ethane oxidative dehydrogenation based on nonoxidative catalysis in stainless-steel reactor / I. I. Mishanin, T. V. Bogdan, A. E. Koklin, V. I. Bogdan // Chemical Engineering Journal. — 2022. — Vol. 446, № 3. — P. 137184. — DOI: 10.1016/j.cej.2022.137184.
13. McMahon, M. (2024). What Is a Green IPO? SmartCapitalMind. Retrieved from https://www.smartcapitalmind.com/what-is-a-green-ipo.htm (доступ 03.03.2026).
14. Снижение воздействия промышленных объектов на водные экосистемы /Михайлова Е.С., Горелкина А.К., Тимощук И.В. [и др.] // Экология промышленного производства. - 2024. - № 4 (128). - С. 18-26.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ УГЛЕВОДОРОДАМИ НЕФТИ ПОЧВ

USE OF INDUSTRIAL WASTES FOR RESTORATION OF HYDROCARBON-CONTAMINATED SOILS

Бочарникова Е.А., Матыченков В.В.

Bocharnikova E.A., Matichenkov V.V.

Россия, ФИЦ «Пущинский научный центр биологических исследований РАН» - обособленное подразделение Институт фундаментальных проблем биологии РАН, e-mail: mswk@rambler.ru

Загрязнение почв углеводородами происходит в результате различных видов антропогенного воздействия в процессе добычи, транспортировки и переработки нефти (Haghsheno, Arabani, 2022). Наиболее масштабное загрязнение наблюдается при транспортировке нефти и продуктов её переработки. Очевидно, что полностью предотвратить загрязнение углеводородами невозможно, поэтому необходимо совершенствовать технологии очистки и восстановления загрязненных территорий.

Попадая в почву или воду, нефть инициирует каскад негативных последствий для всех уровней экосистемы. В результате образования пленки на поверхности воды нарушается газообмен, что приводит к гибели планктона и рыб от удушья, а водорастворимые фракции нефти, проникая через жабры, вызывают острые отравления и нарушения развития гидробионтов. В почве нефть резко повышает гидрофобность почвенной матрицы, что в сочетании с пропиткой грунта нарушает воздухо- и влагообмен, делая почву непригодной для жизни микроорганизмов и беспозвоночных; корни растений, покрытые нефтяной пленкой, теряют способность впитывать воду и накапливают токсичные канцерогены (Asadi et al., 2025). Далее эти токсичные вещества передаются по пищевым цепям, накапливаясь в живых организмах (Tiwari et al., 2023).

Многие промышленные отходы с высоким содержанием соединений кремния обладают физико-химическими свойствами, принципиально отличными от свойств нефти и нефтепродуктов. В частности, такие материалы, как микрокремнезем (образующийся при производстве ферросплавов) и различные металлургические шлаки характеризуются высокой гидрофильностью (Pranamika, Thirugnanasambandam, 2025). Их структура и химический состав обусловливают способность активно впитывать воду и взаимодействовать с водной средой, что делает их перспективными для использования в технологиях ремедиации (Li et al., 2023). Кроме того, важным преимуществом данных отходов является их нетоксичность: многочисленные исследования подтверждают, что они не оказывают острого токсического воздействия на живые организмы и могут рассматриваться как экологически безопасные материалы для восстановления загрязненных почв (Özkılıç et al., 2025).

Согласно современным данным, кремнийсодержащие соединения демонстрируют высокую эффективность в процессах восстановления системы почва-растение, загрязненной нефтепродуктами (Kai et al., 2018; Wei et al., 2020). Ключевыми механизмами положительного воздействия кремниевых материалов являются: повышение сорбционной емкости и влагоудерживающей способности почв; увеличение доступности для растений таких элементов питания, как фосфор, калий, железо и цинк; снижение фитотоксичности органических и неорганических поллютантов, а также улучшение структурно-агрегатного состава почвы (Matichenkov et al., 2020). Кроме того, в научной литературе отмечается стимулирующее влияние кремнийсодержащих веществ на микробиологическую активность почвенных сообществ (Medjor et al., 2018).

Цель настоящей работы заключалась в изучении влияния кремнийсодержащих промышленных отходов на восстановление почв, загрязненных нефтяными углеводородами.

Материалы и методы

В тепличных экспериментах были использованы три кремнийсодержащих отхода: микрокремнезем МК-65 (65% SiO_2, 35% С; ООО РусАл), микрокремнезем МК-95 (95% SiO_2, 5% С; ООО РусАл) и шлак металлургического производства ($CaSiO_3$ - 98%; Магнитогорский металлургический комбинат). В качестве загрязнителя

углеводородами была взята нефть Саматлорского месторождения (ХМАО, Нижневартовский район, Siberian Light) с высокой плотностью и содержанием серы не более 0,6%. Тепличный эксперимент проводили на серой лесной почве, отобранной на юге Московской области. Почва имела следующие показатели: pH 7,2; содержание общего углерода 24,7 г/кг, общее содержание азота 3,08 г/кг; общее содержание фосфора 0,91 г/кг и общее содержание калия 22,3 г/ кг. Перед экспериментом почву смешивали с нефтью в пропорции 30:1 (почва:нефть) и инкубировали в течение месяца при температуре +24°С и влажности 20-24% при периодическом перемешивании. Затем проводили вегетационный эксперимент по следующей схеме: 1) контроль, 2) нефтяное загрязнение (НЗ), 3) НЗ+ МК-65 10 т/га; 4) НЗ + МК-95 10 т/га, 5) НЗ + $CaSiO_3$ 10 т/га. В эксперименте выращивали пшеницу (по 10 семян на горшок). Влажность почвы поддерживали на уровне 30-40% в течение 1 месяца. Каждую неделю отбирали образцы почвы, в которых затем анализировали содержание углеводородов методом холодной экстракции гексаном. Через 1 месяц после посева определяли надземную и подземную биомассу растений и активность почвенной каталазы (Хазиев, 1976). Все полученные результаты были статистически обработаны с целью определения наименьшей существенной разницы.

Результаты и обсуждение

Динамика содержания углеводородов в почве представлена в таблице 1.

Таблица 1. Влияние кремнийсодержащих промышленных отходов на содержание углеводородов в почве

Вариант	Углеводороды, %			
	1 неделя	2 недели	3 недели	4 недели
Контроль	0,2	0,2	0,2	0,1
Контроль + НЗ	2,5	2,4	2,4	2,3
НЗ+ МК-65 10 т/га	2,5	1,8	0,4	0,2
НЗ+ МК-95 10 т/га	2,4	1,9	1,1	0,6
НЗ + $CaSiO_3$ 10 т/га	2,5	2,3	2,1	1,3
$НСР_{05}$	0,3	0,3	0,2	0,2

Внесение кремнийсодержащих материалов обеспечило существенное уменьшение содержания углеводородов в загрязненной почве. Наибольший эффект был получен при внесении препарата МК-65.

Биомасса пшеницы представлена в таблице 2. Нефтяное загрязнение привело к резкому уменьшению биомассы пшеницы. Однако внесение кремнийсодержащих материалов существенно повысило как надземную, так и подземную биомассу растений. Наибольшее увеличение биомассы наблюдалось при использовании отхода МК-65 и наименьшее - силиката кальция. Аналогичные результаты получены при оценке влияния изученных отходов на активность каталазы. Загрязнение нефтью привело к резкому снижению микробной активности, а внесение кремнийсодержащих промышленных отходов способствовало восстановлению активности каталазы.

Таблица 2. Влияние кремнийсодержащих промышленных отходов на сухой вес пшеницы и активность каталазы в почве

Вариант	Подземная биомасса	Надземная биомасса	Каталаза
	г/ растение		мкмоль H_2O_2/г/мин
Контроль	2,24	1,89	9,15
Контроль + НЗ	0,52	0,15	0,15
НЗ+ МК-65 10 т/га	1,89	1,55	6,25
НЗ+ МК-95 10 т/га	1,45	1,22	3,25
НЗ + $CaSiO_3$ 10 т/га	1,02	0,98	2,11
$НСР_{05}$	0,05	0,05	0,10

Известно несколько механизмов, обеспечивающих восстановление почв, загрязненных нефтью. Согласно данным литературы, минералы с высоким содержанием кремния способны сорбировать углеводороды, снижая их токсичность (Salanitro et al., 1997). Кроме того, растворимые формы кремния, в частности монокремниевая кислота, улучшают физические свойства почвы, инициируя переход гидрофобных свойств почвенных частиц в гидрофильные (Qi et al., 2021). Данное воздействие объясняется способностью монокремниевой кислоты модифицировать поверхность минералов (Nguyen et al., 2017). Источником кремниевой кислоты в почвенном растворе служат силикат кальция и аморфный диоксид кремния. Повышение концентрации монокремниевой кислоты при внесении этих минералов снижает негативное воздействие углеводородов благодаря уменьшению гидрофобности загрязненной почвы.

Результаты исследований демонстрируют, что использование кремнийсодержащих агентов ускоряет деградацию углеводородов и уменьшает их фитотоксичность. Применение таких веществ способствует восстановлению экосистемных функций и микробной активности без необходимости искусственного вмешательства в структуру микробного сообщества.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, темы № 125051305945-4 и 125051305914-0.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

Asadi, T. The Impact of oil contamination on soil hydrophobicity and physico-chemical properties around Bandar Abbas oil refinery, Hormozgan Province, Iran / T. Asadi, P. Najafi, E. Chavoshi, M. Hoodaji // Environmental Health Engineering and Management J. – 2025. – N 12. – 1420.

Haghsheno, H. Geotechnical properties of oil-polluted soil: a review / H. Haghsheno, M. Arabani // Environmental Science and Pollution Research. – 2022. – Vol. 29(22). – P. 32670-32701.

Kai, T. Effects of basal fertilizer and perlite amendment on growth of zinnia and its remediation capacity in oil-contaminated soils / T. Kai, H. Ikeura, S. Ozawa, M. Tamaki // International J. Phytoremediation. – 2018. – Vol. 20(12). – P. 1236-1242.

Li, J. Condensation and hydrophobicity of the surface hydroxyl groups between organosilane modified water glass and microsilica / J. Li, M. Du, Y. Cheng, S. Wang, J. Chen, S. Hu, ... H. Zhang // Ceramics International. – 2023. – Vol. 49(13). – P. 21278-21286.

Matichenkov, V. Reduction in nutrient leaching from sandy soils by Si-rich materials: Laboratory, greenhouse and filed studies / V. Matichenkov, E. Bocharnikova, J. Campbell // Soil and Tillage Research. – 2020. – Vol. 196. – P. 104450.

Medjor, W.O. Remediation of hydrocarbons contaminated groundwater by silica encapsulation technique / W.O. Medjor, V.O. Akpoveta, M.E. Adebowale // Water-Energy Nexus. – 2018. – Vol. 1(2). – P. 134-141.

Nguyen, M.N. Effect of silicic acid on the aggregation properties of goethite / M.N. Nguyen, F. Picardal, S. Dultz, L. Nguyen-Thanh, T.T.N. Dam, K.M. Nguyen // European J. Soil Science. – 2017. – Vol. 68(5). – P. 650-657.

Özkılıç, Y.O. Highly effective injection composites with fly ash and microsilica for soil stabilization / Y.O. Özkılıç, A.N. Beskopylny, C. Aksoylu, S.A. Stel'makh, E.M. Shcherban', E. Madenci, ... A.J. Kosykh // Composites Sci. – 2025. – Vol. 9(12). – 675.

Pranamika, R. Development of microsilica-based concrete / R. Pranamika, S. Thirugnanasambandam // Sustainable Built Environments: Challenges and Innovations – Singapore: Springer, 2025.– 1.

Qi,Y. Mechanisms of silica scale formation on organic macromolecule-coated surfaces / Y. Qi, T. Tong, X. Liu // ACS ES&T Water. – 2021. – Vol. 1(8). – P. 1826-1836.

Salanitro, J.P. Crude oil hydrocarbon bioremediation and soil ecotoxicity assessment / J.P. Salanitro, P.B. Dorn, M.H. Huesemann, K.O. Moore, I.A. Rhodes, L.M. Rice Jackson, ... H.L. Wisniewski // Environmental Science & Technology. – 1997. – Vol. 31(6). – P. 1769-1776.

Tiwari, R. Soil contamination by waste transformer oil: A review / R. Tiwari, P. Agrawal, S. Bawa, V. Karadbhajne, A.J. Agrawal // Materials Today: Proc. – 2023. – Vol. 72. – P. 306-310.

Wei, X. Effect of fertilization practice on biological properties of crude oil-polluted soil / X. Wei, E.A. Bocharnikova, V.V. Matichenkov, D.V. Demin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 921 (1). – P. 012028.

Хазиев, Х. Ф. Ферментативная активность почв. Методические указания. – Москва: Наука, 1976. – 180 с.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПЛАНЫ АДАПТАЦИИ К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ: КЛЮЧЕВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ

THE REGIONAL CLIMATE CHANGE ADAPTATION PLANS FOR THE NORTHERN REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION: KEY AREAS

Веселова Д.Н.[1, 2, 3]
Veselova D.N.
[1] Россия, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», daria-voronchikhina@mail.ru
[2] Россия, СЗИУ РАНХиГС, daria-voronchikhina@mail.ru
[3] Россия, АНО ВО «Университет при МПА ЕврАзЭС»,
daria-voronchikhina@mail.ru

Исследование выполнено при финансовой поддержке Фонда научно-технологического развития Югры в рамках научного проекта № 2024-503-08.

Проблема изменений климата представляет собой глобальную угрозу для всего человечества. Особенно заметны эти изменения в Арктике. Ученые-климатологи ввели специальный термин «арктическое усиление», который означает особенно быстрые изменения в окружающей среде Арктики, связанные с изменениями климата [1]. В России наиболее подверженными климатическим изменениям являются регионы, входящие в состав Арктической зоны (арктические субъекты). Так, потепление в Арктической зоне РФ (АЗРФ) наблюдается с 1990-х годов, а к 2020-му г. температура воздуха зимой выросла более чем на 4°С, летом – на 2°С.

Первым документом в России, посвященным борьбе с изменением климата, является Климатическая доктрина 2009 года. Документ среди направлений реализации климатической политики выделяет адаптацию к изменениям климата, под которой понимается корректировка экологических, социальных или экономических систем в ответ на фактические или ожидаемые климатические стимулы и их последствия или воздействия [2].

В 2019 году был принят национальный план мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 года [3], который является первым документом, регламентировавшим данное направление климатической политики. План предписывал разработать региональные планы адаптации к изменениям климата к концу 2022 года. В марте 2023 года был утвержден национальный план мероприятий второго этапа адаптации к изменениям климата на период до 2025 года [4], который подчеркивал необходимость модернизации ранее принятых региональных планов адаптации с учётом изменившейся внешней ситуации и появившихся новых знаний в климатологии.

По состоянию на август 2025 г. 82 субъекта разработали и утвердили планы адаптации к изменениям климата, среди которых имеются арктические субъекты, к которым относятся Мурманская область, Ненецкий автономный округ (НАО), Чукотский автономный округ (ЧАО), Ямало-Ненецкий автономный округ (ЯНАО), Республики Карелия, Коми, Саха (Якутия), Красноярский край, Архангельская область, Ханты-Мансийский автономный округ (ХМАО).

Основными региональными документами, которые содержат мероприятия по адаптации к климатическим изменениям, являются Планы по адаптации к изменениям климата (планы), которые разработаны в соответствии с Методическими рекомендациями [5].

На начало 2026 г. планы приняли Архангельская область [6], Республики Коми [7], Карелия [8], Якутия [9], Красноярский край [10], ЯНАО [11], ХМАО [12]. Их планы находятся в открытом доступе в Интернете, как того требуют методические рекомендации. Архангельская область, ЯНАО, ХМАО внесли изменения в свои планы в конце 2024 — 2025 гг. Якутия утвердила новый план адаптации к изменениям климата на 2025 - 2027 гг.

Официальная информация об утверждении Планов в НАО и ЧАО отсутствует в свободном доступе. В Мурманской области в официальном документе обозначено, что План актуализирован и реализуется. Однако в открытом доступе План не представлен, что противоречит требованиям методических рекомендаций.

Рассмотрим Планы адаптации семи арктических субъектов. Проанализируем перечень приоритетных адаптационных мероприятий (Таблица 1). Сферы выделены автором на основании перечней приоритетных адаптационных мероприятий, закрепленных в методических рекомендациях и в региональных планах адаптации к изменению климата арктических субъектов РФ.

Таблица 1. Приоритетные адаптационные мероприятия по сферам деятельности

Сферы из перечня приоритетных адаптационных мероприятий	Мурманская область	Архангельская область		Коми	Карелия	Саха		Красноярский край	ЯНАО		ХМАО		НАО	ЧАО	Общее число мероприятий
		ПП[1]	НП[2]			ПП	НП		ПП	НП	ПП	НП			
Сельское хозяйство	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	12
Водное хозяйство	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	21
ТЭК	-	+	+	+	-	+	-	+	-	-	+	+	-	-	6
Транспорт	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	9
Защита от ЧС	-	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	22
Отходы	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	0
Строительство	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	-	-	3
Лесное хозяйство	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	17
Сохранение биоразнообразия	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	12
Экологическое просвещение	-	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	8
Здравоохранение	-	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	10
Промышленность	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	1
ЖКХ	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	+	+	-	-	2
Адаптация городов	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	7
Иное (планы адаптации МО, наука)	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	4

[1]Первоначальный план, [2]Новый план

Исходя из данных таблицы 1, можно сделать следующие выводы. Наиболее приоритетными сферами, в которых субъекты предпочли закрепить адаптационные мероприятия, являются сельское хозяйство (мониторинг состояния сельхозугодий, страхование посевов от природных рисков), водное хозяйство (противопаводковые мероприятия, расчистка русел рек, укрепление гидротехнических сооружений), транспорт (применение современных строительных материалов, переход на электромобили), защита от чрезвычайных ситуаций (ЧС) (создание автоматизированных систем мониторинга и предупреждения ЧС), экологическое просвещение (просветительские кампании, экологическое образование населения). Лесное хозяйство (защита от пожаров, лесовосстановление, лесоразведение) заняло лидирующие позиции. Все эти сферы тесно связаны с населением субъектов, с обеспечением их безопасности: продовольственной, транспортной, личной, общественной.

Рассматривая число мероприятий по выделенным сферам во всех арктических субъектах, стоит отметить, что большое число приходится с учётом обновленных планов адаптации на сферы защиты от ЧС (22), водное

хозяйство (21), лесное хозяйство (17). Защита от ЧС и водное хозяйство, которое включает в себя обеспечение безопасности гидротехнических сооружений, мониторинг водных объектов, установление зон затопления, подтопления связаны с увеличением числа паводков в рассматриваемом регионе, с таянием вечной мерзлоты, что влечет за собой проведение мероприятий по реконструкции/созданию защитных гидротехнических сооружений (берегоукрепительных, противопаводковых) и своевременному оповещению населения о наступлении опасных гидрометеорологических явлений. Защита от ЧС так же, как и мероприятия в сфере лесного хозяйства обеспечивают безопасность местных жителей, хозяйствующих субъектов от лесных пожаров, которые все чаще происходят в данном регионе и связаны как с нарушением правил противопожарной безопасности, так и с естественными причинами (сухими грозами). Однако, стоит отметить, что часть мероприятий лишь опосредованным образом связана с адаптационными мерами. Эта касается как планов субъектов, которые еще их не обновили, так и планов субъектов, которые приняли новые или обновили предыдущие версии планов. Так, в плане Архангельской области прописано такое мероприятие, как техническое обслуживание Системы-112 [6]. В Плане Карелии закреплено мероприятие по осуществлению мер по охране водных объектов или их частей, находящихся в федеральной собственности и расположенных на территории Республики Карелия [8]. Данные мероприятия и ряд других, прописанных в планах адаптации рассматриваемых субъектов РФ, не являются напрямую мероприятиями в сфере борьбы с изменением климата, они связаны с обеспечением экологической, общественной безопасности.

Таким образом, ключевыми направлениями планов адаптации к изменениям климата арктических субъектов являются защита от ЧС, водное и лесное хозяйство, отстают от них по количеству закрепленных мероприятий в планах сельское хозяйство и транспорт. Данные направления напрямую связаны с обеспечением безопасности людей, общества и государства, включая продовольственную безопасность. Несмотря на имеющиеся недостатки планов как обновленных, так и первичных, закрепленные в них меры по адаптации к изменениям климата актуальны, осуществимы и реализуются уже в настоящее время. Так, площадь восстановленных лесов в арктических субъектах с каждым годом увеличивается, а, значит, увеличивается поглощающая способность российских лесных экосистем, что вносит вклад в международные обязательства России по сокращению эмиссии парниковых газов, а также благоприятно сказывается на здоровье граждан.

Полагаем, что нужно продолжать процесс по совершенствованию планов, особенно это касается тех субъектов, которые еще не внесли корректировки в свои планы адаптации. Рекомендуем доработать планы путем исключения из них мероприятий, не связанных с адаптацией к изменениям климата, детализации приоритетных адаптационных мероприятий и включения в них мероприятий, связанных с сохранением традиционного уклада и быта коренных народов Севера с учетом местной специфики.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Лобода Т. Стратегии адаптации к изменениям климата в Арктике: обзор инициатив на уровне разных сообществ [Электронный ресурс]. 2023. — Режим доступа: https://geoinfo.ru/product/loboda-tatyana/strategii-adaptacii-k-izmeneniyam-klimata-v-arktike-obzor-iniciativ-na-urovne-raznyh-soobshchestv-50275.shtml (дата обращения: 31.03.2026).
2. Working Group II: Impacts, Adaptation and Vulnerability [website]. URL: https://archive.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg2/index.php?idp=643 (дата обращения: 31.03.2026).
3. Об утверждении национального плана мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25.12.2019 № 3183-р (ред. от 23.07.2022) // Собрание законодательства РФ. 2020. № 1 (часть II). Ст. 115.
4. Об утверждении национального плана мероприятий второго этапа адаптации к изменениям климата на период до 2025 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 11.03.2023 № 559-р // Собрание законодательства РФ. 2023. № 12. Ст. 2055.

5. Об утверждении методических рекомендаций и показателей по вопросам адаптации к изменениям климата: Приказ Минэкономразвития России от 13.05.2021 № 267 (ред. от 29.12.2025) // Гарант: информационно-правовой портал. – URL: https://base.garant.ru/400773304/ (дата обращения: 31.03.2026).
6. О внесении изменений в региональный план адаптации к изменениям климата: Распоряжение Правительства Архангельской области от 09.12.2024 № 700-рп // Портал Правительства Архангельской области. – URL: https://office.dvinaland.ru/docs/pub/e8c91b05f91eb256ea2975b3c136ae09/default/?& (дата обращения: 31.03.2026).
7. Об утверждении регионального плана адаптации Республики Коми к изменениям климата: Распоряжение Правительства Республики Коми от 14.03.2023 № 119-р // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/40655628 (дата обращения: 31.03.2026).
8. Об утверждении Плана адаптации к изменениям климата в Республике Карелия: Распоряжение Правительства Республики Карелия от 24.03.2023 № 254р-П // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/465432859 (дата обращения: 31.03.2026).
9. Об утверждении плана адаптации Республики Саха (Якутия) к изменениям климата на 2025 - 2027 годы: Распоряжение Правительства Республики Саха (Якутия) от 21.04.2025 № 330-р // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/407745808?marker (дата обращения: 31.03.2026).
10. Об утверждении плана адаптации к изменениям климата на территории Красноярского края: Распоряжение Правительства Красноярского края от 10.08.2023 № 565-р // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/406768446 (дата обращения: 31.03.2026).
11. О внесении изменений в распоряжение Правительства ЯНАО от 19 декабря 2022 года N 1281-РП: Распоряжение Правительства ЯНАО от 26.06.2025 № 271-РП // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/407861303?marker=64U0IK (дата обращения: 31.03.2026).
12. О внесении изменения в постановление Правительства ХМАО от 30 декабря 2021 года №633-п "О мерах по реализации государственной программы ХМАО "Развитие экономического потенциала": Постановление Правительства ХМАО от 31.03.2025 № 115-п // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/407711145?marker (дата обращения: 31.03.2026).

ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ГЕРБИЦИДОВ В ПОЧВЕ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ ТОМАТОВ ВЫРАЩЕННЫХ В УСЛОВИЯХ МОДИФИЦИРОВАННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

THE AFTEREFFECT OF HERBICIDES IN THE SOIL ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF TOMATO PLANTS GROWN UNDER MODIFIED LIGHTING CONDITIONS

Вятчинов А.А., Тулуб В.А., Коротеев А.В., Кузнецова М.А.
Vyatchinov A.A., Tulub V.A., Koroteev A.V., Kuznetsova M.A.
Россия, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Vyatchinov.l@yandex.ru

В процессе работы, направленной на изучение прямого и косвенного, опосредованного метаболизмом растений, воздействия света различного спектрального состава на ряд фитопатогенов, были получены косвенные данные, связанные с низким качеством почвы. Для проведения исследования использовалась пакетированная почва одного производителя и одинакового заявленного состава, предназначенная для выращивания овощных культур (А), но в связи с потребностями в больших объемах фасованной почвы, было принято решение провести параллельные опыты с использованием почвы другого производителя (Б). При закладке опыта были зафиксированы более поздние и редкие, по сравнению многочисленными прочими опытами, всходы томатов при использовании почвы Б.

В исследовании использовались томаты сорта Руфина (ФГБНУ ФНЦО, Россия). Растения данного сорта индетерминантные, для использования в защищенном грунте. В качестве субстрата применялся фасованный грунт для овощных культур, включающий смесь торфов различной степени разложения, биогумус, песок, агроперлит, вермикулит, доломитовую муку (почва А) и грунт универсальный для томатов и перцев, состоящий из смеси торфов различной степени разложения, перлита, доломитовой муки, комплексного удобрения, аммиачной селитры и суперфосфата. Массовая доля питательных веществ в почве А не менее: N – 300 мг/л, P_2O_5 – 200 мг/л, K_2O – 400 мг/л, Ca - 150 мг/л, Mg - 30 мг/л, S - 170 мг/л, B - 10 мг/л, Mo - 1 мг/л, Mn - 30 мг/л, Zn – 20 мг/л, Cu - 10 мг/л, Co - 1 мг/л, Fe - 5 мг/л; в почве Б не менее: NH_4+NO_3 – 250 мг/л, P_2O_5 – 250 мг/л, K_2O – 350 мг/л. Почва помещалась в полипропиленовые стаканы InGreen Smart Solution с перфорированным дном объемом 200 $см^3$ (ООО "Пластик Репаблик", Россия) и проливалась 0,002% раствором калия перманганата. В подготовленную почву сажали семена томата по 5 штук на вазон, каждый вариант опыта состоял из 6 вазонов. Варианты исследования отличались между собой применяемыми спектрами освещения, которые задавались при помощи установки «ФОТОН» Спектр-4-100 (АВТех, Россия), оснащенной тремя ростовыми камерами с индивидуальными управляемыми светодиодными светильниками. Анализ полученных спектров освещения проводился с использованием спектрорадиометра «ТКА-Спектр» (НТП «ТКА», Санкт-Петербург, Россия). Снятие показаний осуществлялось в режиме «освещенность» с использованием косинусного рассеивателя на расстоянии 30 см от светодиодных светильников при закрытых дверях световых камер.

В опыте использовались следующие режимы освещения:

Контроль - без источника искусственного освещения. Условия освещения варианта складывались из естественного света с улицы и света потолочных ламп помещения.

«Синий» – Круглосуточное освещение синим светом (436-453 нм по полувысоте пика) на максимальной мощности.

«Синий+красный» – Круглосуточное освещение красно-синим светом (649-665 нм и 436-453 нм по полувысоте пика) на максимальной мощности.

«Белый» – Круглосуточное освещение белым светом (436-454 нм и 538-642 нм по полувысоте пика) на максимальной мощности.

Спектрограммы источников освещения установки «Фотон» в выбранных режимах представлены на рисунке 1.

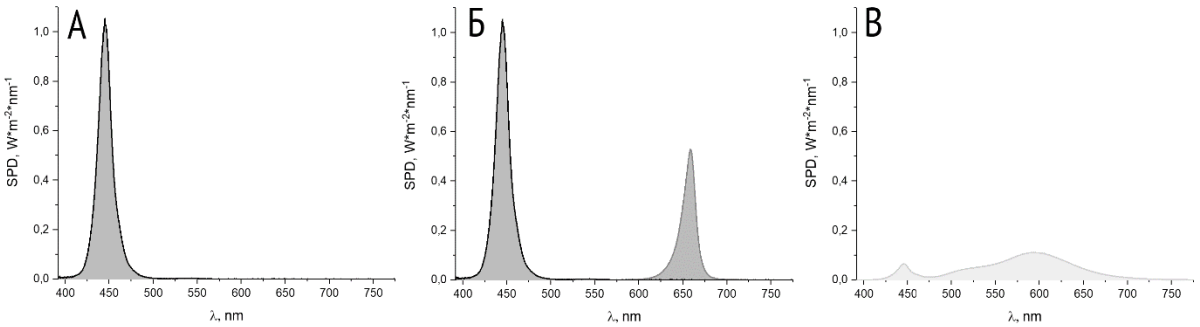


Рис. 1 - Спектральная плотность освещения, полученная от светодиодных панелей установки «Фотон» в установленных режимах: А для варианта «Синий», Б для варианта «Синий+красный», В для варианта «Белый»

Через 6 недель средняя высота растений томата, выращенных в почве А, составляла для вариантов с естественным освещением 6,1 см, при использовании синего света - 18,3 см, 13,5 см при воздействии сочетания красного и синего спектров, при выращивании под белым светом 16,8 см. При тех же условиях освещения у томатов, выращенных в почве Б, средняя высота от уровня земли составила 12,5 см (+104,9 %), 7,1 см (-61,2 %), 5 см (-63 %) и 8,3 см (-50,5 %) соответственно (Таблица 1). Все растения, выращенные в почве Б, выглядели болезненно, имели слабо развитые листья с признаками деформации листовых пластин, насыщенную антоциановую окраску (Рис. 2). Все варианты, кроме контроля, развивались существенно замедленными темпами, в течение последних двух недель не было зафиксировано признаков дальнейшего роста.

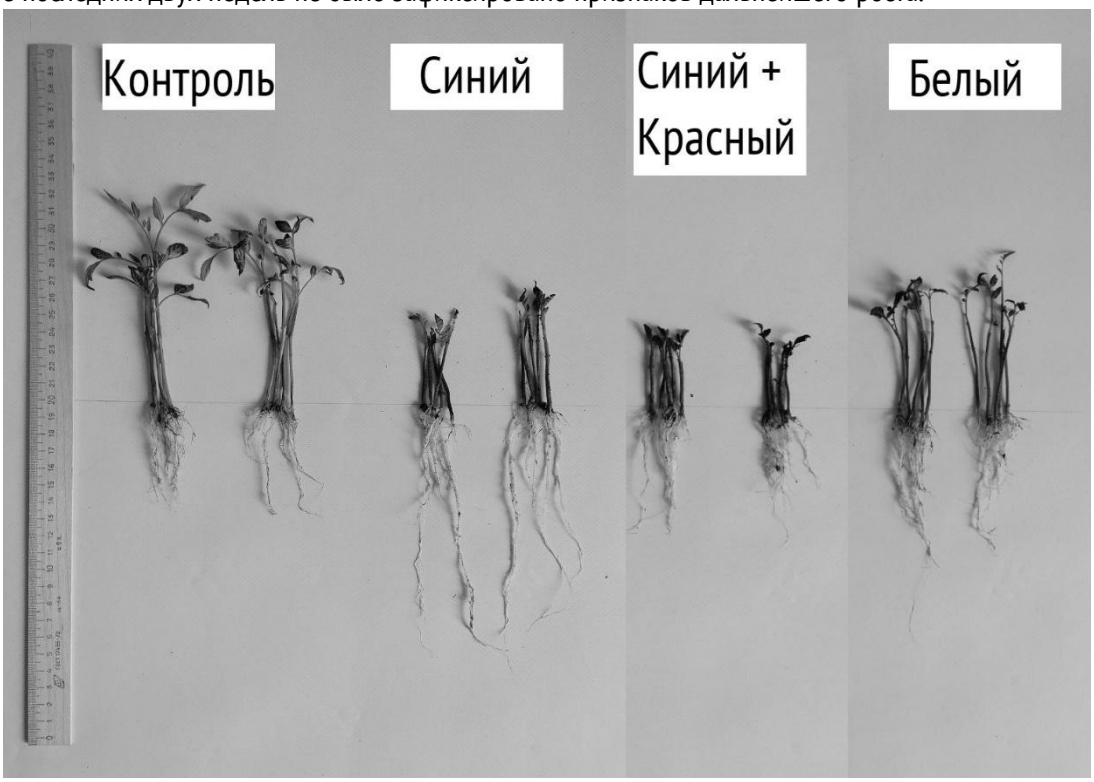


Рис. 2 - Длина вегетативной части и корней растений томата, выращенных в почве Б при разных условиях освещения

На основе вышеописанных особенностей развития растений при использовании почвы Б было выдвинуто предположение о наличии в ней гербицидов. Оценка наличия остаточных количеств гербицидов в почве Б была проведена с использованием тест-растений [1]. Для выращивания растений использовались описанные ранее стаканы InGreen объемом 200 см^3, наполненные из средней пробы почвой Б и контрольной почвы А, не содержащей остаточных количеств гербицидов в дозах, токсичных для тест-растений.

В качестве тест-растений использовались сахарная свекла сорта Рамонская односемянная 9, огурец сорта Единство и лен масличный.

Растения выращивались при среднесуточной температуре воздуха 23°С.

Таблица 1. Морфологические показатели растений томата сорта Руфина, выращенных в почве Б при различных условиях освещения

	Вариант освещения	Длина, см	Масса, г
Корень	Контроль	$7,9^{A}$	$0,252^{AC}$
	Синий	$17,7^{B}$	$0,407^{BC}$
	Синий+красный	$7,7^{A}$	$0,282^{ABC}$
	Белый	$11,8^{A}$	$0,728^{D}$
	$НСР_{05}$	4,42	0,13
Стебель	Контроль	$12,5^{A}$	$1,203^{A}$
	Синий	$7,1^{B}$	$0,77^{B}$
	Синий+красный	5^{C}	$0,502^{C}$
	Белый	$8,3^{B}$	$1,29^{A}$
	$НСР_{05}$	1,77	0,239

Морфологические показатели свеклы и огурца снимались на 28 день после посадки. Средняя высота растений сахарной свеклы, выращенных в чистой почве, составила 11,9 см при массе 3,9 г, для растений, выросших в почве, загрязненной гербицидами данные показатели составили 3,4 см и 1,1 г, что на 71-72% ниже, чем в контроле. При использовании контрольного образца почвы высота и масса растений огурца 19 см и 14 г, соответственно, у растений, выращенных в почве с гербицидами, зафиксирована средняя высота 5,6 см при массе растения 7,84 г, это на 44% меньше, чем в контроле (Таблица 2).

Таблица 2. Сравнительная токсичность образцов почвы для тест-растений

Культура	Вариант почвы	Средняя высота растений, см	% снижения высоты к контролю	Средняя масса тест-растений, г	% снижения массы к контролю
Сахарная свёкла	Контроль	11,9	-	3,9	-
	Образец	3,4	-71,4	1,1	-71,8
Огурец	Контроль	10	-	14	-
	Образец	5,6	-44	7,84	-44
Лен	Контроль	10,4	-	-	-
	Образец	0	-100	0	-100

Помимо вышеуказанных результатов стоит упомянуть о низкой выживаемости всходов в загрязненной почве. К моменту снятия замеров погибло 33% всех всходов огурца и 46% растений сахарной свеклы в почве с остаточным содержанием гербицидов, при использовании чистой почвы все всходы дожили до момента учета и не имели визуальных признаков поражения гербицидами. Отдельно установлено полное отсутствие всходов льна масличного, посаженного в почву Б.

Подобные результаты свидетельствуют о загрязнении изученной почвы гербицидами групп: 2 (системные препараты сульфонилмочевины и имидазолиноны), 4 (производные бензойной, пиридиновой и феноксиуксусной кислот, в т.ч. пиклорам, клопиралид и дикамба), 5 (метрибузин).

Сахарная свекла является высокочуствительной к производным сульфонилмочевины, а томат включен в третью группу устойчивости (чувствительный). Установлено, что имидазолиноны сохраняют свою активность в почве от трех месяцев до одного года, размещение свеклы на полях, где применялись гербициды с действующими веществами данной группы, допускается не ранее, чем через 16 месяцев после применения гербицида, а томата – через 15 месяцев [2]. Препараты 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты применяются на посевах злаковых культур против широкого спектра двудольных растений несмотря на то, что основное проникновение данных гербицидов в растения происходит через поверхность листьев, корни также поглощают

2,4-Д. Посев сахарной свеклы и пасленовых культур допустим через полтора месяца [3]. Дикамба также применяется против однолетних и многолетних двудольных растений, в том числе устойчивых к 2,4-Д и МЦПА [4], разлагается в почве от двух до восьми месяцев и более[5]. Метрибузин применяется в качестве почвенного гербицида системного действия при выращивании томатов против широкого спектра однодольных и двудольных однолетних сорняков [6].

Наличие в почве, реализуемой компаниям и населению для использования в тепличных комплексах и личных подсобных хозяйствах, столь разнообразного состава остаточных количеств пестицидов в дозах, опасных для широкого круга сельскохозяйственных культур свидетельствует об использовании некондиционной почвы. С высокой долей вероятности производитель использует бывшую в употреблении почву, упаковка которой в тару производится без выжидания в течение срока распада гербицидов, что создает прямую угрозу для следующего пользователя, выражающуюся в потере потенциального урожая за счет снижения всхожести семян, гибели всходов и саженцев, угнетению растений в критические периоды развития.

Использование модифицированных спектров освещения растений, в нормальных условиях улучшающих фитосанитарное состояние в теплицах, при неблагоприятных условиях является дополнительным стрессовым фактором для сельскохозяйственных культур. Комплексное воздействие измененного освещения и остаточного количества гербицидов 2, 4 и 5 групп способствует угнетению растений, что говорит о важности контроля используемых расходных материалов и применяемых для увеличения урожая методах. Использование вышеописанных спектров освещения способствует ускорению метаболистических процессов в растениях, что в свою очередь увеличивает потребность растений в элементах питания. В процессе активного поглощения почвенного раствора корнями большее количество гербицидов вовлекается в метаболизм растений, что и объясняет наибольший урон у вариантов, освещаемых светом с модифицированным светом.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Демидова В.Н. Снижение гербицидных токсикозов в севооборотах с участием картофеля / Демидова В.Н., Кузнецова М.А. // Картофельная система – 2019. – № 3 – С.38–41.
2. Дорожкина Л.А. Применение Гербицидов И Регуляторов Роста В Защите Растений / Л. А. Дорожкина, Л. М. Поддымкина (Леонидова) – Москва: Редакция журнала «Механизация и электрификация сельского хозяйства», 2021.
3. Безуглов В.Г. Применение гербицидов в интенсивном земледелии / В. Г. Безуглов – Москва: Россельхозиздат, 1981.– 238с.
4. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов по состоянию на 23 апреля 2025 г. [Электронный ресурс]. URL: http://mcx.gov.ru/ministry/departments/departament-rastenievodstva-mekhanizatsii-khimizatsii-i-zashchity-rasteniy/industry-information/info-gosudarstvennaya-usluga-po-gosudarstvennoy-registratsii-pestitsidov-i-agrokhimikatov/23_04_2025_gosudarstvennyy-katalog-pestitsidov-i-agrokhimikatov-po-sostoyaniyu-na-23-aprelya-2025-g/ (дата обращения: 29.03.2026).
5. Применение гербицидов и арборицидов в лесовыращивании: Справочник / / под ред. И.В. Шутов. – Москва: Агропромиздат, 1989.– 222с.
6. Куликова Н.А. Гербициды и экологические аспекты их применения / Н. А. Куликова, Г. Ф. Лебедева – Москва: ЛИБРОКОМ, 2010.– 150с.

КАК РАССКАЗАТЬ О БИОЭКОНОМИКЕ ПРОСТО: СТРАТЕГИИ ПОПУЛЯРИЗАЦИИ СЛОЖНЫХ НАУЧНЫХ КОНЦЕПЦИЙ ДЛЯ МАССОВОЙ АУДИТОРИИ

HOW TO TELL ABOUT BIOECONOMICS SIMPLY: STRATEGIES FOR POPULARIZING COMPLEX SCIENTIFIC CONCEPTS FOR A WIDER AUDIENCE

Гераськина В. М., Муравьева М.В.

Geraskina V. M., Muravyeva M.V.

Россия, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»,

m.muraveva@rgau-msha.ru

На Форуме будущих технологий в Москве 25 февраля 2026 года Владимир Путин объявил о запуске национального проекта по биоэкономике и поручил Правительству РФ оперативно разработать национальную стратегию её развития до 2050 года, подчеркнув, что биотехнологии с поддержкой ИИ – ключевой инструмент технологического суверенитета и устойчивого развития страны; среди приоритетов – увеличение доли биоэкономики в ВВП, расширение финансирования (в т.ч. за счёт внебюджетных средств), создание сети региональных инженерных центров, снятие барьеров для бизнеса через налоговые преференции, развитие собственного производства критически важного оборудования и биокомпонентов, этическое регулирование, обновление образовательных программ и популяризация биотехнологий в обществе. Глобальная цель развития биоэкономики связана не только с макроуровнем, но и с развитием отдельных отраслей добывающих, воспроизводящих и регулирующих природные ресурсы. Мотивация для разработок в области биоэкономики через государственные решения будет способствовать повышению интересах к научным разработках данного перспективного направления. Однако биоэкономические концепции зачастую сложны для восприятия широкой аудиторией из-за обилия узкоспециальных терминов и междисциплинарного характера. Цель исследования было описать эффективные стратегии популяризации биоэкономики, позволяющие донести ключевые идеи до массовой аудитории без потери смысла.

Биоэкономика подразумевает использование возобновляемых биологических ресурсов (растений, животных, микроорганизмов) для производства продуктов, энергии и услуг с минимальным воздействием на окружающую среду и связано с множеством направлений в каждом отдельном секторе экономике. Например, в нефтегазовом секторе (Таблица 1).

Таблица1. Применение биотехнологий в нефтегазовом комплексе

Направление	Примеры применения и перспектив в нефтегазовом комплексе
Биотехнологии	создание штаммов микроорганизмов для повышения нефтеотдачи пластов (MEOR); разработка бактерий, способных разлагать нефтяные загрязнения в экстремальных условиях (Арктика, глубоководные зоны); синтез ферментов для очистки оборудования от парафиновых отложений; конструирование микроорганизмов для производства биосурфактантов, снижающих вязкость нефти
Микробиологический синтез	производство биосурфактантов для интенсификации добычи нефти; синтез биополимеров для буровых растворов (замена токсичных химических реагентов); получение аминокислот и витаминов из природного газа (например, кормовой белок из метана); создание биоразлагаемых ингибиторов коррозии и деэмульгаторов
Консолидация биопродуктов и отходов нефтедобычи	переработка отходов нефтегазового производства с внедрением биопродуктов; конверсия растительной биомассы (солома, опилки) в биотопливо для локальных нужд месторождений; производство биорастворителей для очистки оборудования; использование лигнина из лесных отходов для создания сорбентов нефтяных разливов
Биоинформатика и ИИ	моделирование процессов MEOR для прогнозирования эффективности закачки микроорганизмов; анализ метагенома пластовых микроорганизмов для подбора

	оптимальных штаммов; оптимизация режимов биоремедиации с помощью цифровых двойников; прогнозирование биодеградации загрязнителей с использованием ИИ; автоматизация контроля биотехнологических процессов на НПЗ
Биоэнергетические технологии	генерация биогаза из органических отходов месторождений и НПЗ; производство биоэтанола и биодизеля для техники на месторождениях; комбинированное производство тепла и электроэнергии на биогазовых установках; утилизация попутного нефтяного газа через конверсию в биоэнергию (с использованием метанотрофных бактерий)
Биоремедиация	очистка почв и водоёмов от нефтяных разливов с помощью нефтеокисляющих бактерий и грибов; рекультивация загрязнённых территорий вокруг НПЗ и трубопроводов; биологическая очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов; создание биобарьеров для предотвращения миграции нефтяных загрязнений в грунтовых водах; восстановление экосистем после аварий (например, использование биосорбентов на основе торфа и микроорганизмов)

Примечание: составлено на основе анализа источников в Интернете и материалы источников [1, 2, 3, 5, 6].

Популяризация направлений биоэкономики в нефтегазовом секторе требует устранения препятствий через применения современных PR-технологий, которую можно представить в форме таблицы (Таблица 2).

Таблица 2. Этапы популяризации биоэкономики в нефтегазовом секторе при применении современных PR-технологий

Этап	Основные мероприятия
1. Аналитический этап	анализ глобальных и локальных биоэкономических трендов нефтегазового сектора, выявление перспективных направлений для продвижения.
	выделение ключевых групп: отраслевые специалисты, инвесторы, государственные органы, СМИ, широкая общественность, образовательные учреждения.
	оценка текущего восприятия массами биоэкономических инициатив в нефтегазовом секторе, выявление слабых и сильных сторон.
	выявление потенциальных препятствий (например, недоверие к биотехнологиям, недостаток знаний у аудитории, экологические опасения).
2. Формулирование стратегии и целей	чёткое формулирование преимуществ биоэкономических технологий для нефтегазового сектора (например, повышение эффективности добычи, снижение экологического воздействия, создание новых продуктов).
	повышение осведомлённости о биоэкономике в отрасли, формирование позитивного имиджа конкретных проектов, привлечение инвестиций, укрепление партнёрств с научными организациями.
	определение наиболее эффективных каналов для достижения целевой аудитории (СМИ, отраслевые конференции, социальные сети, образовательные платформы).
	акцент на экологическую безопасность, социальную ответственность, технологическое лидерство и сотрудничество с государством.
3. Разработка контент-плана и материалов	подготовка материалов о достижениях в области биоэкономики, кейсах успешного применения технологий в нефтегазовом секторе.
	создание брошюр, вебинаров, онлайн-курсов, объясняющих принципы биоэкономики и её применение в отрасли.

	разработка инфографики, видеороликов, анимаций, демонстрирующих работу биотехнологий (например, процесс микробиологического повышения нефтеотдачи пластов).
	сбор и оформление примеров проектов, реализованных в сотрудничестве с нефтегазовыми компаниями.
4. Реализация PR-мероприятий	организация или участие в отраслевых событиях с докладами о биоэкономике.
	демонстрация биотехнологических проектов на практике.
	совместные исследования, публикации, программы подготовки кадров.
	проекты по рекультивации земель, очистке загрязнений с помощью биоремедиации, которые можно использовать для демонстрации практической пользы биоэкономики.
	приглашение журналистов и инфлюенсеров для освещения проектов, подготовка эксклюзивных материалов.
5. Использование цифровых инструментов	регулярное размещение контента, взаимодействие с аудиторией.
	продвижение в интернете, оптимизация поисковых запросов по теме биоэкономики в нефтегазовом секторе.
	использование для анализа аудитории, генерации контента, прогнозирования эффективности кампаний.
	создание курсов, вебинаров, интерактивных приложений, которые помогут повысить осведомлённость о биоэкономике.
6. Мониторинг и оценка эффективности	отслеживание упоминаний в сми, соцсетях, на отраслевых площадках.
	оценка количества просмотров, репостов, комментариев.
	выявление изменений в восприятии биоэкономики среди целевой аудитории.
	внесение изменений в контент-план, каналы продвижения, ключевые сообщения на основе полученных данных.
7. Укрепление долгосрочных отношений	программы стажировок, совместные исследования, мастер-классы для студентов.
	участие в разработке регуляторных инициатив, поддержка государственных программ (например, национального проекта «технологическое обеспечение биоэкономики»).
	реализация проектов, которые улучшают имидж компании и отрасли в целом.

Для того чтобы определить сложность восприятия концепций биоэкономики в нефтегазовом секторе массовой аудиторией нами был проведен опрос среди разных групп населения по выявлению восприятию биоэкономических терминов и восприятием научных концепций. Были выбраны 3 блока информации: научные статьи, статьи в сети Интернет общего характера и посты в социальных сетях по биоэкономике и предложены респондентам для оценки интереса к проблематике по разработанной шкале восприятия информации (от 1 до 10). В ходе исследования были выявлены проблемы:

-низкого уровня интереса к проблеме из-за высокой наукоёмкостью терминов. Например, термины «метагеномика», «биорефайнери» непонятны не только людям более старшего поколения, но и молодежи. Они воспринимаются как «тяжелый» сленг, который чаще не расшифровывается. Кроме того, на фоне перегрузки сленговыми выражениями общего разговорного языка становится не понятным;

- отсутствием простого объяснения междисциплинарности биоэкономики (пересечение биологии, химии, экономики, инженерии);

- отсутствием повседневного опыта взаимодействия с биотехнологиями у большинства людей.

Ниже представлена схема основных препятствий на пути популяризации биоэкономики в нефтегазовом комплексе (Рис. 1).



Рис. 1 - Основные препятствия на пути популяризации биоэкономики в нефтегазовом комплексе

Примеры некоторых разработок [7, 8], остаются в листе ожидания даже в условиях нарастающего нефтезагрязнения вод Каспия, загрязнения воздушных бассейнов попутным газом. Осадочные, в том числе причерноморские с мазутными остатками вполне могут быть вовлечены как системы урбо-ландшафтно устроительные [9].

Можно выделить несколько основных стратегий популяризации проектов в области биоэкономики нефтегазового сектора среди общественности.

Использование аналогий и метафор в популярных публикациях и социальных сетях. Сложные биотехнологические процессы, применяемые в нефтегазовом комплексе, репрезентируются посредством сопоставления с общеизвестными явлениями и объектами повседневной жизни.

Сторителлинг (повествовательный метод). Представление информации в форме нарративов о реальных субъектах нефтегазового сектора, внедряющих биотехнологии, способствует формированию эмоционального отклика и повышает степень запоминания материала. Например, Татнефть активно инвестирует в биотехнологические проекты рассматривая их как более перспективные и инновационные [4, 10], для их популяризации внутри отрасли был запущен информационный выпуск журнала. Но, информация была направлена внутрь отрасли, а не на широкие массы.

Визуализация данных. Применение графических и мультимедийных инструментов (инфографика, анимационные ролики, интерактивные модели) обеспечивает наглядную демонстрацию технологических процессов – например, цикла переработки биомассы и ее использование в улучшении экологии места, загрязненного нефтепродуктами.

Акцент на устойчивом развитии и ESG-принципах. Подчёркивание того, как биотехнологии в нефтегазовом секторе способствуют снижению углеродного следа, повышению энергоэффективности и минимизации отходов. Это особенно важно для привлечения внимания экоактивистов и социально ответственного бизнеса.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Мұратбек, А. Д. Изучение микроорганизмов, выделенных из пластовых вод месторождений Западного Казахстана: определение целевого метаболита микроорганизмов для повышения нефтеотдачи пластов / А. Д. Мұратбек, А. У. Туякбаева // Омаровские чтения: Биология и биотехнология XXI века: сборник материалов международного научного форума. – Астана, 2024. – С. 6–10.

2. Надеин, А. Ф. Применение нефтеокисляющих бактерий на очистных сооружениях / А. Ф. Надеин, Н. С. Житнухина // Железнодорожный транспорт. — 2007. — № 11. — С. 65–66.

3. Нечаева, А. В. Методология оценки нефтеокисляющей способности биопрепаратов-нефтедеструкторов / А. В. Нечаева, С. В. Остах // Компетентность. — 2022. — № 6. — С. 42–48.

4. Нефть и жизнь. — 2025. — № 2. — URL: https://www.tatneft.ru/uploads/publications/68f7604c8efe5042230360.pdf?ysclid=mm3usaqtn7640318374 (дата обращения: 27.02.2026).

5. Тенелова, А. М. Отбор перспективных микроорганизмов для использования в целях повышения нефтеотдачи пластов / А. М. Тенелова // Наука молодых — наука будущего: сборник статей VII Международной научно-практической конференции. — Петрозаводск, 2023. — С. 294–298.

6. Чачина, С. Б. Использование микроорганизмов для повышения нефтеотдачи пластов / С. Б. Чачина, В. А. Диденко, Е. П. Чачина // Биотехнологии и безопасность в техносфере: сборник материалов Всероссийской конференции: в 2 ч. — Санкт-Петербург, 2022. — Ч. [указать номер части, если известно]. — С. 203–205.

7. Глинушкин, А. П. Защита сельскохозяйственных культур от болезней в местах выброса нефтегазового конденсата / А. П. Глинушкин // Нефтепромысловое дело. – 2008. – № 11. – С. 119-120.

8. Здоровье почв и вод регионов Каспия / А. П. Глинушкин, В. А. Захаренко, С. В. Сучков [и др.] // Экосистема Каспия: ключевые проблемы и решения: материалы международной научно-практической конференции, Москва, 27 июня 2025 года. – Москва: Издательский дом "УМЦ", 2025. – С. 68-73.

9. Эффективность применения компостированного осадка сточных вод для декоративного озеленения / С. Е. Нефедова, С. М. Севостьянов, Д. В. Демин [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2025. – Т. 39, № 8. – С. 20-25. – DOI 10.53859/02352451_2025_39_8_20.

10. Формировании зерновой самообеспеченности и влияние пестицидов на экспортный потенциал зерновых культур / Ю.Ф. Лачуга, А.А. Сарычева, М. В. Муравьева [и др.] // Агрохимия. – 2026. – № 4. – С. 3-14.

ИСТОРИЯ И ЭКОЛОГИЯ: ТОЧКИ СОПРИКОСНОВЕНИЯ В КОНТЕКСТЕ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ ОБЩЕСТВА

HISTORY AND ECOLOGY: POINTS OF CONTACT IN THE CONTEXT OF RAISING THE LEVEL OF ECOLOGICAL CULTURE OF SOCIETY

Гололобов Е.И.
Gololobov E.I.
Российская Федерация, Бюджетное учреждение высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный педагогический университет», gololobov.eig@yandex.ru

Благодарности: Работа выполнена при поддержке Фонда научно-технологического развития Югры. Проект № 2024-503-08 Экологическое планирование и практики гармонизации экономических и экологических интересов общества и государства при освоении территорий с холодным климатом (XX-XXI вв.).

В современной России решение экологических проблем имеет большое значение. С 2019 г. реализуется национальный проект «Экология», направленный на охрану окружающей среды и природных ресурсов. Во многом он направлен на преодоление экологического ущерба, накопленного в советский период.

В этой связи, важно углубленное изучение исторического опыта и систематизация знаний о современных тенденция управления в природоохранной сфере, экологической политике государства, экономического, политического, исторического анализа проблем взаимодействия общества и природы. Наибольшие пробелы в знаниях существуют в вопросах социальных последствий экологических проблем, их влияния на социальные процессы в зонах интенсивного промышленного освоения.

Популяризация этого знания, полученного в результате совместной работы исследователей, специализирующихся в области экологической истории, экономики, политологии позволит существенно улучшить понимание процессов взаимодействия общества и природы в прошлом и настоящем, будет полезно для научно-технологического развития страны в современных условиях и в будущем. Это будет способствовать модернизации системы образования всех уровней. Играть важную роль в подготовке профессионалов способных реализовывать новые решения в традиционной для северной ресурсной модели экономики, направленные на достижение устойчивого развития. В том числе с опорой на опыт прошлого.

Экологические знания, накопленные отечественной социально-гуманитарной наукой, в XXI веке превращаются в необходимую и обязательную составляющую культуры общества. Поэтому экологизация образования не должна быть механической «добавкой» к общему образованию, она должна стать органической частью системы образования, формирующей общественное экологическое сознание. Без социально-гуманитарной составляющей в образовании невозможно глубокое понимание проблем взаимодействия природы и человека, лежащих в основе современного экологического кризиса. Нужны специалисты способные предлагать подходы, гармонизирующие экономические и экологические интересы, апеллировать к историческим примерам, помещать происходящее в контекст. Феномен «устойчивой деградации элит» на Западе (термин предложен Россом Дута, обозревателем The New York Times), неспособность их решать многие современные проблемы, связывают не только со снижением качества общего образования и уровня знаний, но и с пренебрежением историческим опытом, нежеланием его осмысления [7].

В России экологическая история как отдельное научное направление с особым предметом и методологическим инструментарием оформилась лишь в 1990-е гг. Активная фаза ее становления относится к 2000-2010-м гг. С 2000-х гг. начинает активно развиваться экологическая история Сибири. Был защищен ряд диссертаций по эколого-исторической тематике. Это стало важным шагом в институализации экологической истории в России в целом, и экологической истории Сибири в частности. Экологическая политика, экологическая культура, история природопользования и вместе с ними широкий спектр материальных и не материальных феноменов человеческого общества стали предметом исторического познания. Природные ресурсы (земля, вода,

полезные ископаемые, воздух и т.д.) их изменения во времени и пространстве, ухудшение качества окружающей среды непосредственно (физически) и отражение всех этих процессов в письменных документах и в сознании человека через географические, геоисторические образы в публицистике и научно-популярной литературе подвергаются историческому осмыслению [3, 4, 5, 6, 7].

Интенсивно в этом направлении работает научно-исследовательский коллектив историков СурГПУ. Ведется подготовка специалистов высшей квалификации. Защищаются диссертации. Научный коллектив участвует в реализации исследовательских проектов как совместно с партнерами, так и самостоятельно. Издаются монографии и учебные пособия. Вестник СурГПУ на своих страницах публикует статьи по экологической истории. Традиционно эколого-исторической тематике посвящен декабрьский номер журнала. Вестник СурГПУ на своих страницах публикует статьи по экологической истории. Традиционно, с 2016 года эколого-исторической тематике посвящен декабрьский номер журнала. В 2025 году в декабре выйдет десятый юбилейный номер журнала, посвященный экологической истории и междисциплинарным исследованиям проблем взаимодействия природы и общества. В рамках журнала сформировалось профессиональное сообщество экологических историков России. С 2016 по 2024 гг. опубликовано 163 статьи по проблемам экологической истории. Авторы статей представляют научно-исследовательские институты РАН и вузы Министерства науки и высшего образования. География публикаций от Калининграда до Иркутска, от Апатитов до Омска [1].

Исследования научного коллектива дают возможность продемонстрировать социально-гуманитарный анализ экологической проблематики для широких слоев населения. Усилиями научного коллектива разработан учебный курс «Экологическая история Сибири» [2]. Он читается историкам-магистрантам ИАИ РГГУ, аспирантам-историкам СурГПУ и бакалаврам экологам СурГУ. Научные исследования коллектива и разработанные на их основе учебные материалы формируют экологическое сознание общества, развивают исторические представления о человеке как части природы и невозможности дальнейшей истории человечества без сохранения окружающей его среды, создают более глубокие представления о биосфере, месте в ней человека, о проблемах, связанных с взаимоотношениями общества и природы в России. Реализация научно-популярных проектов по экологической истории России, отдельных ее регионов позволит улучшить систему общественной экспертизы для принятия эффективных решений в области рационального использования ресурсов и адаптации к климатическим изменениям; разработать учебно-научные материалы для воспитания экологически и исторически образованного, ответственного за сохранение природы, разумное использование ее ресурсов гражданского общества, способного реализовывать принципы устойчивого развития на практике.

Отрицательные экологические последствия освоения Севера Сибири, Арктики, требуют глубокого анализа, в том числе, изучения исторического и современного социального, политического опыта взаимодействия общества и природы, позволяющего реконструировать картину сложившейся ситуации, понять логику принятия тех или иных решений, экономические, политические и иные причины, которые привели к современному состоянию экологии в регионе. Это реальный путь к конвергенции гуманитарного и естественнонаучного знания, подлинно междисциплинарного, комплексного подхода к подготовке кадров, способных к изучению и решению экологических проблем.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Вестник Сургутского государственного педагогического университета. Режим доступа: https://old.surgpu.ru/nauchnaya-deyatelnost/vestnik-surgpu/vse-nomera/ Дата обращения 19.03.2026.
2. Гололобов Е.И. Экологическая история Сибирского Севера. XX в.: поиск и анализ источников. Учебное пособие. Сургут: РИО СурГПУ, 2018. – 156 с.
3. Гонина Н.В. Исторический опыт природопользования в Ангаро-Енисейском регионе. 1945-1970 гг.: монография; Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2009. 175 с.

4. Мостовенко М.С. Государственная политика в области использования биоресурсов на Севере Западной Сибири во второй половине 1950-х - первой половине 1980-х гг.: автореф. дис. ... канд. ист. наук Омск. 2017. 22 с.
5. Приходько Ю.С. Экологическая политика государства на Севере Западной Сибири во второй половине XX - начале XXI вв.: автореф. дис. ... канд. ист. наук. Сургут. 2015. 23 с.
6. Тяпкин М.О. Государственная лесоохранная политика в Западной Сибири в XVIII – начале XX в. Автореферат на соиск. уч. степени доктора ист. наук. Томск, 2017. 40 с.
7. Шмыглева А.В. Реализация государственной экологической политики в Западной Сибири в 1970-1980- гг.: монография. Новокузнецк: Изд. Центр СибГИУ, 2017. 242 с.
8. Руткевич Н. Американизация Старого Света и феномен «устойчивой деградации элит» // Россия в глобальной политике. Режим доступа: https://globalaffairs.ru/articles/amerikanizacziya-starogo-sveta/ Дата обращения 19.03.2026.

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕНОСТИ И СТУРКТУРЫ МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ДО И ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ ПРЕПАРАТОМ НА ОСНОВЕ ПОЛИКАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

Демин Д.В. [1,2], Севостьянов С.М. [1], Аладин Д.Ю.[1]

[1]ФИЦ «Пущинский научный центр биологических исследований РАН» - обособленное подразделение Институт фундаментальных проблем биологии РАН, Пущино, sevost2000@rambler.ru

[2]Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии" ФГБНУ ВНИИФ

Осадки, образующиеся в процессе очистки сточных вод, представляют собой многокомпонентную систему, включающую органические и минеральные компоненты. В составе осадков городских сточных вод отмечается значительное содержание микроорганизмов, в том числе патогенных, а также токсичных химических соединений, в частности ионов тяжёлых металлов, концентрации которых могут существенно превышать предельно допустимые нормы для почв. Объём влажных осадков, формирующихся на канализационных очистных сооружениях, варьируется в пределах 0,5–1,0 % от общего объёма обрабатываемых сточных вод и определяется используемой технологией очистки. Качество осадков в значительной степени зависит от удельных показателей водоотведения, уровня развития и структуры промышленного производства, эффективности функционирования локальных очистных сооружений, а также от конфигурации городских очистных комплексов. Ввиду постоянного увеличения объёмов образования осадков они становятся одним из ключевых факторов антропогенного воздействия на окружающую среду (1). Осадки сточных вод (ОСВ, ил), представляющие собой отходы, образующиеся в процессе очистки сточных вод, содержат значительное количество органических веществ, макро- и микроэлементов, что делает их перспективными для применения в качестве органических удобрений и компонентов для компостирования (2). Однако их использование сопряжено с рядом проблем, включая наличие патогенных микроорганизмов, неприятный запах и возможное превышение нормативных значений по содержанию тяжёлых металлов и солей. Показатели состава и свойств ОСВ могут варьироваться в зависимости от условий их формирования и специфики работы очистных сооружений. Основной причиной образования запаха является бактериальная природа осадков и анаэробные условия их накопления.

В качестве одного из методов устранения запаха и обеззараживания ОСВ рассматривается обработка специальными препаратами (3). В рамках настоящего исследования был протестирован новый препарат на основе натриевых солей поликарбоновых кислот с добавлением серы и меди, полученный путём щелочного гидролиза крахмалсодержащего растительного сырья.

Экспериментально установлено, что внесение препарата в ОСВ приводит к значительному снижению интенсивности запаха и уменьшению индекса бактерий группы кишечной палочки (БГКП) в 10 раз в течение 7–14 суток. Кроме того, отмечено снижение выделения сероводорода в 3–5 раз при незначительном увеличении эмиссии аммиака. Обработка не вызывает подщелачивания осадков и не препятствует их последующему компостированию с целлюлозосодержащими наполнителями (щепа, опилки), что подтверждается быстрым началом биотермических процессов в компостируемой смеси.

Для оценки влияния препарата на микробиологический состав ОСВ был проведён лабораторный эксперимент с использованием образцов, отобранных на иловой карте очистных сооружений г. Пущино. Гомогенизированные пробы массой 500 г помещались в пластиковые ёмкости толщиной 50 мм. Исследование проводилось в трёх вариантах (каждый в пятикратной повторности): контроль (исходный ОСВ), ОСВ с внесением 100% препарата (10 мл на 0,5 кг) и ОСВ с внесением 25%-ного раствора препарата (10 мл на 0,5 кг). После обработки образцы тщательно перемешивались, через 7 суток производился отбор проб с поверхности (1–1,5 мм) и с глубины 20 мм (толщина 5 мм).

Анализ микробного разнообразия проводился методом профилирования гена 16S рРНК. Выделение ДНК осуществлялось с использованием набора FastDNA SPIN Kit for Soil, количественная оценка — на флуориметре Qubit. Библиотеки ампликонов для гипервариабельных областей V3–V4 гена 16S рРНК готовились с применением 2X Phusion HSII High-Fidelity PCR Master Mix с праймерами Illumina. ПЦР-амплификация проводилась по стандартному протоколу, очистка продуктов — с помощью AMPure XP beads, контроль качества — электрофорезом в агарозном геле.

Секвенирование выполнено на платформе Illumina MiSeq, количество парных прочтений на образец составило 16–37 тысяч.

Анализ альфа-разнообразия не выявил существенных различий между большинством проб, за исключением образца 4.2 (нижний слой, обработанный концентрированным препаратом), где наблюдалось снижение показателей разнообразия. Это свидетельствует о том, что препарат влияет не только на численность, но и на структуру микробного сообщества, вызывая перераспределение доминирующих групп микроорганизмов. Аналогичные, но менее выраженные эффекты отмечались при обработке разбавленным препаратом.

Во всех исследованных образцах доминировали бактерии (>97% микробной популяции), доля архей составляла 0,3–2%. Всего было идентифицировано 32 бактериальных типа, из которых к коровому микробиому относились *Proteobacteria* и *Firmicutes*. *Proteobacteria* были преобладающим типом (20,76–48,9%), преимущественно за счёт класса *Gammaproteobacteria* (91%), среди которых доминировали представители семейства *Comamonadaceae* (44,37%), в частности роды *Comamonas*, *Aquabacterium*, *Simplicispira*, *Curvibacter*, *Hydrogenophaga*, *Acidovorax*.

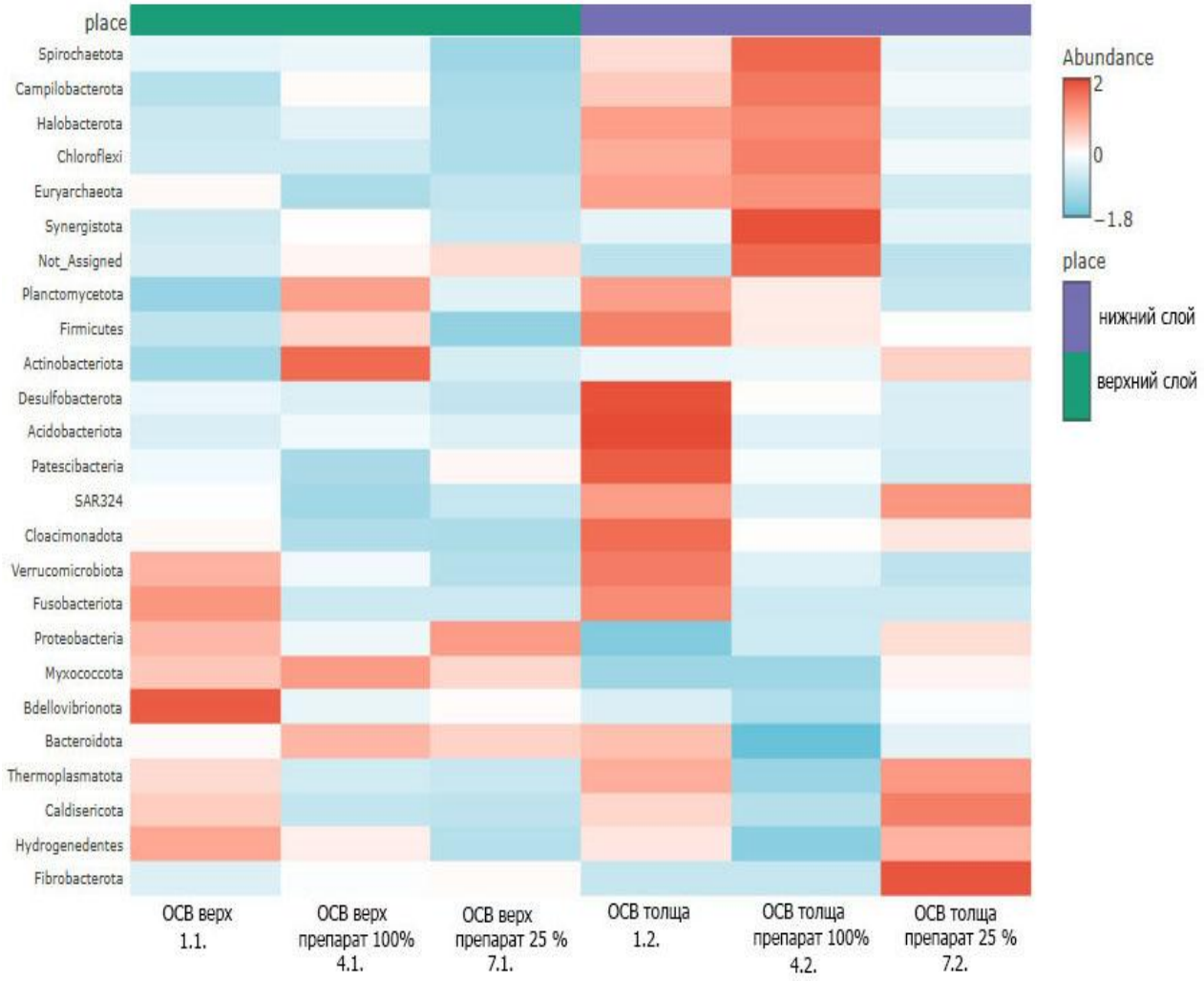


Рис. 1 - Тепловые карты численности типов организмов в каждом образце

Типы *Campilobacterota* и *Bacteroidota* также относились к доминирующим группам. *Campilobacterota* составляли 19–32% и были представлены родами *Sulfuricurvum*, *Sulfurimonas*, *Arcobacter*, *Sulfurovum*. *Bacteroidota* отличались высоким таксономическим разнообразием (34 рода), среди которых преобладали *Flavobacterium* (21,63%) и *Bacteroidetes vadinHA17* (*Candidatus Aminobacteroidaceae*, 16,13%), их доля составляла 14–24% от всех классифицированных ампликонов.

Полученные данные свидетельствуют о том, что исследуемый препарат вызывает дозозависимые изменения количественного и качественного состава микробного сообщества ОСВ. Это открывает перспективы для целенаправленного управления структурой микробиологического консорциума с целью повышения эффективности переработки отходов и минимизации их патогенности для человека и животных. Дальнейшие исследования по подбору оптимальных доз препарата представляют значительный научный и практический интерес.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Беляева С.Д. Короткова Е.В., Петров М.И. Регулирование обращения с осадками сточных вод // Экология производства. – Москва. – 2016, №3. – С. 80-87.
2. Валеев В.Х., Сомова Ю.В., Сомов В.А. Исследование возможности использования осадков сточных вод очистных сооружений в качестве удобрения // Известия ВУЗов. Прикладная химия и биотехнология. – 2015, №3 (14). – С. 69-73.
3. Хисамеева Л.Р., Селюгин А.С., Абитов Р.Н., Бусарев А.В., Урмитова Н.С. Обработка осадков городских сточных вод: учебное пособие. – Казань: Казанский государственный архитектурно-строительный университет. – 2016. – 105 с.

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В СЕНЕГАЛЕ: КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ, МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ И СЦЕНАРИИ УСТОЙЧИВОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
RATIONAL USE OF WATER RESOURCES IN SENEGAL: EFFICIENCY CRITERIA, OPTIMIZATION METHODS AND SUSTAINABLE WATER USE SCENARIOS

Диалло М.Б.
Diallo M.B.
Россия, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, diallomamadoub@yandex.ru

Аннотация. В работе рассматриваются современные подходы к рациональному использованию водных ресурсов в Республике Сенегал, где водный стресс и прогнозируемый рост водозабора на 30–60% к 2035 г. создают угрозу реализации национальной стратегии развития. На основе анализа научной литературы, проектных отчетов и данных дистанционного зондирования выделены критерии эффективности (экономические, социальные, экологические), систематизированы методы оптимизации, включая диверсификацию источников, повышение эффективности ирригации, интегрированное управление водными ресурсами (ИУВР), трансграничное сотрудничество в бассейне р. Сенегал (OMVS) и применение геопространственных технологий. Предложены четыре сценария устойчивого водопользования: инерционный, технологической модернизации, институциональной трансформации и климатической адаптации с участием сообществ. Сформулированы рекомендации по институциональным реформам и масштабированию бассейновых принципов управления.

Ключевые слова: Сенегал, подземные воды, ИУВР, OMVS, водопродуктивность, геопространственные технологии.

Введение. Республика Сенегал относится к числу стран Западной Африки, где проблема дефицита водных ресурсов приобретает критическое значение. Прогнозируемый рост водозабора на 30–60% к 2035 г. создает прямые угрозы для реализации национального плана развития Plan Sénégal Emergent [1]. Подземные воды обеспечивают 85% потребностей в питьевом водоснабжении, однако интенсивный водоотбор и антропогенное загрязнение ставят под угрозу устойчивость водоснабжения, особенно в треугольнике Дакар–Мбур–Тиес, где сосредоточено 50% ВВП и населения страны [1]. Ежегодный ущерб от водообусловленных явлений и загрязнения водных объектов оценивается более чем в 10% ВВП [1]. Цель работы — систематизировать критерии эффективности водопользования, обобщить методы оптимизации и представить научно обоснованные сценарии перехода к устойчивому водопользованию в Сенегале.

Гидрогеологическая характеристика. Территория Сенегала разделяется на две крупные геологические структуры: западную — Сенегало-Мавританский осадочный бассейн, где сосредоточены основные ресурсы подземных вод, и восточную — докембрийский кристаллический фундамент с локальными зонами трещиноватости [2, 6]. В пределах осадочного бассейна выделяются три основных водоносных горизонта: поверхностный (четвертичный, мощность до 150 м, дебит 50–183 м³/ч), промежуточный (палеоцен-эоценовый, мощность 40–120 м, дебит 54–300 м³/ч) и маастрихтский (верхнемеловой, мощность ~250 м, дебит 80–362 м³/ч) [2, 6]. Для полуострова Кап-Вер созданы детальные многослойные гидрогеологические карты масштаба 1:50 000 и 1:20 000, включающие зоны загрязнения нитратами и вторжения соленых вод [3].

Критерии эффективности водопользования. Система оценки эффективности базируется на трех группах критериев. Экономические: водопродуктивность (объем продукции на единицу потребленной воды), оцениваемая по спутниковым данным WaPOR [4], и экономическая норма доходности инвестиций. Социальные: доля населения с доступом к безопасной питьевой воде (85% — подземные воды), создание рабочих мест (проекты OMVS обеспечили более 18 000 новых рабочих мест) [5], гендерное равенство в доступе к земельным и водным ресурсам. Экологические: качество водных объектов (мониторинг по спутниковым данным Sentinel-2) [4], сохранение экосистемных услуг водно-болотных угодий (лагуна Сомоне — объект Рамсарской конвенции).

Методы оптимизации водопользования. В Сенегале реализуется комплекс методов оптимизации. Диверсификация источников включает опреснение морской воды, повторное использование очищенных сточных

вод и строительство малых резервуаров, оптимальное размещение которых определяется гидрологическим моделированием [7]. Повышение эффективности в сельском хозяйстве: модернизация ирригационной инфраструктуры в рамках Компактного соглашения Millennium Challenge Corporation привела к увеличению площади обрабатываемых земель на 80% и росту урожайности риса на 21% [8]. Интегрированное управление водными ресурсами (ИУВР) апробировано в пилотном бассейне Сомоне, где создан форум водопользователей и разработан план управления, подлежащий масштабированию на другие бассейны [9]. Трансграничное сотрудничество в бассейне р. Сенегал (OMVS) обеспечивает 60% водоснабжения Дакара, 100% — Нуакшота и Сен-Луи, а также производство 800 ГВт·ч гидроэнергии в год [5, 10]. Геопространственные технологии (спутниковая альтиметрия SWOT, Sentinel-3, данные WaPOR, Sentinel-2) используются для мониторинга уровней воды, качества водных объектов и водопродуктивности [4].

Сценарии устойчивого водопользования. Выделены четыре альтернативных сценария. Базовый (инерционный) — сохранение текущих тенденций, ведущее к истощению подземных вод и росту дефицита. Технологической модернизации — масштабное внедрение опреснения и повторного использования вод, сопряженное с высокими капитальными и энергетическими затратами. Институциональной трансформации — закрепление бассейновых принципов управления в Водном кодексе, создание координационных платформ, внедрение подхода WEFE Nexus (Water-Energy-Food-Ecosystem) [1]. Климатической адаптации с участием сообществ — децентрализованные решения: малые резервуары, устойчивое использование подземных вод, вовлечение местных сообществ в принятие решений [7, 11]. Наиболее устойчивым представляется сочетание институциональной трансформации и климатической адаптации.

Заключение. Обеспечение водной безопасности Сенегала требует институциональной реформы с закреплением бассейновых принципов в Водном кодексе, создания координационной платформы для треугольника Дакар–Мбур–Тиес, развития нетрадиционных источников водоснабжения, масштабирования подхода ИУВР с бассейна Сомоне на национальный уровень, продолжения поддержки трансграничного сотрудничества по модели OMVS, интеграции геопространственных технологий в национальную систему мониторинга и учета локального контекста при планировании водохозяйственных мероприятий. Как отмечается в документах Всемирного банка, для перехода от конфликтов к сотрудничеству в сфере водных ресурсов требуются значительные инвестиции и глубокие институциональные реформы [1].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. World Bank. Sénégal – Water Security Diagnostic. – Washington, D.C., 2023. – 124 p.
2. IGRAC. Senegal Groundwater Country Profile. – UNESCO-IHP, 2025. – 18 p.
3. Roger J., Nehlig P., Castaing C. et al. Carte géologique du Sénégal à 1/50 000 et 1/20 000. Feuille de Dakar // Ministère des Mines, de l'Industrie et des PME, République du Sénégal. – 2009. – 45 p.
4. CSE, FAO. Utilisation des données d'observation de la Terre pour le suivi des ressources en eau au Sénégal. – Centre de Suivi Écologique, Dakar, 2024. – 32 p.
5. OMVS. Rapport annuel 2024. – Organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal, Saint-Louis, 2025. – 56 p.
6. Файд А.Б., Соколов А.А. Гидрогеологические условия Сенегало-Мавританского артезианского бассейна // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. – 2020. – № 3. – С. 67–74.
7. Ghosh S., Boucher M., Diop S. Optimal siting of small reservoirs using high-resolution hydrological modeling in Senegal // Journal of Water Resources Planning and Management. – 2024. – Vol. 150, No. 4. – P. 04024012.
8. Millennium Challenge Corporation. Senegal Compact: Final Report. – Washington, D.C., 2015. – 98 p.
9. DGPRE. Projet de gestion intégrée des ressources en eau du bassin versant de Soumone : Rapport de capitalisation. – Direction de la Gestion et de la Planification des Ressources en Eau, Dakar, 2024. – 42 p.
10. World Bank. Turning the Tide: A New Generation of Water Projects in Senegal. – Washington, D.C., 2022. – 28 p.
11. WEFE Nexus Project. Community-based assessment of water-energy-food-ecosystem trade-offs in Senegal. – Dakar, 2024. – 35 p.

ИЗМЕНЕНИЕ ТРАДИЦИОННЫХ ЛАНДШАФТОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДОБЫВАЮЩИХ КОМПАНИЙ НА ПРИМЕРЕ ТОМПОНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

CHANGES IN TRADITIONAL LANDSCAPES UNDER THE IMPACT OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE OF EXTRACTIVE COMPANIES ON THE EXAMPLE OF THE TOMPONSKY DISTRICT OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

Егоров С.С.
Egorov S.S.
Россия, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», egorovsemion@mail.ru

Актуальность исследования

Томпонский район – ключевая территория традиционного природопользования коренных малочисленных народов Севера, где активно развивается горнодобывающая промышленность. Транспортная инфраструктура (автодороги, зимники, технологические проезды), обеспечивающая работу золотодобывающих и нефтегазовых предприятий, выступает главным фактором трансформации криолитозоны и хозяйственных укладов. Актуальность работы обусловлена необходимостью комплексной оценки последствий такого воздействия для традиционных отраслей хозяйства и поиска механизмов сбалансированного развития территории.

Цель и методы исследования

Цель – выявить пространственные и морфологические изменения традиционных ландшафтов Томпонского района под влиянием транспортной сети добывающих компаний и оценить последствия для оленеводства и рекреационного потенциала. Методы: SWOT-анализ, полевые описания, опросы представителей родовых общин

Основные результаты

Геокриологические и ландшафтные изменения: вдоль транспортных коридоров зафиксировано увеличение глубины сезонного протаивания в 1,5–2 раза, активизация термокарста и термоэрозии, что приводит к перестройке гидрологической сети и деградации коренных лиственничных редколесий. Площадь нарушенных земель в зоне влияния дорог за исследуемый период выросла более чем на 30%.

Влияние на оленеводство:

Отрицательные стороны:

– Сокращение площади лишайниковых пастбищ на 40–60% в радиусе до 3 км от дорог вследствие пылевого загрязнения, механического уничтожения растительности и пирогенных сукцессий.

– Фрагментация миграционных коридоров: линейные объекты (дороги, трубопроводы) нарушают сезонные перемещения домашних оленей, увеличивая стресс животных и непроизводительные переходы.

– Рост беспокойства стад из-за увеличения транспортного потока и присутствия посторонних лиц, что приводит к снижению привесов и продуктивности отрасли.

Положительные стороны:

– Улучшение транспортной доступности удаленных оленеводческих бригад (зимники позволяют своевременно завозить корма, ветеринарные препараты, горюче-смазочные материалы).

– Возможность оперативного оказания ветеринарной помощи и снижения логистических издержек при сдаче продукции.

– В отдельных случаях – использование техногенных участков (отсыпки, обочины) как искусственных солонцов и мест выпаса в бесснежный период.

Потенциал развития туризма:

Трансформация ландшафтов создает предпосылки для развития новых туристских направлений:

– Индустриальный туризм: организованные экскурсии на горнодобывающие предприятия и объекты транспортной инфраструктуры с элементами просвещения о технологиях освоения Арктики.

– Этно-экологический туризм: сочетание знакомства с традиционной культурой эвенков и эвенов с демонстрацией современных процессов промышленного освоения, что позволяет формировать добавочную стоимость для местных сообществ.

– Научно-познавательный туризм: наблюдение за процессами восстановления нарушенных ландшафтов, изучение уникальных геокриологических явлений (термокарстовые озера, бугры пучения).

Однако реализация туристского потенциала требует создания инфраструктуры размещения, разработки компенсационных механизмов для родовых общин и включения их в качестве равноправных участников туристской деятельности.

Выводы и рекомендации

Транспортная инфраструктура добывающих компаний оказывает противоречивое воздействие на традиционное природопользование Томпонского района. С одной стороны, она ухудшает состояние оленьих пастбищ и нарушает сложившуюся систему кочевания, с другой — повышает доступность удаленных территорий и может служить основой для диверсификации местной экономики через туризм. Для минимизации конфликтов и использования позитивных эффектов предлагается:

– внедрить обязательное геоинформационное сопровождение проектов транспортного строительства с оценкой воздействия на пастбищные угодья и миграционные пути;

– создать систему компенсационных выплат родовым общинам на основе соглашений между недропользователями и органами местного самоуправления;

– разработать межведомственную программу развития этно-индустриального туризма с участием коренных народов, включающую брендирование территории и строительство туристской инфраструктуры вдоль существующих транспортных коридоров.

Ключевые слова: транспортная инфраструктура, добывающие компании, Томпонский район, традиционное природопользование, оленеводство, криолитозона, трансформация ландшафтов, индустриальный туризм, этнотуризм**.**

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Земельный кодекс Российской Федерации: федер. закон Рос. Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 28.09.2001: одобр. Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 10.10.2001. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773.
2. О правовом статусе коренных малочисленных народов Севера: закон Республики Саха (Якутия) от 31.03.2005 227-З № 461-III. URL: https://base.garant.ru/26704507.
3. О Стратегии социально-экономического развития Арктической зоны Республики Саха (Якутия) на период до 2035 года: указ Главы Республики Саха (Якутия) от 14.08.2020 № 1377. URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/1400202008170001#:~:text=Указ%20Главы%20Республики%20Са ха%20(Якутия),2035%20года".%20Дата%20опубликования%3A%2017.08.2020.
4. О территориях традиционного природопользования и традиционной хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов севера Республики Саха (Якутия): закон Республики Саха (Якутия) от 13.07.2006 3703 № 755-III. URL: https://base.garant.ru/26706917.
5. Носов. С. И. Поддержка традиционных промыслов коренных народов Севера на основе выделения и защиты особо ценных земель / С. И. Носов, И. М. Потравный, Т. Ю. Свинцова // АПК: экономика, управление. – 2025. – № 11. – С. 129-139. – DOI 10.33305/2511-129. – EDN ILIMCR.
6. Дирин, Д. А. Опорный туристско-рекреационный каркас России и перспективы его развития / Д. А. Дирин // Современные проблемы сервиса и туризма. – 2023. – Т. 17, № 1. – С. 49-63. – DOI 10.5281/zenodo.7933481. – EDN FPQEKS.

7. Ямсков, А. Н. Территории традиционного природопользования коренных народов и их перспективная роль в использовании природного и культурного наследия регионов Севера, Сибири и Дальнего Востока / А. Н. Ямсков // Биосферное хозяйство: теория и практика. – 2016. – № 1. – С. 66-68. – EDN WXQKXZ.
8. Лебедев, А. З. О статусе территорий традиционного природопользования / А. З. Лебедев, Т. С. Иванова // Евразийское пространство: экономика, право, общество. – 2023. – № 11. – С. 32-35. – EDN LQDXPR.
9. Калаврий, Т. Ю. Анализ современного состояния и тенденций развития территорий традиционного природопользования арктических районов Республики Саха (Якутия) / Т. Ю. Калаврий // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2021. – Т. 11, № 1-1. – С. 48-65. – DOI 10.34670/AR.2021.25.19.006. – EDN ASHQSD.
10. Неустроева, А. Б. Особенности расселения коренных малочисленных народов Севера на территориях традиционного природопользования Республики Саха (Якутия) / А. Б. Неустроева, Л. А. Семенова // Урбанистика. – 2018. – № 4. – С. 22-35. – DOI 10.7256/2310-8673.2018.4.24896. – EDN VVGPML.

ВЛИЯНИЕ СУБСТРАТОВ НА ОСНОВЕ КОМПОСТА ИЗ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД НА ВЫРАЩИВАНИЕ PETUNIA HYBRIDA В ДЕКОРАТИВНОМ ЦВЕТОВОДСТВЕ
INFLUENCE OF SUBSTRATES BASED ON SEWAGE SLUDGE COMPOST ON THE CULTIVATION OF PETUNIA HYBRIDA IN ORNAMENTAL HORTICULTURE

Зуева Ю.В. [1], Глинушкина Е.П.[1], Демин Д.В.[1], Сон Б.К.[2], Севостьянов С.М.[2]

[1]ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, р.п. Большие Вяземы, [2]Российская Федерация, [2]ФИЦ «Пущинский научный центр биологических исследований РАН» - обособленное подразделение Институт фундаментальных проблем биологии РАН, Пущино, e-mail: satarova2310@mail.ru

Осадки сточных вод (ОСВ) являются одним из значимых источников загрязнения окружающей среды. Однако современные технологии позволяют рассматривать их не только как отход, но и как ценный ресурс для народного хозяйства. Наиболее перспективным направлением является использование ОСВ в качестве почвоулучшающей добавки — как в чистом виде, так и в виде компоста.

Ключевым ограничением для применения ОСВ в сельском хозяйстве служит их высокое содержание тяжёлых металлов. Из-за способности этих элементов к миграции по пищевой цепи «почва — растение» использование осадков для выращивания пищевых культур строго регламентировано.

Тем не менее, ОСВ востребованы в сферах рекультивации земель, биоремедиации и озеленения. В условиях растущей потребности в органических удобрениях особую актуальность приобретает создание экологически безопасных компостов на основе иловых осадков.

В период с 2021 по 2023 год были разработаны варианты компостов путём смешивания ОСВ с опилками в соотношении 1:1 и последующего компостирования. Согласно результатам химических анализов, проведённых в соответствии с ГОСТ Р 59748-2021, полученные компосты отнесены к первой группе удобрений. Они характеризуются высоким содержанием подвижных форм азота, фосфора и калия.

Для оценки эффективности компоста был проведён эксперимент по выращиванию декоративных культур (*Petunia hybrida* сорта GO!Tunia Cosmic Purple и *Heuchera hybrida* сорта Frosted Violet) на серой лесной почве. Внесение компоста осуществлялось в дозах 4%, 6% и 8% (что соответствует 30, 45 и 60 т/га соответственно).

Исследования показали, что дозы 45 и 60 т/га оказывают значительное положительное влияние на рост, развитие растений и активность почвенной микробиоты.

В ходе измерений наибольший средний вес растений зафиксирован на грунте, содержащем 8 и 6% компоста, минимальные значения показателя – на контрольных вариантах, с двукратным отставанием.

Самое активное цветение петунии по срокам и количеству бутонов было зафиксировано у растений на грунте с содержанием компоста 8%. Вторыми по срокам зацветания оказались растения на грунте 4% компоста, но по количеству бутонов они были предпоследними. Третьими зацвели растения в контрольном варианте на чистой серой лесной почве; по количеству бутонов они также оказались третьими, уступив растениям на грунте 6% компоста. Эти, последние, зацвели четвертыми, но в конце вегетации по количеству бутонов немного уступили растениям на грунте 8%.

Таким образом, растения *Petunia hybrida*, выращенные на грунте с дозой компоста 6 и 8%, были более крупными, пышными, отличались более ранним и активным цветением. Проведенные в ходе вегетационного эксперимента измерения позволяют сделать вывод, что наиболее перспективными для применения в цветоводстве и озеленении населенных пунктов представляются грунты с дозой компоста 6 и 8% (45 и 60 т на гектар соответственно).

ПРИМЕНЕНИЯ НОВОГО ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО БИОСТИМУЛЯТОРА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ УРОЖАЙНОСТИ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЗЕРНА ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

THE USE OF A NEW ENVIRONMENTALLY FRIENDLY BIOSTIMULATOR IN THE FORMATION OF YIELDS AND QUALITY INDICATORS OF SPRING BARLEY GRAIN

Картабаева Б.Б.[1], Ульяненко Л.Н.[1], Михалева С.Н.[1], Будынков Н.И.[1], Демин Д.В.[1], Регер Н. С.[2], Рагулин В.С.[3]

Kartabaeva B.B.[1], Ulyanenko L.N.[1], Mikhaleva S.N.[1], Budynkov N.I.[1], Demin D.V.[1], Reger N.S.[2], Ragulin V.S.[3]

[1]ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, р.п. Большие Вяземы, Российская Федерация kartabaeva040893@mail.ru

[2] ФГБНУ Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Российская Федерация

[3] Управление Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному. надзору по Оренбургской области, Оренбург, Российская Федерация

Актуальность.

Здоровый посевной материал – это фундаментальный фактор, определяющий не только объем урожая злаковых культур, но и его качество. Снижение уровня колонизации зерна патогенами грибной природы позволяет снизить риск загрязнения продукции – микотоксинами [1, 2], повысить эффективность предпосевной обработки фунгицидными протравителями и улучшить фитосанитарную обстановку посевов. Корректировка действия протравителей семян за счет добавления в состав рабочего раствора биостимуляторов различной природы дает дополнительные возможности интенсивного развития растениям на ранних фазах развития, а их применение по вегетации — иммунизации [3]. Регуляторы роста используют для обработки как семян, так и посевов в период вегетации, а совершенствование ассортимента и технологий получения расширяют возможности их применения в сельскохозяйственной практике [4].

Таким образом, комплексный подход, включающий использование здоровых семян, качественных протравителей и биостимуляторов, открывает возможности для создания экологически безопасных и высокоэффективных технологий растениеводства, минимизируя использование химических препаратов и повышая урожайность качественного зерна. Это особенно актуально в свете современных требований к экологически чистой продукции и снижению негативного воздействия сельскохозяйственного производства на окружающую среду [5].

Совместное использование фунгицидов с регуляторами роста растений способствует стабилизации фитосанитарной обстановки, повышению иммунных свойств растений, продуктивности и качества зерна зерновых яровых культур [6, 7].

Применение биотехнологических подходов в аграрном секторе выступает ключевым элементом повышения производительности, — оно способно кардинально изменить структуру производства, сократить издержки, повысить урожайность и питательную ценность растений, практически ликвидировать отходы благодаря закрытым циклам и положительно воздействовать на экологическое состояние почв и агросистем.

В настоящее время биоэкономика выступает ключевым трендом, формирующим стратегию развития аграрного сектора будущего, а также определяющим роль сельского хозяйства в защите окружающей среды, стабилизации климата и бережном обращении с природными ресурсами [8].

Материалы и методы.

Полевой опыт был заложен в 2025 году на посевах ярового ячменя. Обработка опытных делянок осуществлялась в фазу кущения растений баковой смесью, включающей стимуляторы роста и средства защиты растений.

В эксперименте были предусмотрены два опытных варианта и контроль:

- вариант БС 10^{-6} — обработка биостимулятором в концентрации 10^{-6} мл/л;
- вариант «Эпин-Экстра» — обработка росторегулятором «Эпин-Экстра» в дозе 50 мл/га (стандарт);

• контроль – без применения стимуляторов роста.

Обработка проводилась с нормой расхода рабочего раствора 400 л/га. Площадь каждой делянки под вариантами опыта составляла 5 га.

Объектом исследования был ячмень яровой сорта Нур.

Ячмень яровой Нур, в 2002 г. включен в «Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Российской Федерации», рекомендован для возделывания в Центральном (3) регионе. Устойчив к пыльной и каменной головне, умеренно восприимчив к корневым гнилям и стеблевой ржавчине, восприимчив к полосатой пятнистости (полосатый гельминтоспориоз), сильно восприимчив к гельминтоспориозу.

В рамках производственного опыта 2025 года семена ярового ячменя были обработаны протравителем «Максим Форте, КС» в дозировке 1,5 л/т. Биостимулятор применялся для обработки вегетирующих растений.

Система защиты посевов в период вегетации предусматривала проведение комплекса агротехнических мероприятий. В фазу кущения (ВВСН 21–25) осуществлялась обработка растений баковой смесью гербицидов «Балерина, ВДГ» и «Бомба, ВДГ» в рекомендованных дозировках для контроля однолетних и многолетних двудольных сорных растений. Одновременно применялся системный фунгицид «Колосаль Про, КМЭ» для защиты культуры от комплекса листостебельных болезней.

Урожайность и продуктивность оценивали по показателям пробных снопов, отобранных с каждой опытной делянки, ссылка на метод. Уборочный индекс рассчитывали, как отношение массы зерна к надземной биомассе растения, выраженное в процентах ссылка. Показатели качества зерна ярового ячменя сорта Нур в рамках производственного опыта 2025 года определяли в аккредитованной лаборатории Оренбургского филиала ФГБУ «Федеральный центр оценки безопасности и качества продукции агропромышленного комплекса» (подведомственного Федеральной службе по ветеринарному и фитосанитарному надзору по Оренбургской области). Анализ проводили в соответствии с действующими стандартами: ГОСТ 13496.4-2019 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Методы определения содержания азота и сырого протеина» и ГОСТ Р 54478-2011 «Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице».

Результаты и их обсуждение.

В 2025 году погодные условия на АО Племхоз «Наро-Осановский» Одинцовский г.о., Московской области характеризовались продолжительными интенсивными осадками во второй и третьей декадах июня, а также понижением среднесуточной температуры воздуха. Значение гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК) за вегетационный период составило 1,80, что на 13 % превышает аналогичный показатель 2024 года.

В рамках производственного опыта, проведённого в 2025 году на посевах ярового ячменя сорта «Нур», была подтверждена высокая эффективность нового биостимулятора, применявшегося в фазу кущения в составе баковой смеси со средствами защиты растений. В вариантах с использованием биостимулятора БС 10^{-6} и препарата «Эпин-Экстра» отмечено статистически значимое увеличение длины колоса на 8 % по сравнению с контролем, а также количества колосков в колосе – на 10 % и 8 % соответственно. Зафиксирована тенденция к увеличению массы 1000 зёрен (приблизительно на 4 %) и достоверное повышение натуры зерна на 6 % в варианте с БС 10^{-6} (Таблица 1).

Таблица 1. Морфологические показатели и урожайность ячменя ярового сорта Нур (хозяйственный опыт, 2025 г.)

Вариант	Высота растений, см	Длина колоса, см	Количество колосков в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л	Урожайность, т/га
БС 10^{-6}	69,5*	6,8*	21,5*	44,8	382,5*	6,84*
Эпин-Экстра	65,9	6,8*	21,2*	42,9	363,8	5,48
Контроль	67,1	6,3	19,6	43,1	361,2	5,36
$НСР_{0,05}$	1,2	0,2	0,4	2,8	15,0	1,0

В варианте с применением биостимулятора в концентрации 10^{-6} мл/л (вариант БС 10^{-6}) расчетная урожайность ярового ячменя сорта Нур составила 6,84 т/га, что статистически значимо превышает показатель контрольного варианта – 5,36 т/га. Прирост урожайности, обеспеченный использованием биостимулятора, составил 1,48 т/га.

Экономическая оценка эффективности применения препарата проводилась с учетом текущей (2025 г.) средней стоимости зерна ячменя в Центральном федеральном округе – 14 000 руб./т. Дополнительный доход, полученный за счет увеличения урожайности на 1,48 т/га, составил 20 720 руб./га. Оба варианта с применением биостимуляторов показали значительное увеличение массовой доли сырого протеина в зерне ячменя по сравнению с контролем. Прирост составил более 12%. (Рис. 1).

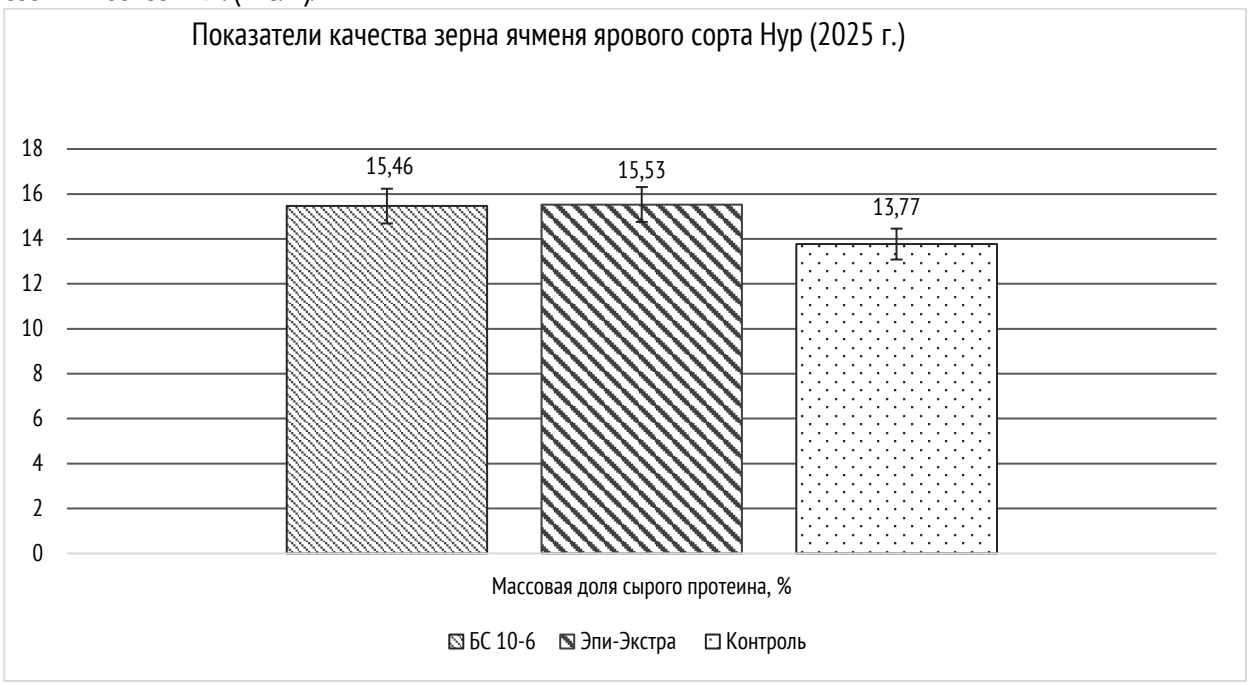


Рис. 1- Показатели качества зерна ячменя ярового сорта Нур. Обработка семян биостимуляторами совместно с протравителем, Максим Форте, КС (2025 г.)

Различие между вариантами с применением препаратов БС 10^{-6} (15,46%) и Эпин-Экстра (15,53%) является незначительным и составляет всего 0,07 %. Повышение содержания сырого протеина выступает одним из ключевых показателей качества фуражного зерна. Увеличение этого параметра с 13,77% до уровня, превышающего 15,4%, способствует существенному улучшению питательной ценности зерна, что положительно сказывается на кормовой эффективности для сельскохозяйственных животных.

Выводы

1.В условиях производственных испытаний, проведённых на территории Московской области, была подтверждена высокая эффективность применения инновационного биостимулятора, созданного на основе растительного сырья, при выращивании ярового ячменя. Результаты исследований свидетельствуют о целесообразности использования данного препарата как в качестве самостоятельного средства для обработки вегетирующих растений, так и в составе баковых смесей.

2.Независимо от погодных условий вегетационного периода 2025 года, применения биостимулятора обеспечило повышение урожайности и увеличение массовой доли сырого протеина в зерне ярового ячменя сорта Нур.

3.Таким образом, совокупность результатов, полученных в производственном опыте при оценке хозяйственной эффективности нового биостимулятора из растительного сырья (отходы производства картофеля) в концентрациях 10^{-6} мл/л, позволяет сделать заключение о необходимости продолжения исследований с целью регистрации препарата и разработки рекомендаций для практического использования в технологиях выращивания зерновых яровых культур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Будынков Н. И., Михалева С. Н., Проскурин А. В. Динамика факультативных паразитов грибной природы в полевых агроценозах с минимальной обработкой почвы в западной части Волгоградской области // Агрохимия. 2021. № 1. С. 64—71.
2. Будынков Н.И., Михалева С.Н., Ульяненко Л.Н. Особенности колонизации семян пшеницы озимой Fusarium moniliforme и Fusarium sporotrichioides в разных почвенноклиматических зонах Юга России // Защита и карантин растений. 2024. №7. С. 24-27.
3. Картабаева Б.Б., Михалева С.Н., Корнева Л.Г., Ульяненко Л.Н., Будынков Н.И., Демин Д.В., Севостьянов М.А., Федотова В.А. Использование биостимулятора и протравителя семян ячменя для снижения развития листовых болезней и колонизации зерна микромицетами Защита и карантин растений. 2025 3. С. 11-16. \ DOI 10.47528/1026-8634_2025_3_11
4. Dongmei C., Tianhui L., Wenjun Y., Zhichao J., Shichao R. Research progress on the synthesis of phenylurea derived plant growth regulators. Advanced Agrochem, 3:2(2024). – DOI 10.1016/j.aac.2024.04.001.
5. Михалева С. Н., Картабаева Б. Б., Будынков Н. И. [и др.]/Влияние применения биостимулятора в посевах ячменя и пшеницы яровых на колонизацию зерна патогенами // Приоритетные направления повышения эффективности, конкурентоспособности и устойчивости аграрной отрасли: Материалы международной научной конференции, посвященной 105-летию ТатНИИСх ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, 10–11 июля 2025 года. – Санкт-Петербург: ООО Издательский дом "Сциентиа", 2025. – С. 243-247. – DOI 10.32415/scientia_978-5-907902-43-5(243-247).
6. Зорькина О.В., Сухова Е.А., Агапова О.О., Нефедьева Е.Э., Грибуст И.Р., Колотова О.В. Композиции фунгицидов с регуляторами роста для уменьшения ретардантного действия протравителей зерновых культур // Агрохимия. - 2023. - №7. - С. 37-43. doi: 10.31857/S0002188123070128
7. Adamov A.A., Antonenko V.V. Dovgilevich A.V., Zubkov A.V. The use of plant growth regulators to increase the effectiveness of fungicides in soybean crops. // BIO Web of Conferences. 2024. Vol. 139:05010. DOI: 10.1051/bioconf/202413905010
8. Семин А. Н., Килимник Е. В. / Интеграция и адаптация биоэкономики в агропромышленном комплексе России // Агропродовольственная политика России. – 2026. – № 1(120). – С. 47-54. – DOI 10.35524/2227-0280_2026_01_47.

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОВЕТА ВСЕРОССИЙСКОГО ОБЩЕСТВА ОХРАНЫ ПРИРОДЫ В СИБИРИ В 1960-Е – 1970- Е ГОДЫ

ACTIVITIES OF THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL COUNCIL OF THE ALL-RUSSIAN SOCIETY FOR NATURE PROTECTION IN SIBERIA IN THE 1960S – 1970S

Колесниченко Д.В.
Kolesnichenko D.V.
Россия, Российский государственный гуманитарный университет, kolesnichenko.dv@rggu.ru

Всероссийское общество охраны природы (далее – ВООП), созданное в 1924 году по инициативе Главнауки Народного комиссариата просвещения РСФСР, был призван решать следующие задачи: содействие государственным, общественным и хозяйственным организациям в проведении мероприятий по рациональному использованию природных ресурсов и воспроизводству богатств природы; организация общественного контроля за правильным использованием богатств природы и состоянием охраны природных ресурсов; вовлечение широких слоев населения в общественную работу по рациональному использованию богатств, их охране и озеленению населенных пунктов; выявление и проведение учета природных ресурсов; выдвижение научных проблем по сохранению и развитию природных фондов.

Структура ВООП, в которую были встроены Центральный совет, Президиум Центрального совета, Ревизионная комиссия, в дальнейшем органично вписался Научно-технический совет. Появлению НТС (далее – НТС) в структуре ВООП предшествовал новый этап в развитии законодательства, направленного на защиту природы. В период с 1957 по 1963 год во всех союзных республиках были приняты законы, регулирующие охрану окружающей среды.

В нормативном документе было прямо указано, что охрана природы - всенародное дело, и в нем принимали участие общественные (профсоюзные, молодежные, научные и др.) организации, а также добровольные общества с привлечением широких масс рабочих, колхозников и интеллигенции.

С принятием Закона РСФСР «Об охране природы» в 1960 году природоохранная политика претерпела значительные изменения. В рамках данного нормативного акта промышленные и хозяйственные предприятия были обязаны осуществлять мониторинг уровня загрязнения окружающей среды, а также инвестировать средства в установку газопылеочистных сооружений. Кроме того, предприятия совместно с общественными организациями, такими как Всероссийское общество охраны природы, проводили регулярные инспекции прилегающих территорий с целью оценки их экологического состояния.

Научно-технический совет был создан в 1961 году. Его основная задача заключалась в консультировании и участии в решении вопросов, связанных с охраной окружающей среды, совместно с промышленными предприятиями и научными учреждениями. Во внимании Научно-технического совета находились следующие вопросы: рассмотрение планов комплексных мероприятий по использованию природных ресурсов, проектов крупных строек, затрагивающих сохранность и воспроизводство природных ресурсов; рассмотрение планов и предложений по преобразованию природы; рассмотрение программ курсов охраны природы для высшей и средней школы и других учебных заведений. Работу НТС ВООП возглавлял Президиум НТС в составе: председатель, заместитель председателя и ученый секретарь.

В состав НТС ВООП входили представители соответствующих секций Центрального совета ВООП, отдельные ученые и специалисты. Для выполнения поставленных задач НТС ВООП был структурирован по группам специалистов в соответствии с их профессиональной квалификацией.

В центре доклада – деятельность НТС ВООП на территории Сибири. Так, НТС ВООП решал вопросы, связанные со строительством Нижне-Обской ГЭС, загрязнением озера Байкал в 1970-е годы, массовой вырубкой леса на склонах реки Киренга, созданием заповедной территории в бассейне озера Таймыр.

Исследовательский вопрос заключается в анализе эффективности принятых мер НТС и влиянии решений НТС ВООП на охрану природы в уникальном климатическом регионе.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

Государственный архив Российской Федерации (ГА РФ). Ф. А-404. Оп. 1. Д. 678.
Государственный архив Российской Федерации (ГА РФ). Ф. А-404. Оп. 1. Д. 732.
Государственный архив Российской Федерации (ГА РФ). Ф. А-404. Оп. 1. Д. 796.
Государственный архив Российской Федерации (ГА РФ). Ф. А-404. Оп. 1. Д. 1023.
Государственный архив Российской Федерации (ГА РФ). Ф. А-404. Оп. 1. Д. 1470.
Государственный архив Российской Федерации (ГА РФ). Ф. А-404. Оп. 1. Д. 1786.
Государственный архив Российской Федерации (ГА РФ). Ф. А-404. Оп. 1. Д. 2331.
Об охране природы в РСФСР [Текст]: закон РСФСР от 27 октября 1960 г. // docs.cntd.ru. – URL: http://docs.cntd.ru (дата обращения: 22.03.2026).

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МИЦЕЛИЯ ГРИБОВ В КАЧЕСТВЕ СОРБЕНТОВ ДЛЯ НЕФТИ
PRACTICAL APPLICATION OF MATERIALS BASED ON MYCELIUM OF FUNGI AS SORBENTS FOR OIL)

Коржаев А.А.
ООО МЛР-ФАРМА, antonkorzaev534@gmail.com

Аннотация

Предложен вариант подготовки и гидрофобизации мицелия гриба Trametes Hirsuta с целью применения полученного материала в качестве сорбента для нефти, что позволяет увеличить экологичность и доступность. Исследование является попыткой актуализации перспективы применения и дальнейшего внедрения данного метода для ликвидации нефтяных разливов.

Abstract

A variant of preparation and hydrophobization of the mycelium of the Trametes Hirsuta fungus is proposed in order to use the resulting material as a sorbent for oil, which allows increasing environmental friendliness and accessibility. The study is an attempt to update the prospects for the application and further implementation of this method for the elimination of oil spills.

Ключевые слова

Сорбент, гидрофобность, нефть, Trametes Hirsuta, мицелий, ИК-спектроскопия, сканирующая электронная микроскопия (СЭМ), спектрофотометрический анализ.

Keywords

Sorbent, hydrophobicity, petroleum, Trametes Hirsuta, mycelium, IR spectroscopy, scanning electron microscopy (SEM), spectrophotometric analysis

В настоящее время рост числа аварий и утечек нефти привел к постоянному совершенствованию методов очистки разливов нефти с целью их немедленного устранения, сводя к минимуму их катастрофические последствия. Эта необходимость усиливается тем фактом, что загрязнение разливами нефти является одним из наиболее наглядных примеров ухудшения качества воды в результате деятельности человека, влияющей на водные экосистемы во всем мире [1]. Нефть очень быстро диспергируется в воде, образует пленку на поверхности воды, постепенно погружается и накапливается в отложениях. Течения и ветер имеют тенденцию вызывать еще более быстрое распространение, что приводит к деградации и даже исчезновению огромных пространств морской жизни и окружающей среды [2].

Актуальность данной работы заключается в разработке и реализации методик подготовки и гидрофобизации мицелия гриба с целью получения сорбента для нефти. Таким образом, данное исследование позволит привлечь внимание к новому способу получения нефтяных сорбентов из мицелия гриба Trametes Hirsuta, который неприхотлив к субстрату, на котором его взращивают, и используя доступные модификаторы. Так же были предложены и реализованы методики промывки и гидрофобизации.

В работе были разработаны и оптимизированы методики промывки от водорастворимых примесей и модификации гидрофобизаторами мицелия базидиомицета Trametes Hirsuta. Получены и охарактеризованы рядом современных методов исследования образцы модифицированного мицелия, а именно: СЭМ, ИК-спектроскопия, спектрофотометрический анализ, анализ краевого угла смачивания. Показано, что полученные материалы обладают селективными сорбирующими свойствами. При промывке использовалось два разных метода: центрифугирование и промывка под вакуумом. Результаты исследований показали, что более эффективен второй метод, так как позволяет добиться более глубокой очистки при меньших затратах. Для гидрофобизации использовались 1h,1h,2h,2h-перфтороктилтрихлорсилан (THPFOS) и гексадецилтриметоксисилан (HDTMS) в двух различных концентрациях. Результаты исследований показали, что обе методики гидрофобизации действенные.

Полученный материал имеет перспективу применения, так как: сырье относительно легкодоступно; простой в производстве; поглощает в 2 и более раз больше жидкости чем своя собственная масса. В дальнейшем планируется увеличить селективность сорбции нефти, проанализировать площадь поверхности, провести серию экспериментов, моделирующих реальный нефтяной розлив, сравнить полученные сорбенты с отечественными и зарубежными аналогами, провести экономический анализ производства данного материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Brody, T.M., Bianca, P.D., Krysa, J. Analysis of Inland Crude Oil Spill Threats, Vulnerabilities, and EmergencyResponse in the Midwest United States. Risk Anal. 2012, 32, 1741–1749. [CrossRef] [PubMed]
2. Fodrie, F.J., Heck, K L. Response of Coastal Fishes to the Gulf of Mexico Oil Disaster. PLoS ONE 2011,6, e21609. [CrossRef]

REFERENCES:

1. Brody, T.M., Bianca, P.D., Krysa, J. Analysis of Inland Crude Oil Spill Threats, Vulnerabilities, and EmergencyResponse in the Midwest United States. Risk Anal. 2012, 32, 1741– 1749. [CrossRef] [PubMed]
2. Fodrie, F.J., Heck, K.L. Response of Coastal Fishes to the Gulf of Mexico Oil Disaster. PLoS ONE 2011,6, e21609. [CrossRef]

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНГИЦИДОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДНА БОРОЗДЫ И КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ ПРИ ПОСАДКЕ

Коротеев А.В., Вятчинов А.А., Кузнецова М.А.

Россия, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Klide_2001@mail.ru

2024 году на экспериментальном поле ВНИИФ «Раменская Горка», расположенном в Одинцовском районе Московской области был заложен мелкоделяночный полевой опыт с целью изучения влияния эффективности препаратов, внесенных в почву при посадке клубней картофеля на снижение вредоносности ризоктониоза (Rhizoctonia solani), антракноза (Colletothrichum coccodes), парши серебристой (Helminthosporium solani).

Период проведения опыта: май-декабрь 2024 г. Место проведения испытаний: Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии (Московская область) Почвенно-климатическая зона: первая зона, дерново-подзолистая Вредные объекты: болезни – ризоктониоз (Rhizoctonia solani), серебристая парша (Helminthosporium solani), антракноз (Colletotrichum coccodes). Культура: картофель Сорт: Аризона, Норма высева семян: 3,0 т/га. Дата посадки: 14.05.2024. дата уборки – 30.08.2024. Время появления всходов: первая декада июня. Вид опыта: полевой мелкоделяночный. Агротехника опытных делянок: Почва: дерново-подзолистая Предшественник: картофель. Обработка почвы: 20.10.2023 - зяблевая вспашка, 03.05 2024 – дискование; 07.05.2024 – глубокая культивация; 11.05.2024 – нарезание гряд; 04.06.2024 – окучивание с фрезерованием. Удобрения: с осени внесли 20 т/га органических удобрений и перед посадкой картофеля - минеральные в дозе 50 кг/га по д.в.

Схема опыта:

Вариант/препарат	Норма применения
2. Идикум, СК (6,7 г/л+100 г/л+133 г/л)	3,0 л/га
4. Юниформ, СЭ (322 г/л+124 г/л)	1,5 л/га
6. Контроль (без обработки)	-

Размер делянок и их размещение: Размер опытной делянки - 42 м2, повторностей - 4. Размещение - рандомизированное. Технология применения изучаемого препарата: Сроки обработок: - обработка клубней и дна борозды при посадке картофеля – 14 мая. Используемая аппаратура: Для внесения препаратов в почву использовали экспериментальный аппликатор – РНФ-1. Расход рабочей жидкости при обработке составлял 90 л/га. Даты обработок против фитофтороза: (24.06; 04.07; 11.07; 18.07; 25.07; 02.08, 9.08, 16.08). Результаты испытаний:

Таблица 1. Фитометрические показатели растений картофеля в сравниваемых вариантах опыта, (сорт Аризона, ВНИИФ, «Раменская Горка», 2024г.)

п/п	Варианты	Всхожесть клубней, %
	Идикум, СК (3 л/га)	100
	Юниформ, СЭ (1,5 л/га)	100
	Контроль (без обработки)	96

*Тестируемые препараты безопасны для картофеля; симптомы фитотоксичности не зафиксированы на растениях картофеля.

Таблица 2. Фитометрические показатели растений картофеля и развитие ризоктониоза (Rhizoctonia solani) на разных фазах развития растений (сорт Аризона, ВНИИФ, «Раменская Горка», 2024г.)

Варианты:	Среднее количество стеблей, (шт/куст)	1Количество пораженных стеблей, %	2Количество пораженных стеблей, %	3Количество пораженных стеблей, %	Средняя степень пораженности стеблей, балл	Средняя степень пораженности столонов, балл	3Пораженность клубней при уборке, %
Идикум, СК	5,6 / 5,5/5,6	1,0	23,0	45	0,2/ 0,7/0,9	0 / 0,3/0,9	0
Юниформ, СЭ	5,5 / 5,6/5,6	0,0	0	3,0	0 / 0/0,1	0 / 0/0,1	0
Контроль (без обр.)	5,0 / 5,1/5,0	16,0	47,0	76,0	0,5 / 1,0/1,8	0,6 / 0,9/2,2	15
НСР0,95	0,2 / 0,3/0,3	-	3	2,6	-/0/0	0/0,1	-

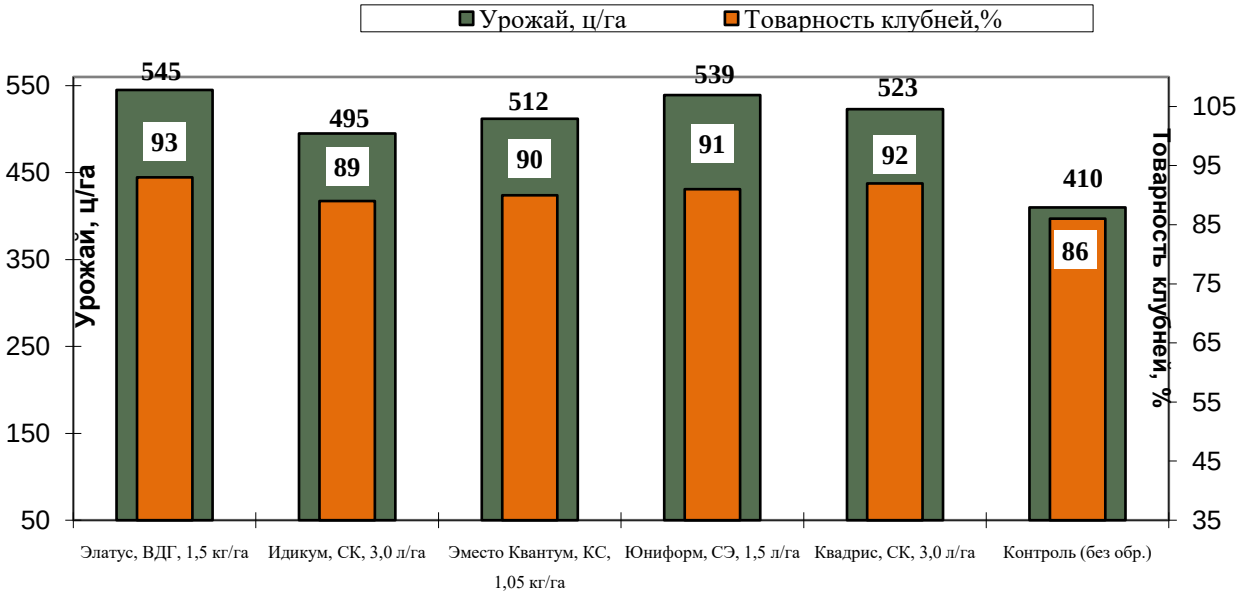


Рис. 1. - Урожайность картофеля (НСР0,95 = 24) и товарность клубней в сравниваемых вариантах опыта, сорт Аризона, ВНИИФ, Раменская Горка, 2024г., (НСР0,95 = 1,9)

Таблица 3. Пораженность клубней картофеля серебристой паршой, % через 1 месяц хранения, (сорт Аризона, ВНИИФ, «Раменская Горка», 2024г.)

№№	Варианты:	Пораженность клубней серебристой паршой, *% через 1 месяц хранения
2	Идикум, СК, 3,0 кг/га	9,7, из них 7% клубней (1 балл) и 2,7% (2 балла)
4	Юниформ, СЭ, 1,5 л/га	3,3%, (1 балл)
6	Контроль (без обработки)	13,8 %, из них 7,3% клубней (1 балл) и 6,5% (2 балла);
	НСР0,95	1,4

В 2024 году, посадка клубней картофеля в непрогретую почву (менее 70С), способствовала активному поражению первых всходов картофеля ризоктониозом в контрольном варианте, где не применяли фунгициды для сдерживания возбудителя Rhizoctonia solani (Таблица 3, Рис. 1-5). Активному поражению растений картофеля ризоктониозом в сезоне 2024, также способствовал тот факт, что в предыдущие годы выращивали на этом же поле картофель, пораженный в сильной степени ризоктониозом, что позволило накопить источник инфекции ризоктониоза - склероции Rhizoctonia solani.

В дальнейшем, в июне, июле и августе текущего года, погодные условия складывались весьма благоприятно для роста и развития растений: в июне и июле, на фоне повышенных температур воздуха (на $3,5^0$С, по сравнению со среднемноголетними показателями) наблюдали регулярное выпадение осадков (в сумме 256,7 мм.), что превысило среднемноголетние показатели на 110,8 мм. В первой декаде августа превышение осадков, по сравнению со среднемноголетними показателями, составило 23,7 мм., (Таблица 3). Таким образом, влаги в почве было достаточно для массовой закладки и развития клубней картофеля.

По результатам второго учета, который проводили в фазу цветение растений картофеля, в контрольном варианте наблюдали активное поражение стеблей и столонов ризоктониозом). Существенное увеличение количества пораженных ризоктониозом стеблей отмечали также в варианте, где применяли препарат Идикум в дозе 3 кг/га.

По результатам третьего учета, проведенного на завершающих этапах развития растений, было установлено, что 76 % стеблей контрольных растений были поражены ризоктониозом, причем, некоторые из них имели максимальную степень поражения стеблей (3-4 балла) и столонов (3 балла). В среднем, поражение стеблей и столонов в контрольном варианте составило - 1,8 и 2,2 балла, соответственно. В варианте, где применяли препарат Идикум в дозе 3 кг/га, количество пораженных ризоктониозом стеблей и столонов также достоверно увеличилось.

Отрицательного влияния испытуемых препаратов на рост и развитие растений не отмечали.

Достоверное снижение вредоносности антракноза было получено в вариантах с препаратом Юниформ (1,5) – 6,7%, в контроле пораженность растений антракнозом составила 33,2%. Таким образом, максимальная защита картофеля от антракноза была получена с препаратом Юниформ (1,5 л/га). Полагаем, что ранняя уборка картофеля в 2024 году в сухую погоду позволила минимизировать заражение клубней возбудителем Colletotrichum coccodes.

Снижение вредоносности серебристой парши было получено во всех вариантах защиты, по сравнению с контролем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Защита картофеля от ризоктониоза, антракноза и серебристой парши / М. А. Кузнецова, А. Н. Рогожин, Т. И. Сметанина, И. А. Денисенков // Картофель и овощи. – 2017. – № 4.
2. Кузнецова, М. А. Ризоктониоз -опаснейшее заболевание картофеля / М. А. Кузнецова, М. Д. Ерохова // Защита и карантин растений. – 2021. – № 4.
3. Кузнецова, М. А. Болезни кожуры картофеля и меры борьбы с ними / М. А. Кузнецова, М. Д. Ерохова, В. Н. Демидова // Защита и карантин растений. – 2024. – № 1. –
4. Юниформ против болезней картофеля / М. А. Кузнецова, А. Н. Рогожин, Т. И. Сметанина, И. А. Денисенков // Картофель и овощи. – 2015. – № 5.
5. Effect of the in-furrow application of a Uniform fungicide on the late blight development on potato / M. A. Kuznetsova, T. A. Derenko, A. N. Rogozhin [et al.] // PPO-Special Report. – 2015. –
6. Effect of the combined application of a low-frequency pulse electric field and Quadris and Izabion preparations on the disease protection and yield increase of potato / M. A. Kuznetsova, N. V. Statsyuk, A. N. Rogozhin [et al.] // Integrated Plant Protection - a Knowledge-Based Step towards Sustainable Agriculture, Forestry and Landscape Architecture, Zlatibor, Serbia, 24–28 ноября 2014 года. – Zlatibor, Serbia: Plant Protection Society of Serbia (PPSS), 2015.

7. Ульбашева, С. А. Снижение степени развития ризоктониоза на растениях и клубнях картофеля в результате предпосадочной обработки клубней импульсным низкочастотным электрическим полем / С. А. Ульбашева, Н. В. Стацюк, М. А. Кузнецова // Защита и карантин растений. – 2024. – № 2.
8. A Complex Approach to Control Black Dot Disease in Potato / M. A. Kuznetsova, N. V. Statsyuk, V. N. Demidova [et al.] // Agronomy. – 2024. – Vol. 14, No. 7. – P. 1373.
9. Атлас болезней, вредителей, сорняков картофеля и мероприятия по борьбе с ними / В. Н. Зейрук, С. В. Жевора, С. В. Васильева [и др.]. – Москва: Федеральное государственное унитарное предприятие "Академический научно-издательский, производственно-полиграфический и книгораспространительский центр "Наука", 2020. –
10. Оценка эффективности применения многокомпонентной системы защиты для контроля серебристой парши, ризоктониоза, альтернариоза и фитофтороза на картофеле / Н. В. Стацюк, А. Н. Рогожин, Т. И. Сметанина [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32, № 3. –
11. Ерохова, М. Д. Биофумигация почвы растениями из семейства Капустные / М. Д. Ерохова, М. А. Кузнецова // Защита и карантин растений. – 2021. – № 8

ОЦЕНКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОЧВЕННЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА РОСТОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОГУРЦА

Косыгина (Свиридова) Л.Л.

РФ, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии», larina67@bk.ru

Аннотация. Промышленная культура огурцов сосредоточена в крупных тепличных комплексах, где наиболее распространённой технологией выращивания растений в защищённом грунте является проточная гидропоника. Она успешно используется при производстве внесезонной продукции. При этом небольшие фермерские и личные подсобные хозяйства, выращивающие значительные объемы этой продукции в плёночных теплицах, в основной вегетационный период не используют технологию ввиду высоких требований к квалификации рабочих кадров и не менее высокой капиталоёмкости. Приоритетным использованием в данных хозяйствах является разнообразие почвогрунтов, которые не отличаются жёстким требованиям по отношению к естественной почве и как правило, не соответствуют данным параметрам.

Ключевые слова: питательная среда, искусственные почвенные смеси, агрохимические показатели, плодородные компоненты

В представляемых тезисах изложены результаты исследований составленных почвенных смесей. **Целью исследования** является тестирование почвенных образцов на плодородные показатели в программируемых климатических условиях (климатическая камера). **Объекты исследования**: почвенные грунты. Тест-культура - огурец сорта «Удалые молодцы» F1, производитель семенного материала оригинатор ООО «Агрофирма АЭЛИТА». **Методы исследований** ориентировались на регламентируемые документы: ГОСТ 12038-84, ГОСТ 12039-82, ГОСТ 12040-66. Агрохимические показатели определены с помощью средств измерений: *Оптико-эмиссионный спектрометр PlasmaQuant 9100, иономер «Эксперт-001», иономер И-160МИ, сушильный шкаф BIOs-50, спектрофотометр СФ-2000, муфельная печь.*

Результаты. В качестве испытуемых образцов подготовлены почвенные смеси из сырьевых наполнителей: *песок, «Дядюшка гумус», сапропелевые отложения Волго-Ахтубинской поймы, осадочные отложения производственного цикла.*

Первый этап исследований содержал лабораторные исследования почвенных наполнителей по анализируемым элементам: *pH, W %, органическое вещество, NO_3, NH_4, P_2O_5*(Таблица 1); *K, Cd, Co, Cu, Cr, Mn, Ni, P*b, Zn, Fe (Таблица 2).

Таблица 1. Определение агрохимических показателей в почвенных наполнителях

Образец	pH	W %	Гумус, %	NO_3, мг/кг	NH_4, мг/кг	P_2O_5, %
Песок	9,1	0,3	0,12	1,66	0,23	0,01
Дядюшка гумус	9,25	30,6	21,2	95,3	3,1	0,016

Таблица 2. Определение микроэлементов в почвенных наполнителях

Образец	мг/кг										
	K	Ca	Mg	Na	Fe	Co	Cu	Cr	Mn	Ni	Pb
Песок	1133	6101	1428	295,6	1970	5,8	52,0	4,6	88,4	9,6	19,8
Дядюшка гумус	3302	5050	1843	2096	2698	7,4	166,3	18,6	221,1	21,5	35,4

Показатели Cd более существенно выявлены в песке в пределах 1,88 мг/кг, в остальных образцах данный показатель обнаружен в пределах 0,0001 мг/кг. По итогам исследования были рассмотрены агрохимические показатели и выявлены направления последующих изучений. Из почвенных наполнителей были подготовлены образцы почвенного грунта (Таблица 3) с добавлением сапропелевых отложений Волго-Ахтубинской поймы и осадочные отложения производственного цикла.

Таблица 3. Схема опытного исследования

Сырьевые наполнители	Обозначение	Варианты				
		Контроль	1	2	3	4
		A_{100}	$A_{40}B_{30}C_{30}$	$A_{40}B_{50}C_{10}$	$A_{40}B_{30}D_{30}$	$A_{40}B_{50}D_{10}$
Песок карьерный	A	100%	40%	40%	40%	40%
Органическое удобрение «Дядюшка Гумус»	B	-	30%	50%	30%	50%
Сапропелевые отложения Волго-Ахтубинской поймы	C	-	30%	10%	-	-
Осадочные отложения производственного цикла	D	-	-	-	30%	10%

Полученные результаты в исполненном опытном исследовании характеризуются выявленными изменениями по подготовленным образцам. Рассмотрим результаты показателей выживаемости, отраженных на рисунке 1.

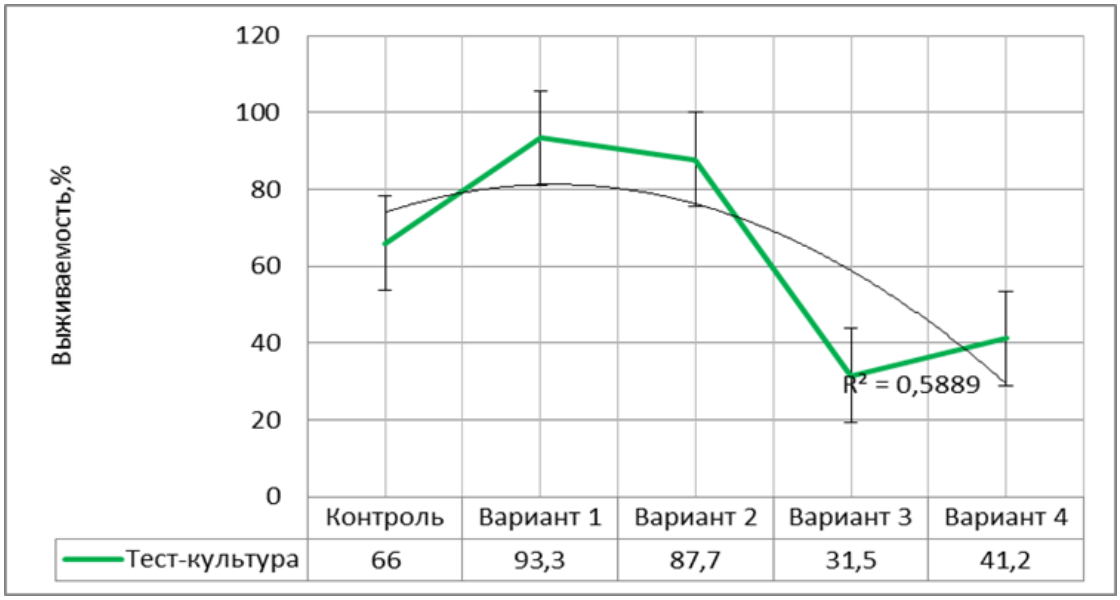


Рис. 1 - График показателей выживаемости тестируемой культуры, %

Полученные результаты в исполненном опытном исследовании характеризуются выявленными изменениями по подготовленным образцам. Рассмотрим по всхожести в межвариантных позициях и в едином просмотре всех вариантов, отраженных на рисунке 2.

Выполненные исследования подтверждают о возможности использования сырьевых компонентов производственного цикла (остаточного цикла) в почвенных смесях для определенных культур сельскохозяйственного назначения при соблюдении соотношения и проведения, необходимых мер по сбалансирования почвенной микробиоты.

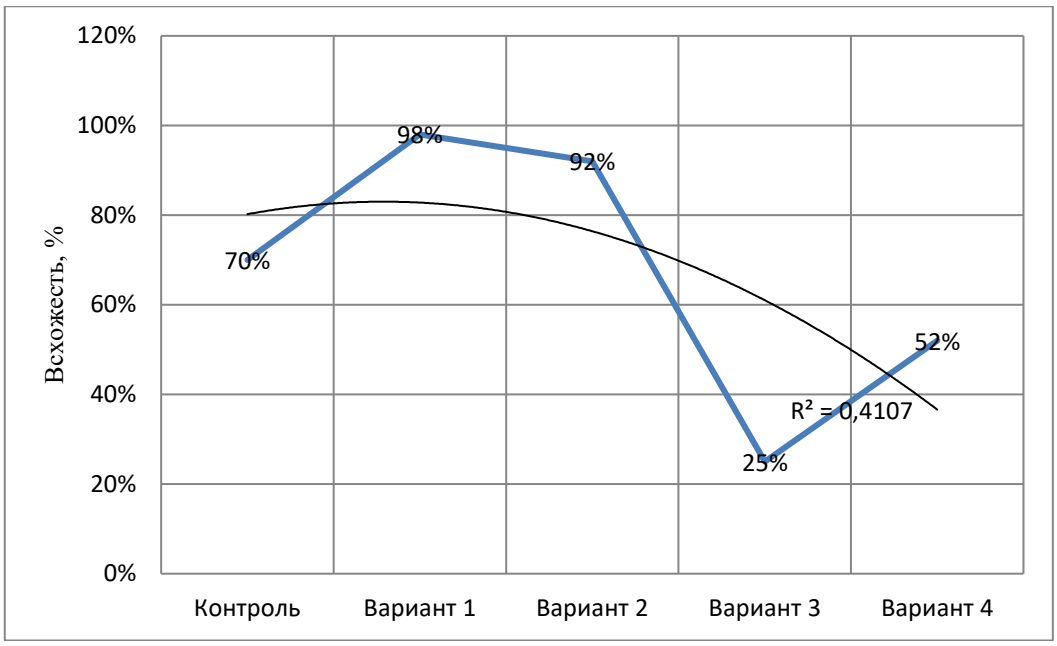


Рис. 2 – Графики всхожести по просматриваемым вариантам

МЕДИАСТРАТЕГИЯ ДЛЯ СТАРТАПОВ В СФЕРЕ БИОЭКОНОМИКИ: КАК ПРИВЛЕЧЬ ВНИМАНИЕ ЖУРНАЛИСТОВ И ИНВЕСТОРОВ

MEDIA STRATEGY FOR BIOECONOMY STARTUPS: HOW TO ATTRACT JOURNALISTS AND INVESTORS

Котская О.П., Муравьева М.В.

Kotskaya O.P., Muravyeva M.V.

Россия, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», olesya.kotskaya@mail.ru

Развитие стартапов в сфере биоэкономики сегодня представляет собой одно из наиболее динамичных и перспективных направлений инновационной экономики. Развитие стартапов в сфере биоэкономики представляет значительный интерес для нефтегазового сектора в контексте долгосрочной стратегии диверсификации и адаптации к глобальному энергетическому переходу. В условиях ужесточения экологического регулирования (в т.ч. углеродного налогообложения) и растущего спроса на низкоуглеродные решения нефтегазовые компании сталкиваются с необходимостью трансформации бизнес-моделей. Стартапы в области биоэкономики предлагают инновационные технологии, потенциально способные: заменить традиционные нефтехимические продукты биоразлагаемыми аналогами (биополимеры, биотопливо второго поколения); обеспечить утилизацию CO_2 через биотехнологические процессы (например, микроводоросли для секвестрации углерода); создать новые цепочки создания стоимости на базе возобновляемого сырья (лигноцеллюлозная биомасса, отходы АПК); снизить углеродный след существующих производственных процессов за счёт внедрения биокатализаторов и микробных технологий.

В рамках темы «Медиастратегия для стартапов в сфере биоэкономики: как привлечь внимание журналистов и инвесторов» проанализированные источники предоставляют ряд значимых аспектов для построения эффективной коммуникации. Работа Мингазовой А.А. [1] закладывает методологическую основу медиастратегии и медиапланирования – хотя исследование ориентировано на аудиторию с ограниченным периодом потребности в продукте, его принципы (сегментация аудитории, выбор каналов коммуникации, расчёт охватов) можно адаптировать для стартапов биоэкономики при работе с журналистами и инвесторами. Титова Е.С. [2] раскрывает управленческие подходы к развитию биоэкономики в контексте технологического суверенитета РФ: понимание стратегических приоритетов отрасли позволяет стартапам формулировать убедительные ключевые сообщения, подчёркивающие вклад проекта в национальные цели и его долгосрочную устойчивость – фактор, критически важный для инвесторов. Лем А.С. [3] демонстрирует связь биоэкономики с перспективными направлениями (в т.ч. синей экономикой и ИИ в Арктике): стартапы могут использовать подобные тематические пересечения для создания резонансных инфоповодов, привлекающих внимание СМИ и профильных инвесторов, заинтересованных в комплексных решениях. Колобов Р.Ю. [4] анализирует зарубежный опыт нормативного регулирования биоэкономики (на примере Франции): знание международных стандартов и практик помогает стартапам выстраивать коммуникацию в глобальном ключе, подчёркивать соответствие проектов передовым требованиям и тем самым повышать доверие медиа и инвесторов. Серегин С.Н., Гасанова Х.Н. и Дудина О.Ю. [5] акцентируют роль стартапов в реализации нацпроекта «Технологическое обеспечение биоэкономики»: прямая привязка проекта к целям национального проекта усиливает его медийную и инвестиционную привлекательность – журналисты охотнее освещают инициативы с государственной поддержкой, а инвесторы видят в них сниженные риски. Наконец, работа Колмакова А.Н. и Серегина С.Н. [6] затрагивает критерии отбора исполнителей в рамках нацпроекта: понимание этих критериев позволяет стартапам адаптировать свои коммуникационные материалы (презентации, пресс-релизы, питчинги) под ожидания инвесторов и регуляторов, делая акцент на показателях, значимых для принятия решений о финансировании и освещении в СМИ. Таким образом, комплексный учёт отраслевого контекста, национальных приоритетов и лучших практик (как российских, так и зарубежных) формирует фундамент для целенаправленной медиастратегии стартапа в сфере биоэкономики.

Инвестиции в такие стартапы позволяют нефтегазовым корпорациям: диверсифицировать портфель активов, снижая зависимость от ископаемого сырья; использовать существующую инфраструктуру (логистику, хранилища, перерабатывающие мощности) для новых биопродуктов; соответствовать ESG-критериям, повышая инвестиционную привлекательность; формировать стратегические партнёрства для ускоренного масштабирования перспективных решений.

Биоэкономика охватывает широкий спектр направлений: от биотехнологий и производства биоматериалов до переработки сельскохозяйственных и промышленных отходов, создания возобновляемых источников энергии, устойчивого сельского хозяйства, производства альтернативных белков и биопластиков. Все эти проекты опираются на принципы устойчивого развития, циклической экономики и снижения углеродного следа. Однако запуск и масштабирование таких инициатив сопряжены с рядом серьёзных вызовов: чрезвычайно высокой научной новизной, значительными инвестиционными рисками, длительными циклами технологической верификации и клинических (или полевых) испытаний, необходимостью получать регуляторные одобрения и, что не менее важно, доказывать обществу реальную экологическую, социальную и экономическую пользу проектов.

В этих условиях эффективная и продуманная медиастратегия перестаёт быть вспомогательным элементом маркетинга — она превращается в один из ключевых драйверов успеха. Хорошо выстроенная коммуникация помогает быстро повысить узнаваемость бренда среди целевых групп, сформировать доверие к самой технологии (которая часто воспринимается как «слишком сложная» или «рискованная»), привлечь внимание ведущих отраслевых журналистов и, главное, заинтересовать инвесторов — от бизнес-ангелов и венчурных фондов до крупных корпораций и государственных институтов развития. Без сильного медийного присутствия даже самая прорывная технология рискует остаться незамеченной в конкурентной среде.

На первом, фундаментальном этапе разработки стратегии крайне важно чётко сегментировать целевые аудитории и для каждой из них сформулировать отдельный набор ключевых сообщений (key messages), адаптированных под их приоритеты и язык восприятия.

Для инвесторов (венчурные фонды, корпоративные венчурные подразделения агрохолдингов и нефтегазовых компаний, фонды ESG-инвестиций, институты развития) акценты сосредоточены на масштабируемость бизнес-модели, объём адресного рынка (TAM/SAM/SOM) и динамика его роста, конкурентные преимущества (патенты, стоимость производства ниже рынка на X %), дорожная карта достижения и ожидаемый ROI через 3–7 лет, команда с доказанным трек-рекордом в биотехнологиях, масштабировании или коммерциализации, соответствие глобальным трендам (ESG, Green Deal, цели ООН по устойчивому развитию, национальные стратегии биоэкономики).

Ключевые сообщения для инвесторов лучше всего упаковывать в формат «инвестиционной истории» — лаконичной, но убедительной презентации: сколько капитала требуется на текущий раунд, на какие этапы пойдут средства, какой рост выручки и прибыли ожидается, как технология вписывается в долгосрочные глобальные и национальные приоритеты.

Среди наиболее эффективных практических инструментов продвижения для биоэкономических стартапов выделяются: пресс-релизы нового поколения — не формальные отчёты, а яркие нарративы с цепляющим заголовком, готовыми цитатами для СМИ, инфографикой и ссылками на видео/фото прототипов. Авторские колонки и экспертные статьи в топовых деловых и научных медиа. Активное участие в ключевых отраслевых мероприятиях, где стартап может не только презентовать питч, но и выступить с научным докладом или организовать демо-зону. Публикация глубоких аналитических материалов — отраслевые обзоры, демонстрирующие экспертизу и лидерство в нише.

Огромную роль играет визуализация данных. Графики сравнения углеродного следа, схемы биотехнологических процессов, 3D-модели биореакторов, инфографика жизненного цикла продукта, фотографии и видео реальных полевых испытаний или работающих прототипов должны быть выполнены в единой спокойной цветовой гамме (преимущественно зелёные, синие, серые и белые тона), соответствовать

принципам научной точности и оставаться понятными даже неспециалистам. Один сильный, чистый график зачастую работает лучше десятка перегруженных слайдов.

В 2025–2026 годах цифровые каналы коммуникации стали абсолютно доминирующими для формирования устойчивого информационного поля вокруг стартапа. Профессиональные сети, тематические Telegram-каналы, отраслевые платформы собственный блог и компании позволяют регулярно доносить новости: промежуточные результаты исследований, видео с работающими установками, live-трансляции с тестовых полей, анонсы патентов, публикации в журналах. Рекомендуемый контент-план на 6–12 месяцев: ~40 % — научные и технологические новости, ~30 % — бизнес-кейсы и рыночные перспективы, ~20 % — команда, ценности и социальная миссия, ~10 % — обзоры трендов и комментарии к отраслевым событиям.

Особенно сильно работает демонстрация реальных достижений: публикация статей в высокорейтинговых журналах, короткие видео с прототипами в действии, открытые дни в лаборатории с профессионалами [7], программы академического [8] и индустриального сотрудничества, пилотные проекты с фермерскими хозяйствами [9, 10] или перерабатывающими предприятиями [11, 12, 13]. Такая открытость и прозрачность постепенно превращает компанию из «ещё одного стартапа» в надёжного технологического партнёра, которому доверяют учёные, бизнес и регуляторы.

Авторами разработан проект: «Медиастратегия для стартапов в сфере биоэкономики: привлечение внимания инвесторов из нефтегазового сектора». Цель проекта — сформировать эффективную медиастратегию, которая позволит стартапам в сфере биоэкономики привлечь внимание и инвестиции от компаний нефтегазового сектора за счёт демонстрации синергии технологий, экономической выгоды и соответствия ESG-повестке.

Целевая аудитория: топ-менеджеры и инвестиционные директора нефтегазовых компаний; руководители подразделений устойчивого развития и ESG; венчурные подразделения крупных нефтегазовых холдингов; отраслевые аналитики и эксперты, влияющие на принятие инвестиционных решений; профильные журналисты деловых и отраслевых СМИ.

Ключевые сообщения строятся вокруг следующих тезисов: биоэкономические решения снижают операционные затраты (переработка отходов, снижение углеродного следа, новые продукты из биосырья); диверсификация бизнеса через переход к биоэкономике снижает зависимость от ископаемого топлива; инвестиции в биотехнологии улучшают ESG-рейтинг компании, что важно для привлечения международных инвесторов и кредитов; многие биотехнологические процессы могут быть интегрированы в действующие производственные цепочки; стартапы в биоэкономике могут претендовать на субсидии и льготы в рамках нацпроектов.

Таблица. Инструменты, каналы и тактика продвижения

Этап реализации	Инструменты	Каналы коммуникации	Тактика
Подготовительный (1–2 месяца)	Анализ целевой аудитории, формирование ключевых сообщений и медиаплана, подготовка контента (кейсы, презентации, пресс-релизы)	Внутренние ресурсы стартапа, базы данных отраслевых экспертов, аналитические отчёты	Сегментация аудитории по критериям влияния и интересов; разработка «дорожной карты» интеграции биотехнологий в инфраструктуру нефтегазовой компании
Запуск коммуникации (3–6 месяцев)	Публикации в СМИ, участие в профильных мероприятиях, прямые контакты с инвесторами	Отраслевые СМИ и деловые издания профессиональные конференции и форумы, прямые рассылки	Акцент в публикациях на экономической эффективности и стратегических преимуществах; персонализированные предложения для инвестиционных подразделений

Активное продвижение (6–12 месяцев)	Вебинары, круглые столы, пресс-релизы, экспертные комментарии, участие в акселераторах	Telegram-каналы по ESG и инновациям, научные журналы, партнёрство с отраслевыми ассоциациями и институтами развития	Организация дискуссий с участием экспертов нефтегазового сектора и биоэкономики; регулярное информирование СМИ о достижениях стартапа; демонстрация успешных кейсов интеграции биотехнологий (например, опыт «Татнефти» в производстве микробного белка)
Оценка результатов (ежеквартально)	Мониторинг охвата и вовлечённости, анализ количества контактов с потенциальными инвесторами, корректировка стратегии	Аналитические инструменты соцсетей, CRM-системы, отчёты по медиаохвату	Сбор и анализ данных по KPI; адаптация медиастратегии под текущие результаты и изменения в отрасли

Ожидаемые результаты: повышение узнаваемости стартапа среди инвесторов нефтегазового сектора; привлечение интереса к проектам со стороны крупных компаний; заключение партнёрских соглашений и получение инвестиций; укрепление репутации стартапа как надёжного игрока в сфере биоэкономики; демонстрация синергии биотехнологий и нефтегазового сектора на уровне отрасли.

Показатели эффективности (KPI): количество публикаций в профильных СМИ; охват целевой аудитории в соцсетях и на мероприятиях; число прямых контактов с представителями нефтегазовых компаний; количество полученных инвестиционных предложений; рост упоминаемости стартапа в контексте ESG и биоэкономики.

В итоге системная медиастратегия в биоэкономике должна строиться на трёх неразделимых столпах: безупречной научной достоверности, максимальной прозрачности бизнес-процессов и проактивном, профессиональном взаимодействии со СМИ, инвестиционным сообществом и ключевыми стейкхолдерами. Только при таком комплексном подходе удаётся преодолеть барьеры недоверия к «сложным» биотехнологиям, быстро выйти на нужную аудиторию и превратить медийное присутствие в мощный инструмент привлечения инвестиций, стратегических партнёров и общественной поддержки.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Мингазова, А. А. Разработка медиастратегии и медиапланирование для целевой аудитории с ограниченным периодом потребности в продукте / А. А. Мингазова // Реклама: теория и практика. — 2021. — № 1. — С. 50–57.
2. Титова, Е. С. Управленческие подходы к обеспечению технологического суверенитета в контексте развития биоэкономики в Российской Федерации / Е. С. Титова // Лидерство и менеджмент. — 2024. — Т. 11, № 1. — С. 211–230.
3. Лем, А. С. Технологическое обеспечение биоэкономики и искусственный интеллект в процессе развития синей экономики в Арктике / А. С. Лем // Актуальные вопросы управления региональными социально-экономическими системами: сборник научных статей 2-й Международной научно-практической конференции, Курск, 2025. — Курск, 2025. — С. 300–303.
4. Колобов, Р. Ю. Развитие биоэкономики в контексте обеспечения технологического суверенитета: опыт французского нормативного регулирования / Р. Ю. Колобов // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). — 2025. — Т. 16, № 4. — С. 748–761.

5. Серегин, С. Н. Место стартапов в реализации нацпроекта «Технологическое обеспечение биоэкономики» — замысел и возможные области применения / С. Н. Серегин, Х. Н. Гасанова, О. Ю. Дудина // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. — 2026. — № 12 (131). — С. 84–91.
6. Колмаков, А. Н. Национальный проект «Технологическое обеспечение биоэкономики» — выбор исполнителей приоритетных направлений / А. Н. Колмаков, С. Н. Серегин // Рыбное хозяйство. — 2025. — № 6. — С. 10–18.
7. Долгушкин Н.К. Кадры - важнейший фактор обеспечения продовольственной безопасности России // Международный сельскохозяйственный журнал. - 2009. - № 4. - С. 53-55.
8. Журналу "Агрохимия" - 60 лет / А. П. Глинушкин, В. Н. Кудеяров // Агрохимия. – 2024. – № 1. – С. 3-11. – DOI 10.31857/S0002188124010016.
9. Здоровье, экологический комфорт и благополучие человека. Часть 1. Инженерно-дизайнерские ресурсы биоиндустрии на пути к безопасной конкуренции с ресурсами природных биоценозов и систем здоровьесбережения / С. В. Сучков, Х. Абэ, Ш. Мерфи [и др.] // Успехи современной биологии. – 2024. – Т. 144, № 3. – С. 291-313. – DOI 10.31857/S0042132424030033
10. Эффективность применения компостированного осадка сточных вод для декоративного озеленения / С. Е. Нефедова, С. М. Севостьянов, Д. В. Демин [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2025. – Т. 39, № 8. – С. 20-25. – DOI 10.53859/02352451_2025_39_8_20.
11. Извлечение ионов тяжелых металлов из водных растворов каркасными сорбентами на основе бензол-1,3,5-трикарбоксилатов (MBTC) и бензол-1,4-дикарбоксилатов (MBDC) различных металлов / А. Г. Муштаков, Е. Б. Маркова, А. В. Курочкин [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. – 2024. – № 5. – С. 33-40. – DOI 10.31857/S2500262724050076.
12. О стратегическом развитии в странах БРИКС принципиально новых биодизайнерских проектов в сфере здоровьесбережения: на стыке биотехнологий, биоиндустрии и биоэкономики в целом / С. В. Сучков, А. Н. Суворов, Т. В. Григорьева [и др.] // Научно-технологическое и инновационное сотрудничество стран БРИКС : Материалы международной научно-практической конференции, Москва, 25–26 октября 2022 года. Том Выпуск 1. – Москва: Институт научной информации по общественным наукам РАН, 2023. – С. 389-390.
13. Оценка влияния различных катализаторов на деструкцию пищевых отходов в процессе их переработки / А. С. Баикин, Е. П. Севостьянова, Е. В. Гришина [и др.] // Агрохимия. – 2023. – № 2. – С. 62-68. – DOI 10.31857/S0002188123020035.

КОРПОРАТИВНАЯ ОТЧЁТНОСТЬ КАК PR-ИНСТРУМЕНТ: ДОСТИЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ В БИОЭКОНОМИКЕ - ЗАМЕНА «ЗЕЛЁНОГО КАМУФЛЯЖА»

CORPORATE REPORTING AS A PR TOOL: ACHIEVEMENTS AND RESULTS IN THE BIOECONOMY — OVERCOMING GREENWASHING

Кудашова[1] Д.П., Муравьева[1] М.В., Глинушкин[2] А.П.

Kudashova[1] D.P., Muravyeva[1] M.V. Glinushkin[2] A.P.

[1]Россия, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К. А. Тимирязева», m.muraveva@rgau-msha.ru

[2]Россия, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт органической химии имени Н.Д. Зелинского (Ленинский просп., 47, Москва)

В современном мире корпоративная отчётность давно перестала быть просто формальным документом для акционеров и регулирующих органов. Сегодня это мощный PR-инструмент, способный формировать репутацию компании, привлекать инвестиции и укреплять доверие стейкхолдеров. Особую актуальность это приобретает в сфере биоэкономики, которая становится одним из драйверов устойчивого развития. Однако высокая планка общественных ожиданий создаёт и большие риски: громкие заявления, не подкреплённые реальными действиями, мгновенно распознаются как «зелёный камуфляж» (гринвошинг). Как же компаниям эффективно коммуницировать свои достижения, оставаясь в рамках этики и научной достоверности? Ответ кроется в изменении подхода к отчётности: от маркетинговых лозунгов — к транспарентности и верифицируемым данным.

Корпоративная отчётность выступает эффективным PR-инструментом для демонстрации достижений в сфере биоэкономики без «зелёного камуфляжа», что подтверждается рядом современных исследований: опираясь на методологическую чёткость, предложенную О. Н. Бучинской [1] (необходимость конкретных количественных показателей — объёмов производства биоматериалов, доли биосырья, сокращения выбросов CO_2 и т.д.), дополняя её правовыми ориентирами Н. П. Ворониной [2] (соответствие нормативным требованиям, раскрытие информации о стадиях реализации проектов), интегрируя аналитический потенциал ESG-отчётности по Голышевой и Пласковой [3] (связь биоэкономических инициатив с ЦУР, динамика показателей), учитывая риски манипулятивной риторики по Кузнецовой с соавторами [4] (детальное описание кейсов, верификация данных, демонстрация реального воздействия на циркулярную экономику), принимая во внимание климатический контекст Матковской [5] (раскрытие ограничений технологий, планы масштабирования, социальные эффекты) и финансовые аспекты Смирновой [6] (критерии отбора проектов, соответствие стандартам ISO, детализация использования средств), компании могут выстроить прозрачную, достоверную и убедительную коммуникацию. Такой комплексный подход позволяет не только избежать обвинений в гринвошинге, но и укрепить репутацию надёжного, инновационного и ответственного игрока на рынке биоэкономики, повысить доверие инвесторов, регуляторов и общественности, а также улучшить доступ к «зелёному» финансированию и участию в государственных программах поддержки устойчивых технологий.

Биоэкономика - это не просто очередной тренд, а инновационный путь развития общества, базирующийся на современных научных достижениях и направленный на устойчивое развитие. Она подразумевает использование возобновляемых биологических ресурсов для производства продуктов питания, энергии и материалов. Для компании, работающей в этой сфере, её деятельность уже сама по себе является вкладом в «зелёную» повестку. Но парадокс в том, что именно здесь находится самая тонкая грань между реальным вкладом и его преувеличением.

Чтобы избежать обвинений в гринвошинге, корпоративная отчётность должна сместить фокус с описания «глобальной миссии» на демонстрацию конкретных принципов управления. Внедрение биоэкономических принципов в управление производственными предприятиями требует серьёзной аналитической работы и опоры на концепции контроллинга и инженерной логистики. Следовательно, и отчётность должна отражать эту сложность:

рассказывать не только о том, какой прекрасный продукт был создан, но и о том, как была выстроена система контроля качества, как оптимизируются цепочки поставок для снижения углеродного следа, как внедряются инновации в производственные циклы.

Главная проблема гринвошинга — пустые фразы. Компании говорят о приверженности устойчивому развитию, но забывают про доказательства. Чтобы избежать этого, отчётность в биоэкономике должна опираться на конкретные индикаторы. Исследователи подчёркивают: корпоративный отчёт сегодня — это стратегический документ. Он обязан содержать не только качественные описания, но и чёткие цифры. Открытость таких данных говорит о готовности компании к диалогу и внешнему аудиту. А это, в свою очередь, укрепляет доверие к её PR-сообщениям куда сильнее, чем любые громкие заявления.

Опираясь на понимание биоэкономики как сложной и ответственной сферы, можно сформулировать несколько правил (Рис. 1) для создания PR-эффективной, но честной отчётности.

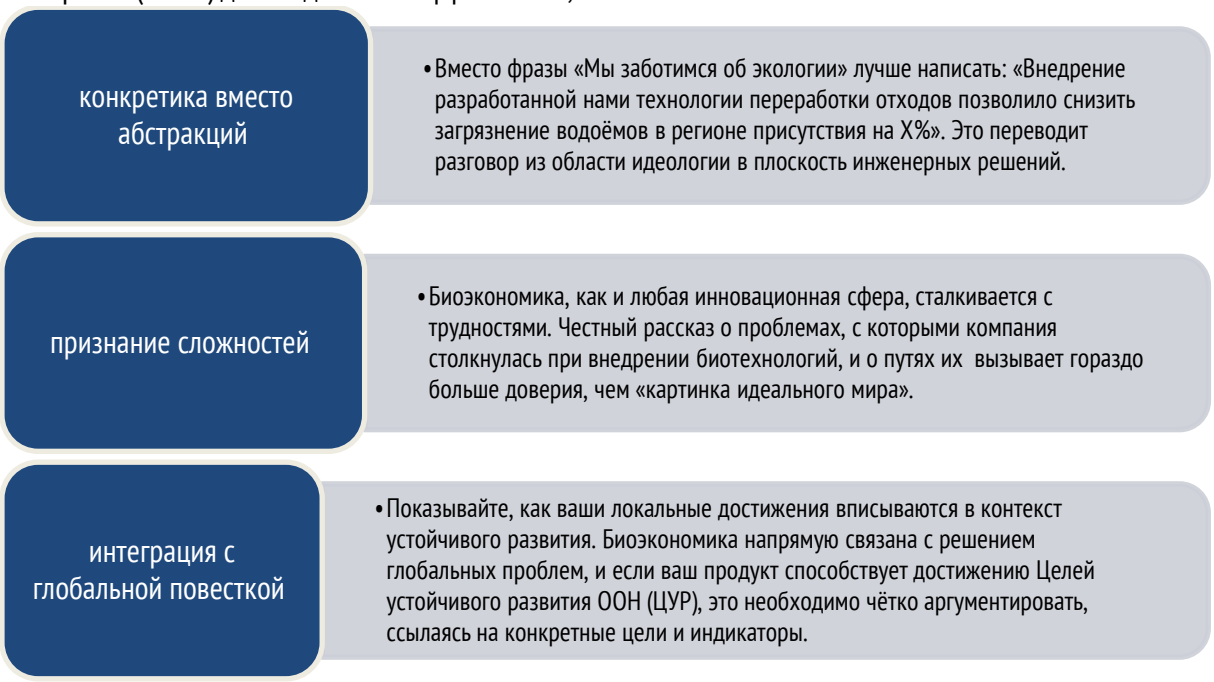


Рис. 1 – Правила создания PR-эффективной и честной отчётности по биоэкономике

Корпоративная отчётность в сфере биоэкономики — это не просто отчёт о прибылях и убытках и не рекламный буклет. Это комплексный документ, демонстрирующий зрелость компании, её способность внедрять научные достижения в реальный сектор и управлять сложными процессами. Чтобы этот инструмент работал на репутацию, а не против неё, необходимо раз и навсегда отказаться от тактики «зелёного камуфляжа». Доверие сегодня завоёвывается прозрачностью, измеримыми результатами и честным диалогом о вкладе бизнеса в устойчивое развитие общества.

Корпоративная отчётность нефтегазовых компаний может выступать мощным PR инструментом для популяризации идей биоэкономики, демонстрации вклада отрасли в устойчивое развитие и формирования позитивного имиджа компании.



Рис. 2 – Виды отчетности по биоэкономике

В отчётности целесообразно выделять следующие блоки (Рис. 3), возможны уникальные специализации в зависимости от ряда факторов деятельности компании.



Рис. 3– Блоки биоэкономической отчетности

Возможность роли отчётности как работающего PR инструмента может базироваться на нескольких позициях:

1. Повышение прозрачности и доверия. Открытое раскрытие данных о проектах в сфере биоэкономики укрепляет доверие стейкхолдеров: инвесторов, регуляторов, общественности. Открытое раскрытие данных о

реализуемых и планируемых проектах в сфере биоэкономики выступает ключевым фактором укрепления доверия со стороны ключевых стейкхолдеров – инвесторов, регуляторов и широкой общественности, – поскольку обеспечивает прозрачность деятельности компании и позволяет верифицировать заявленные экологические и социально-экономические обязательства. Для инвесторов подобная прозрачность снижает информационные асимметрии и инвестиционные риски, позволяя объективно оценить долгосрочную устойчивость бизнес модели компании в контексте глобальных трендов устойчивого развития и декарбонизации, а также потенциал монетизации биоэкономических инноваций (например, производства биотоплива, биоразлагаемых материалов или внедрения биоремедиационных технологий). Регуляторы, в свою очередь, получают возможность убедиться в соблюдении компанией отраслевых стандартов и нормативных требований, включая международные ESG критерии, цели устойчивого развития ООН (ЦУР 12 «Ответственное потребление и производство», ЦУР 13 «Борьба с изменением климата» и др.) и национальные стратегические инициативы в сфере биоэкономики, что может способствовать получению регуляторных преференций или доступа к «зелёному» финансированию. Общественность (включая потребителей, НКО, местные сообщества) через доступ к достоверной информации о биоэкономических проектах формирует обоснованное представление о социальной и экологической ответственности бизнеса: демонстрация конкретных показателей (объёмов переработанных биоотходов, сокращения выбросов, доли биосырья в производстве) и кейсов внедрения технологий (желательно верифицированных по рискам, а не трудно прогнозируемыми рисками, например, использования микроорганизмов для повышения нефтеотдачи с одновременным снижением экологического воздействия) позволяет преодолеть стереотипы о «вредности» нефтегазового сектора и подтвердить его вклад в переход к циркулярной экономике. Таким образом, систематизированное и открытое раскрытие данных не только повышает легитимность деятельности компании, но и создаёт устойчивую платформу для диалога со всеми заинтересованными сторонами, способствуя консолидации усилий в достижении целей устойчивого развития.

2. Демонстрация лидерства в инновациях. Отчёты показывают, что компания не ограничивается традиционной добычей углеводородов, а активно развивает перспективные направления. В рамках концепции корпоративной отчётности как PR инструмента критически важно представлять достижения в сфере биоэкономики без признаков «зелёного камуфляжа» (greenwashing), то есть без преувеличения экологической роли компании и без подмены реальных действий декларативными заявлениями. Демонстрация лидерства в инновациях должна базироваться на объективных, верифицируемых данных и системной интеграции биоэкономической повестки в стратегические документы компании. В отчётности целесообразно акцентировать внимание на конкретных проектах, имеющих измеримый экологический и технологический эффект: например, разработке биотоплива второго поколения, внедрении биокатализаторов для повышения эффективности нефтепереработки, использовании микроорганизмов для биоремедиации загрязнённых территорий или создании биоразлагаемых материалов на основе побочных продуктов нефтехимии. Такой подход позволяет убедительно показать, что компания не ограничивается традиционной добычей углеводородов, а системно развивает перспективные направления биоэкономики: диверсифицирует продуктовый портфель за счёт биоматериалов, внедряет циркулярные модели производства, инвестирует в низкоуглеродные технологии. В результате корпоративная отчётность выполняет двойную функцию: с одной стороны, служит инструментом прозрачного информирования стейкхолдеров о реальном вкладе в устойчивое развитие, с другой – выступает эффективным PR механизмом, укрепляющим репутацию компании как инновационного и ответственного игрока на глобальном энергетическом рынке. Чёткое соответствие между заявленными целями, конкретными действиями и измеримыми результатами минимизирует риски репутационных потерь из-за подозрений в «зелёном камуфляже» и формирует долгосрочное доверие со стороны инвесторов, регуляторов, партнёров и общественности.

3. Привлечение инвестиций. Инвесторы, ориентированные на ESG критерии, охотнее финансируют компании с чёткой стратегией в области биоэкономики. контексте использования корпоративной отчётности в качестве PR инструмента принципиально важно демонстрировать достижения в сфере биоэкономики без

проявлений «зелёного камуфляжа» (greenwashing), поскольку инвесторы, ориентированные на ESG критерии, всё более тщательно оценивают реальную устойчивость и стратегическую направленность компаний. Их готовность финансировать предприятия с чёткой стратегией в области биоэкономики обусловлена необходимостью минимизировать инвестиционные риски в условиях ужесточения регуляторных требований и растущего спроса на низкоуглеродные технологии, а также стремлением обеспечить долгосрочную доходность вложений в соответствии с глобальными трендами устойчивого развития. Такой подход в рамках корпоративной отчётности не только отвечает информационным запросам ESG инвесторов, но и выполняет PR функцию: он наглядно демонстрирует, что компания системно развивает биоэкономические направления как часть долгосрочной стратегии, а не ограничивается декларативными заявлениями. Прозрачность, измеримость и верифицируемость данных позволяют инвесторам объективно оценить потенциал роста, устойчивость бизнес модели и соответствие глобальным экологическим трендам, что повышает инвестиционную привлекательность компании и способствует привлечению капитала для дальнейшего развития биоэкономических инициатив.

4. Формирование позитивного имиджа. Акцент на экологичности и устойчивом развитии улучшает восприятие бренда среди потребителей и молодёжи. В рамках использования корпоративной отчётности как PR инструмента особое значение приобретает грамотное освещение достижений в сфере биоэкономики без элементов «зелёного камуфляжа» (greenwashing), поскольку акцентированное, но достоверное представление информации об экологичности и устойчивом развитии способно существенно улучшить восприятие бренда среди потребителей и молодёжи – социально активных групп, демонстрирующих высокую чувствительность к ESG повестке. Молодёжная аудитория, в частности, характеризуется ценностной ориентацией на экологическую ответственность бизнеса и ожидает от компаний не деклараций, а конкретных измеримых действий по снижению антропогенного воздействия на окружающую среду; потребители всё чаще принимают решения о покупке, руководствуясь принципами устойчивого потребления. Это формирует у потребителей и молодёжи устойчивое восприятие бренда как ответственного, инновационного и ориентированного на долгосрочное благополучие планеты, что в свою очередь повышает лояльность аудитории, расширяет рыночную долю за счёт экологически сознательных покупателей и способствует привлечению молодых талантов, готовых работать в компаниях с сильной ESG культурой. Чёткое соответствие между заявленными целями, конкретными действиями и измеримыми результатами минимизирует риски репутационных потерь и укрепляет позиции компании как лидера в области устойчивого развития.

5. Образовательная функция. Отчёты могут содержать инфографику, кейсы, интервью с учёными – это делает сложные темы биоэкономики доступными для широкой аудитории. В рамках использования корпоративной отчётности как PR инструмента для демонстрации достижений в сфере биоэкономики без проявлений «зелёного камуфляжа» (greenwashing) принципиально важно сочетать количественные данные с наглядными и нарративными элементами: инфографикой, тематическими кейсами и интервью с учёными. Инфографика обеспечивает визуализацию ключевых показателей – таких как сокращение выбросов $ CO_2 $ (в тоннах эквивалента $ CO_2 $), доля биосырья в производстве, объёмы переработанных биоотходов или динамика инвестиций в НИОКР, – упрощая восприятие сложных взаимосвязей между технологическими решениями и их экологическим эффектом. Тематические кейсы позволяют проиллюстрировать практическую реализацию биоэкономических проектов (создание биоразлагаемых материалов, производство биотоплива, биоремедиацию) с указанием постановки задачи в контексте целей устойчивого развития (например, ЦУР 12 «Ответственное потребление и производство» или ЦУР 13 «Борьба с изменением климата»), этапов внедрения, количественных результатов и социального воздействия. Интервью с учёными и специалистами компании повышают доверие к информации за счёт экспертного подтверждения, раскрывают научный контекст инноваций и транслируют их значимость доступным языком. Такой комплексный подход не только минимизирует риски обвинений в greenwashing за счёт прозрачности и верифицируемости данных (через ссылки на стандарты ISO, результаты независимого аудита и методики расчёта), но и адаптирует сложную тематику биоэкономики для широкой аудитории – потребителей, инвесторов, молодёжи и регуляторов, – укрепляя репутацию компании как

ответственного и инновационного субъекта, вносящего реальный вклад в устойчивое развитие, и повышая лояльность ключевых стейкхолдеров.

6. Продвижение через медиа и соцсети. Ключевые тезисы из отчётности используются для пресс -релизов, постов, вебинаров, что расширяет охват аудитории. В рамках использования корпоративной отчётности как PR-инструмента для освещения достижений в сфере биоэкономики без проявлений «зелёного камуфляжа» (greenwashing) особое значение приобретает стратегическое продвижение ключевых тезисов через медиа и социальные сети: систематическая трансформация структурированных данных отчётности в форматы пресс-релизов, тематических постов, инфографик для соцсетей, образовательных вебинаров и онлайн-публикаций позволяет существенно расширить охват аудитории и обеспечить адресное донесение информации до различных групп стейкхолдеров. При этом критически важно сохранять преемственность и достоверность сообщения: тезисы для внешних коммуникаций должны напрямую опираться на верифицируемые данные отчётности — количественные показатели снижения экологического воздействия (например, сокращение выбросов $ CO_2 в тоннах эквивалента $ CO_2 , доля биосырья в производственной цепочке, объёмы переработанных биоотходов), описание реализованных проектов с указанием стадий внедрения и достигнутых результатов, подтверждение соответствия международным стандартам (включая цели устойчивого развития ООН, стандарты ISO) и наличие независимой верификации. Для повышения вовлечённости аудитории целесообразно использовать мультимедийные форматы: короткие видео о работе биотехнологических лабораторий, интерактивные инфографики динамики инвестиций в НИОКР по биоэкономике, серии постов с разбором конкретных кейсов (производство биотоплива, создание биоразлагаемых материалов, биоремедиация загрязнённых территорий), а также организовывать экспертные вебинары с участием учёных и инженеров компании, где раскрываются научно-технические аспекты инноваций и их вклад в устойчивое развитие. Такой подход не только обеспечивает прозрачность и подотчётность, минимизируя риски обвинений в greenwashing, но и позволяет адаптировать сложную тематику биоэкономики к восприятию широкой аудитории — от экологически ориентированных потребителей и молодёжи до инвесторов и регуляторов, — укрепляя репутацию компании как ответственного и инновационного игрока, чьи достижения в сфере биоэкономики имеют измеримый и документированный характер, а коммуникация строится на принципах достоверности, системности и открытости к диалогу.

7. Взаимодействие с регуляторами. Демонстрация прогресса в биоэкономике помогает компаниям участвовать в государственных программах поддержки зелёных технологий. принципиально значимым аспектом выступает целенаправленное взаимодействие с регуляторами: систематичное и прозрачное раскрытие данных о прогрессе в области биоэкономических инициатив позволяет компаниям не только подтвердить соответствие нормативным требованиям, но и получить доступ к государственным программам поддержки зелёных технологий. Для достижения этой цели корпоративная отчётность должна содержать верифицируемые показатели и структурированную информацию, включающую: количественные результаты внедрения биотехнологий (например, объёмы производства биотоплива, доля биосырья в производственных процессах, сокращение выбросов CO_2 в тоннах эквивалента CO_2 , объёмы переработанных биоотходов), описание реализованных проектов с указанием их стадии (от пилотных испытаний до полномасштабного внедрения), данные об инвестициях в НИОКР по биоэкономике, а также подтверждение соответствия национальным стратегиям устойчивого развития и международным стандартам (включая цели устойчивого развития ООН, стандарты ISO, требования экологических регламентов).Ключевым элементом убедительности выступает независимая верификация данных — проведение экологического аудита, получение сертификатов соответствия, привлечение профильных экспертных организаций для оценки достигнутых результатов. Кроме того, в отчётности целесообразно отражать вклад компании в достижение государственных целевых индикаторов (например, в рамках национальных проектов по снижению углеродного следа или развитию циркулярной экономики), а также описывать механизмы интеграции регуляторных требований в корпоративную стратегию.

Такой подход к формированию отчётности выполняет двойную функцию: с одной стороны, он служит инструментом прозрачности и подотчётности, минимизируя риски обвинений в greenwashing за счёт опоры на

объективные, измеримые и подтверждённые данные; с другой — выступает эффективным PR-механизмом, демонстрирующим регуляторам реальную вовлечённость компании в развитие биоэкономики и её готовность следовать принципам устойчивого развития. В результате организация получает возможность участвовать в программах грантовой поддержки, льготного финансирования и налоговых преференций для зелёных проектов, укреплять партнёрские связи с государственными институтами и формировать репутацию надёжного и инновационного участника рынка, чьи биоэкономические инициативы имеют не только коммерческий, но и общественно значимый эффект.

Примеры становления нефтяного бизнеса на Территории Российской Федерации в 90-х годах, часто опирался на общие принципы Социальной ответственности бизнеса по двум позициям [7] (с внутренней и внешней стороны). Наглядно на 2026 год по Каспию лучшая практика могла развиваться шире [8], но, например, компания Лукойл поменяла главного «архитектора и топ менеджмент», ранее эффективные практики отстают от реального состояния и могут «потеряться в не оригинальных решениях» на перспективу:

- стабильность заработной платы; - медицинское и социальное страхование сотрудников; - предоставление программ повышения квалификации; - оказание помощи работникам при критических ситуациях и др. По внешней стороне список был чаще всего еще меньше, например, содержал такие позиции: - спонсорство; - корпоративная благотворительность; - взаимодействие с местными компаниями; - взаимодействие с местными органами власти; - ответственность перед клиентами и др.

В 2026 году с учетом изменений нефтяного рынка в марте 2026 года, вероятно Корпоративная отчётность больше станет соответствовать PR-инструменту, показывая - экологичность, реалистичность и углубленное расширение проводимое компаниями в России и Мировой практике. Может быть и стагнация [9], как например с заделами наиболее эффективного министра Химической промышленности Л.А. Костандова [10], в современном уровне химпроизводства [9, 11]. Есть несколько направлений которые возможны для внимательного рассмотрения компаниями в базовых и оперативных принципах формирования отчетности:

1) разработка платформы отчетности и визуализация важнейших показателей с допустимыми интервалами концепции. Платформа отчетности – это ключевой инструмент определения основных характеристик Корпоративной эффективности и компании в существенных долях (особенно касаемо котировок после IPO) и стабильности преимуществ, которые позволяют выделить умение высшего и среднего менеджерского персонала из числа близких по различным показателям компаний. Процесс разработки платформы отчетности Компании возможно включит в себя ряд параметров: - скорость и актуализация по сбору и анализу материалов, существенно влияющих на показатели отчетности компании; уровни интервью со стейкхолдерами; эффективность проведения соцопросов быстрота разработки-продвижения-эталонизации бренд-икон – ассоциативных карт для акционеров, сотрудников, потребителей «Компании», жителей, и более отдаленных внешних аудиторий и другие этапы.

2) Фундаментальная разработка нормативных актов разработка визуального перехода (обновления) набора компонентов и правил (Design System), используемых в своде документов и в коде, транслируемом Компанией (например, на базе Figma + CSS/React). После определения и утверждения концепции изменений или коррекции, запускаются соответствующие эволюционные процессы внутри компании, частично (согласно необходимости PR и доли коммерчески осмысленной открытости цифрового паспорта бренда, составляется бриф, разработка визуальной айдентики уровней накаченности и направлений компании. Эволюционируется и структурируется информация о визуальных идентификаторах, а также о правилах их применения.

3) важнейший этап формирования Корпоративной отчетности для эффективного продвижения PR инструментами, необходимый для включения в динамику изменений на 3-5 уровнях адресатов (владельцы, акционеры, управляющие менеджеры, среднего звена менеджеры, потребители, жильцы территорий активов компании, и т.п.) может включать такой ассортимент действий: синхронизация, перестройка или адаптация с шаблонами в Figma/Adobe (аналогично CMS, CRM, дизайн платформы) с валидацией по бренд стандартам Компании. Имеющий разнонаправленные тренды по биоэкономической линии энергоэффективные решения отдельных стран на наш взгляд применительно к Компаниям с юрисдикцией в России могут применять подходы

алгоритмированного ведения. Сохраняя экологический тренд, накопленные традиции и заделы, определенного уровня тренд. Ключевые нюансы для алгоритмированного контекста составят подобные позиции: - интеграция с системами (видимости бизнеса брендбук, его снипет-тизер часто становятся не просто документами, а данными для автоматизации (например, бренд правила в JSON для валидации дизайна, тизеры в A/B тестах рекламных кампаний); - динамичность и лаконичность показателей биоэкономики в кратком тизер варианте могут генерироваться алгоритмами на основе Big Data (персонализированные анонсы); - метрики отражающие эффективность биоэкономических параметров как ролей или долей влияния на IPO, через форму тизеров посредством KPI в real time (CTR, вовлечённость), дополнительно для руководства уровень синхронизации и соблюдение брендбука — через автоматизированный аудит визуальных активов.

Эффективность работы достигаемых показателей биоэкономики и широта их декларации выступит своеобразным сцементирующим эффектом при быстроте отражения и охвату форм подачи информации. Она может базироваться на следующих позициях синхронизирующихся с погруженностью адресата:

- пре кампейн-триггер (описывает тизер как элемент автоматизированной маркетинговой кампании, запускающий цепочку коммуникаций (email, push, соцсети);

- интригующий триггерный контент (связывает тизер с триггерными рассылками (triggered messages), где контент генерируется алгоритмами на основе поведения пользователя);

- предварительный микро анонс (подчёркивает краткость и целевую направленность тизера в рамках автоматизированных воронк (например, в чат ботах или таргетированной рекламе);

- алгоритмический «зацеп» (отражает использование тизеров в рекомендательных системах и лентах соцсетей, где они «цепляют» внимание алгоритмически отобранной аудитории);

- промо snippet (технический термин («snippet» — фрагмент кода/текста), подходящий для тизеров в digital рекламе (например, превью в Google Ads или соцсетях);

- интригующий контент блок (описывает тизер как модульный элемент в CMS или email шаблонах, который можно динамически подставлять в зависимости от сегмента аудитории);

- предварительная вирусная затравка (акцентирует роль тизера в алгоритмических механизмах распространения контента (виральность, sharing в соцсетях через API).

Корпоративная отчётность нефтегазовых компаний — это не просто формальная обязанность, а стратегический PR ресурс для продвижения идей биоэкономики. Грамотно структурированные и визуализированные данные позволяют показать вклад отрасли в устойчивое развитие планеты; структурированно разложить уровни рисков, а не полагаться на стереотипы о «вредности» нефтегазового сектора; привлечь инвестиции и таланты в перспективные биотехнологические проекты обеспечив лидерство например, как, в таблице [11] на примере «Эфиопии» совершенно не охватывающей площади для биотехнологической деятельности [11, 12, 13]; укрепить репутацию компании как инновационного [14, 15] и ответственного игрока.

Качественная интеграция биоэкономической повестки в корпоративную отчётность перспективна для нефтегазовых компаний, позволит задавать пример оригинальности и соответствовать глобальным трендам, формировать будущее энергетики и промышленности на принципах устойчивого развития.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Бучинская, О. Н. Гринвошинг в «зелёных» финансах и меры его предотвращения // Экономика и управление. — 2024. — Т. 30, № 6. — С. 647–655.
2. Воронина, Н. П. Гринвошинг как угроза устойчивому развитию: правовой ответ // Журнал прикладных исследований. — 2024. — № 9. — С. 124–135.
3. Голышева, М. В. ESG отчётность как эффективный инструмент анализа устойчивого развития компании / М. В. Голышева, Н. С. Пласкова // Финансовый менеджмент. — 2024. — № 4. — С. 226–232. — EDN JPLCYE. — URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=67969067 (дата обращения: 25.02.2026).

4. Кузнецова, Д. С. Обратная сторона гринвошинга: как экологическая реклама влияет на круговое потребление / Д. С. Кузнецова, А. А. Козлова, Н. А. Соколова // Экономика и управление: сборник научных трудов. — Санкт-Петербург, 2024. — С. 110–116.
5. Матковская, Я. С. Глобальное изменение климата и проблема гринвошинга // Большая Евразия: развитие, безопасность, сотрудничество: ежегодник: материалы VI Международной научно-практической конференции. — Москва, 2024. — С. 569–572.
6. Смирнова, М. М. «Зелёные» кредиты и гринвошинг // Актуальные вопросы права в банковской сфере: материалы Международного правового банковского форума (Самара, 23–24 сентября 2021 года). — Самара: Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королёва, 2022. — С. 357–362. — URL: http://repo.ssau.ru/handle/AKTUALNYE-VOPROSY-PRAVA-V-BANKOVSKOI-SFERE-2324-sent-2021-g/«Zelenye»-kredity-i-grinvoshing-98569 (дата обращения: 25.02.2026).
7. Черепанова К. М. Анализ вклада корпоративной социальной ответственности бизнеса в формирование бренда северной территории: магистерская диссертация: дис. – б. и., 2023. (https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/128399/1/m_th_k.m.cherepanova_2023.pdf, доступ 05.03.2026)
8. Здоровье почв и вод регионов Каспия / А. П. Глинушкин, В. А. Захаренко, С. В. Сучков [и др.] // Экосистема Каспия: ключевые проблемы и решения : материалы международной научно-практической конференции, Москва, 27 июня 2025 года. – Москва: Издательский дом "УМЦ", 2025. – С. 68-73.
9. Химизация земледелия - 50 лет развития на примере России / А. П. Глинушкин, Е. В. Степанова, М. В. Загоруйко [и др.] // Гуманитарный научный журнал. – 2025. – № 10-1. – С. 84-90. – DOI 10.24412/2078-9661-2025-10-1-6.
10. НИИТЭХИМ. Л. А. Костандов: «Какова химия — такова и жизнь» [Электронный ресурс] // Вестник химической промышленности. 2020. URL: https://vestkhimprom.ru/posts/l-a-kostandov-kakova-khimiya-takova-i-zhizn (дата обращения: 04.03.2026).
11. Мировое производство хмеля и подходы к планированию технологии применения пестицидов в хмельниках / Е. В. Степанова, Ю. И. Мешков, И. А. Иваночкин [и др.] // Агрофорсайт. – 2025. – № 3(58). – С. 91-122.
12. Долгушкин Н.К. Кадры - важнейший фактор обеспечения продовольственной безопасности России // Международный сельскохозяйственный журнал. - 2009. - № 4. - С. 53-55.
13. Лачуга Ю.Ф. Аграрная наука - основа сельскохозяйственного производства // Проблемы механизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства. - 2017. - № 11. - С. 7-9.
14. Здоровье, экологический комфорт и благополучие человека. Ч. 1. Инженерно-дизайнерские ресурсы биоиндустрии на пути к безопасной конкуренции с ресурсами природных биоценозов и систем здоровьесбережения /Сучков С.В., Абэ Х., Мёрфи Ш. [и др.] // Успехи современной биологии. - 2024. - Т. 144, № 3. - С. 291-313.
15. Курмашева Г.Р., Атаманова О.В., Тихомирова Е.И. Очистка воды от ионов калия с помощью модифицированного глицерином бентонита // Экология промышленного производства. - 2025. - № 1 (129). - С. 16-21.

ПРИМЕНЕНИЕ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ ПОЧВАХ, ВЕГЕТАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

APPLICATION OF ORGANOSILICON MATERIALS TO OIL-CONTAMINATED SOILS: VEGETATION STUDY

Матыченков В.В., Бочарникова Е.А.

Matichenkov V.V., Bocharnikova E.A.

Россия, ФИЦ «Пущинский научный центр биологических исследований РАН» - обособленное подразделение Институт фундаментальных проблем биологии РАН, e-mail: vvmatichenkov@yandex.ru

Загрязнение почв сырой нефтью и нефтепродуктами приобрело глобальный характер в связи с интенсивным освоением новых месторождений и ростом объемов добычи и переработки углеводородного сырья (Bekuzarova et al., 2017). Увеличение мирового потребления нефтепродуктов ведет к существенному росту загрязнения окружающей среды такими поллютантами, как дизельное топливо, отработанные моторные масла и авиационный керосин (Nwaogu et al., 2008). Выбор стратегии восстановления нефтезагрязненных земель определяется уровнем их деградации. При содержании нефтяных углеводододов (НУВ) свыше 3% на начальном этапе рекультивации рекомендуется механическое удаление нефти и нефтепродуктов из почвы (Ступин, 2023). Почвы с концентрацией загрязнителя от 0,3 до 3% классифицируются как загрязненные и требуют реализации специализированных мероприятий по очистке. К настоящему времени разработаны различные подходы к рекультивации, включающие внесение торфа, минеральных и органических удобрений, микробных препаратов, химических агентов, а также фиторемедиацию (Dindar et al., 2015; Oyewole et al., 2020).

Способность микроорганизмов трансформировать и минерализовать природные органические соединения лежит в основе методов биоремедиации нефтезагрязненных территорий непосредственно на месте их расположения (Nwaogu et al., 2008). Однако токсическое действие НУВ подавляет активность микробного сообщества, что зачастую ограничивает эффективность биологических методов очистки (Подколзин и др., 2022). В связи с этим повышение устойчивости аборигенных микроорганизмов к такому стресс-фактору, как НУВ позволяет активизировать процессы естественной (природной) очистки загрязненных почв.

В последние годы накоплен обширный экспериментальный материал, демонстрирующий полифункциональную роль кремнийсодержащих соединений в почвенных процессах. Установлено, что кремниевые удобрения и мелиоранты модифицируют физико-химические свойства почв: повышают адсорбционную способность и влагоемкость, оптимизируют питательный режим (увеличивая подвижность P, K, Fe, Zn), а также способствуют детоксикации органических и неорганических загрязнителей и агрегации почвенных частиц (Liang et al., 2015; Khan et al., 2020; Matichenkov et al., 2020). Помимо прямого влияния на почву, кремний стимулирует развитие почвенных микробных сообществ и повышает их резистентность в условиях абиотических стрессов (Rajput et al., 2021; Verma et al., 2022).

Установлено, что внесение органического вещества (гуматов, торфа, переработанных органических отходов) также стимулирует микробиологическую активность и повышает плодородие почв (Kulikova, Perminova, 2021). В связи с этим можно предположить, что совместное применение активных форм кремния и органических компонентов будет оказывать синергетическое влияние на процессы восстановления почв, загрязненных НУВ.

Целью настоящего исследования было определение влияния кремнийорганического мелиоранта на содержание НУВ и ферментативную активность почвы, загрязненной дизельным топливом и отработанным моторным маслом.

Материалы и методы

Вегетационный эксперимент проводили на серой лесной почве (pH= 7,2; общее содержание углерода 24,7 г/кг, общее содержание азота 3,08 г/кг, общее содержание фосфора 0,91 г/кг, общее содержание калия 22,3 г/кг) в Институте фундаментальных проблем биологии Российской академии наук. В качестве исследуемых веществ использовали кремнийсодержащий продукт аморфный диоксид кремния (SiO_2) (Аэросил А-300) (ООО "Силика",

Россия) - химически чистое вещество, содержащее 99,8% SiO_2) и раствор гуминовых кислот (жидкий гуминовый концентрат, NaturAgro EcoGrow (ООО РусЭко Органикс, Россия), содержащий 27,8% С, pH=4,5, содержание калия 1,5%. Для симуляции загрязнения почвы НУВ 30 мл смеси дизельного топлива и отработанного моторного масла (1:1) добавляли к 1 кг почвы с последующим перемешиванием.

Схема эксперимента была следующей: 1) контроль; 2) загрязнение углеводородами; 3) загрязнение углеводородами + кремниевый препарат (Si) 500 кг/га; 4) загрязнение углеводородами + гуминовый препарат (КГ) 500 кг/га; 5) загрязнение углеводородами + кремниевый препарат+гуминовый препарат в дозах по 250 кг/га; 6) загрязнение углеводородами + кремниевый препарат+гуминовый препарат в дозах по 500 кг/га.

В условиях теплицы семена ячменя (*Hordeum vulgare* L. cv Elf) высаживали на глубину 2-3 см по 10 семян на горшок. Перед посевом семена замачивали в дистиллированной воде на 24 часа. Температуру воздуха в вегетационном эксперименте поддерживали на уровне 20± 2^0 С в дневное время и 12 ± 2^0 С в ночное время. Световой период составлял 12 часов; интенсивность света составляла 130 мкмоль фотонов $м^{-2}$ $с^{-1}$. Относительная влажность воздуха была 45 ± 5% днем и 70 ±5% ночью.

Содержание НУВ анализировали в гексановых экстрактах, экстракцию проводили с помощью системы Soxtec ST 255 (FOSS). В колбу Soxtec помещали по 10 г почвы и приливали 100 мл гексана (C_6H_{14}). Температура экстракции составляла +70^o С, время – 1 час. Вес ячменя измеряли через 4 недели после посева. В конце эксперимента в почве оценивали уровень микробиологической активности по активности каталазы с использованием методики Хазиева (1976).

Полученные данные анализировали с использованием теста Дункана при 5% уровне значимости. Для всех полученных результатов была рассчитана наименьшая существенная разница при 95% уровне вероятности ($НСР_{05}$).

Результаты и обсуждение

В тепличном эксперименте в почве, не обработанной кремнийсодержащими веществами, в течение 4 недель содержание НУВ уменьшилось незначительно, с 3,2 до 2,8% (табл. 1). Внесение кремнийсодержащих веществ или гумата обеспечило значительное уменьшение содержания НУВ в почве. Максимальный эффект – снижение НУВ до 0,3% - наблюдался при совместном внесении SiO_2 и концентрированного гумата в суммарной дозе 1 т/га.

Таблица 1. Влияние кремнийсодержащего и гуминового препаратов на содержание НУВ в почве, вегетационный эксперимент

Вариант	Углеводороды, %			
	1 неделя	2 недели	3 недели	4 недели
Контроль	0,2	0,2	0,2	0,1
Углеводородное загрязнение (УЗ)	3,2	3,1	2,7	2,8
УЗ+Si 500 кг/га	3,0	2,8	2,6	1,9
УЗ+ КГ 500 кг/га	3,0	2,9	2,8	2,5
УЗ+ Si 250 кг/га +КГ 250 кг/га	2,8	2,5	1,2	0,6
УЗ+ Si 500 кг/га +КГ 500 кг/га	2,6	2,0	1,0	0,3
$НСР_{05}$	0,2	0,2	0,2	0,2

Нефтепродукты оказали выраженное токсическое воздействие на растения ячменя. В контрольном варианте все растения погибли (Таблица 2). Внесение кремнийсодержащих препаратов и гумата способствовало снижению фитотоксичности загрязнителя, что обеспечило прирост биомассы ячменя. Наибольший (синергетический) эффект наблюдался при совместном внесении SiO_2 и концентрированного гумата.

При оценке активности каталазы также установлено, что загрязнение почвы привело к резкому снижению микробной активности. Внесение как кремниевого препарата, так и концентрированного гумата (в особенности

их комбинация) оказало положительное влияние на микробиологическую активность почвы. Это, предположительно, способствовало снижению содержания нефтепродуктов (НУВ) в загрязненной почве.

Таблица 2. Влияние НУВ, кремнийсодержащего и гуминового препаратов на надземную и подземную биомассу ячменя и активность каталазы

Вариант	Сухой вес ячменя		Активность каталазы мкмоль H_2O_2/г/мин
	Корни	Надземная часть	
	г/на 10 растений		
Контроль	0,45	0,48	10,5
Углеводородное загрязнение (УЗ)	0	0	0,12
УЗ+Si 500 кг/га	0,12	0,18	2,6
УЗ+ КГ 500 кг/га	0,05	0,10	1,2
УЗ+ Si 250 кг/га +КГ 250 кг/га	0,25	0,29	8,9
УЗ+ Si 500 кг/га +КГ 500 кг/га	0,39	0,42	9,12
$НСР_{05}$	0,02	0,03	0,10

Полученные данные свидетельствуют о положительном влиянии кремнийсодержащих веществ на загрязненную нефтепродуктами почву и ускорении разложения НУВ.

К основным механизмам Si-опосредованной детоксикации почв, загрязненных нефтепродуктами, относятся: (а) изменение физических свойств почвы; (б) иммобилизация (капсулирование) молекул углеводородов полимерными формами кремниевой кислоты; (в) повышение гидрофильности почвенных частиц под действием монокремниевой кислоты; (г) стимуляция микробиологической активности почвы.

Отдельного внимания заслуживает низкая стоимость и доступность в больших объёмах ряда материалов с высоким содержанием активных форм кремния, включая промышленные отходы. При условии положительного заключения экологической экспертизы в отношении содержания неорганических загрязнителей такие отходы могут быть рекомендованы для рекультивации загрязненных территорий.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по Соглашению № 075-15-2025-578 от 27 июня 2025 года

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

Подколзин, П. Л. Перспективные биологические методы очистки нефтезагрязненных почв / П. Л. Подколзин, Д. Е. Гладилин, Г. П. Тимофеев, В. В. Юшин // Отходы и ресурсы. – 2022. – № 9(4).

Ступин, Д. Ю. Загрязнение почв и технологии их восстановления. Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 432 с.

Хазиев, Х. Ф. Ферментативная активность почв. Методические указания. Москва: Наука, –1976. –180 с.

Bekuzarova, S. A. Bioremediation of oil-contaminated soils / S. A. Bekuzarova, L. I. Weisfeld, E. N. Alexandrov // Heavy Metals and Other Pollutants in the Environment. – Apple Academic Press, 2017. – P. 129-143.

Dindar, E. Variations of soil enzyme activities in petroleum-hydrocarbon contaminated soil / E. Dindar, F.O.T. Şağban, H.S. Başkaya // International J. Biodeterioration and Biodegradation. – 2015. – Vol. 105. – P. 268-275.

Khan, Z. S. Effects of silicon nanoparticles on growth and physiology of wheat in cadmium contaminated soil under different soil moisture levels / Z. S. Khan, M. Rizwan, M. Hafeez, S. Ali, M. Adrees, M. F. Qayyum, ... M. A. Sarwar //Environmental Science and Pollution Research. – 2020. – Vol. 27. – P. 4958-4968.

Kulikova, N. A. Interactions between humic substances and microorganisms and their implications for nature-like bioremediation technologies / N. A. Kulikova, I. V. Perminova // Molecules. – 2021. – Vol. 26(9). – P. 2706.

Liang, Y. Silicon-mediated tolerance to salt stress / Y. Liang, M. Nikolic, R. Bélanger, H. Gong, A. Song // Silicon in Agriculture. – Springer, 2015. – P. 123-142.

Matichenkov, V. Reduction in nutrient leaching from sandy soils by Si-rich materials: Laboratory, greenhouse and filed studies / V. Matichenkov, E. Bocharnikova, J. Campbell // Soil and Tillage Research. – 2020. – Vol. 196. – P. 104450.

Nwaogu, L. A. Degradation of diesel oil in a polluted soil using Bacillus subtilis / L. A. Nwaogu, G. O. C. Onyeze, R. N. Nwabueze // African J. Biotechnology. – 2008. – Vol. 7. – N 12. – P. 1939.

Oyewole, O. A. Isolation of bacteria from diesel contaminated soil for diesel remediation / O. A. Oyewole, S. L. T. Zobeashia, O. E. Oladoja, I. O. Musa, I. T. Terhemba // J. Bio-Science. – 2020. – Vol. 28. – P. 33-41.

Rajput, V. D. Effects of silicon and silicon-based nanoparticles on rhizosphere microbiome, plant stress and growth / V. D. Rajput, T. Minkina, M. Feizi, A. Kumari, M. Khan, S. Mandzhieva, ... R. Choudhary // Biology. – 2021. – Vol. 10. – N 8. – P. 791.

Verma, K. K. Silicon and soil microorganisms improve rhizospheric soil health with bacterial community, plant growth, performance and yield / K. K. Verma, X. P. Song, D. M. Li, M. Singh, J. M., Wu, R. K. Singh, ... Y. R. Li // Plant Signaling and Behavior. – 2022. – Vol. 17(1). – 2104004.

СОВЕТСКИЙ ОПЫТ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ: ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

SOVIET EXPERIENCE IN SOLVING ENVIRONMENTAL PROBLEMS: POTENTIAL APPLICATIONS IN THE RUSSIAN FEDERATION

Машинцова Д.С.
Mashintsova D.S.
Российская Федерация, Бюджетное учреждение высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный педагогический университет», dashihina@inbox.ru

Благодарности: Работа выполнена при поддержке Фонда научно-технологического развития Югры. Проект № 2024-503-08 Экологическое планирование и практики гармонизации экономических и экологических интересов общества и государства при освоении территорий с холодным климатом (XX-XXI вв.).

Экологический кризис – одна из наиболее серьезных проблем современного мира. С его проявлениями сталкивается и Российская Федерация. Для решения задач, продиктованных экологическими проблемами, имеет смысл проанализировать положительный советский опыт в области охраны окружающей среды. Именно в советский период произошло формирование целостной и нормативно-методической системы природоохранной деятельности, проводились комплексные научные исследования в области экологии, внедрялись технологии, направленные на сбережение окружающей среды.

Среди исследователей советского периода, внесших значительный вклад в развитие экологии и экологической политики, стоит отметить исследования Н.Н. Моисеева, В.И. Данилова-Данильяна и других. Так, Н.Н. Моисеев разрабатывал методологии математического моделирования в экономике и экологии с целью найти между ними баланс [1]; обоснования необходимости построения оптимальных систем функционирования экономики с учетом интересов окружающей среды приводил В.И. Данилов-Данильян [4]. Современные исследователи продолжают изучать взаимоотношения человека и природы (например, С.Г. Баринова [5]), осуществлять исследования влияния негативных антропогенных факторов на природу в различных регионах страны (например, А.В. Шмыглева [6]).

Достаточно бережное отношение к природе в СССР проявлялось не только в научных дискуссиях, но и в нормативно-правовых актах. Так, с 1972 г. действовало Постановление ЦК КПСС и Совета министров СССР «Об усилении охраны природы и улучшении использования природных ресурсов», а в Конституции СССР 1977 г. была закреплена обязанность граждан беречь природу [2, ст. 18, 42, 67]. В современной Конституции РФ 1993 г. также провозглашены обязанности граждан бережно относиться к природным богатствам, а ряд Федеральных законов (например, ФЗ от 10.01.2002 № 7ФЗ «Об охране окружающей среды», ФЗ от 04.05.1999 № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха») и Постановлений Правительства (например, «Об утверждении перечня загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды») эти обязанности детализируют.

Особое внимание в СССР уделялось вопросам экологического планирования, проводившегося с 1975 г. Ряд экономистов, таких как П.Г. Олдак [8], Т.С. Хачатуров [7], С.Г. Струмилин [9] и другие стремились оценить природные ресурсы с целью наиболее рационального их потребления. В Российской Федерации экологическое планирование проявляется в виде национального проекта «Экологическое благополучие», действующего с 2025 г., предшественники которого – государственные программы «Развитие лесного хозяйства» и «Охрана окружающей среды» - были исполнены более чем на 80% [3].

В рамках национального проекта действуют региональные проекты, которые позволяют детализировать природоохранные мероприятия, сделать их точечными и применимыми для нужд конкретного региона. Это особенно важно для северных регионов страны, которые требуют особого внимания в связи со спецификой природных условий. Например, в Ханты-Мансийском автономном округе действие национального проекта

«Экологическое благополучие» осуществляется в рамках региональных проектов «Вода России», «Экономика замкнутого цикла, «Генеральная уборка», «Сохранение лесов», «Сохранение биологического разнообразия и развитие экологического туризма» [10].

Таким образом, среди основных природоохранных инициатив, которые действовали в СССР, Российская Федерация переняла основы экологического законодательства, внедрение природосберегающих технологий, совершенствование системы экологического планирования. Эти меры реализуются в виде нормативно-правовых актов, а также национальных проектов, что демонстрирует стремление нашей страны к дальнейшему развитию природоохранной деятельности с учетом региональных особенностей и современных вызовов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Моисеев Никита Николаевич: монография/ РАН. Проект «Научное наследие России». - М.: 2009. - 34 с.
2. Конституция (Основной закон) Союза Советских Социалистических Республик [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.hist.msu.ru/ER/Etext/cnst1977.htm
3. Национальный проект «Экология»: планы и промежуточный ход реализации/ Сидоров А.А., Кудирова Г.Э., Розенберг Г.С.// Азимут научных исследований: экономика и управление. - 2020. - Т. 9. - № 3(23). - С. 219-225.
4. Данилов-Данильян В.И. Проблемы разработки системы оптимального планирования народного хозяйства/ Данилов-Данильян В.И., Баранов Э.Ф., Завельский М.Г. - М.: 1970.
5. Баринова С.Г. Эковласть: ответственность, тенденции, поиски путей преодоления социоприродного кризиса/С.Г. Баринова// Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. - 2016. - № 6 (68): в 2-х ч. - Ч. 1. - С. 37-39.
6. Шмыглева А.В. Реализация государственной экологической политики в Западной Сибири в 1970-1980-е гг. : монография/ А.В. Шмыглева. - Новокузнецк, 2017. - 242 с.
7. Хачатуров Т.С. Экономика природопользования: монография/ Т.С. Хачатуров. - М., 1982. - 255 с.
8. Олдак П.Г. Сохранение окружающей среды и развитие экономических исследований: монография/ П.Г. Олдак. - Новосибирск, 1980. - 160 с.
9. Струмилин С.Г. Избранные произведения. Воспоминания и публицистика: монография/ С.Г. Струмилин. - М., 1968. - 479 с.
10. Национальный проект «Экологическое благополучие» [Электронный ресурс]/ Служба по контролю и надзору в сфере охраны окружающей среды, объектов животного мира и лесных отношений Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. – Режим доступа: https://prirodnadzor.admhmao.ru/natsionalnyy-proekt-ekologiya/.

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ БУРОВЫЕ РАСТВОРЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ СКВАЖИНЫ

ENVIRONMENTALLY FRIENDLY DRILLING FLUIDS AND THEIR IMPACT ON WELLBORE CLEANING EFFICIENCY

Нгуен Ф. С. М.
Nguyen P. X. M.
Россия, Москва, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, *nguyenphamxuanmai1997@gmail.com*

Аннотация

Буровые растворы играют ключевую роль в процессе бурения нефтегазовых скважин, обеспечивая транспорт шлама, охлаждение бурового оборудования и поддержание устойчивости ствола скважины. Однако традиционные системы буровых растворов, особенно на нефтяной основе, оказывают значительное негативное воздействие на окружающую среду. В связи с этим в последние годы активно исследуются экологически безопасные («зелёные») добавки. Данная работа представляет обзор современных экологически чистых добавок для буровых растворов, их влияния на реологические свойства, фильтрационные характеристики и эффективность очистки скважины. Особое внимание уделяется взаимосвязи между реологическими параметрами и эффективностью очистки скважины.

Ключевые слова: Буровые растворы, Экологически безопасные добавки, Реология, Очистка скважины, Транспортировка выбуренной породы.

1. Введение

В современных условиях мировая энергетика по-прежнему в значительной степени зависит от ископаемых ресурсов, таких как нефть и природный газ. Рост глобального спроса на энергию приводит к увеличению объёмов буровых работ и, соответственно, к повышению требований к эффективности и безопасности буровых технологий. В этом контексте буровые растворы играют ключевую роль, обеспечивая стабильность ствола скважины, транспорт выбуренной породы, охлаждение и смазку бурового инструмента, а также контроль пластового давления.

Несмотря на широкое применение традиционных буровых растворов, особенно на нефтяной основе, их использование связано с рядом серьёзных экологических и технологических проблем. Растворы на нефтяной основе характеризуются высокой токсичностью и оказывают негативное воздействие на окружающую среду, что приводит к ужесточению нормативных требований и ограничению их применения. В то же время водные буровые растворы, хотя и являются более экологически безопасными, обладают недостаточной стабильностью в сложных геологических условиях, в частности в сланцевых формациях и при высоких температурах и давлениях.

Одной из ключевых задач бурения является эффективная очистка скважины от выбуренной породы. Недостаточная транспортировка частиц может привести к образованию осадочного слоя, увеличению гидравлического сопротивления, риску прихвата бурильной колонны и снижению скорости проходки. Эффективность очистки скважины напрямую связана с реологическими свойствами бурового раствора, такими как пластическая вязкость и предел текучести, которые определяют способность раствора переносить и удерживать твердые частицы во взвешенном состоянии.

В последние годы особое внимание уделяется разработке экологически безопасных («зелёных») добавок для буровых растворов. Такие добавки, как правило, получаются из возобновляемых источников или отходов биомассы, обладают биоразлагаемостью и низкой токсичностью. Их применение направлено на улучшение реологических и фильтрационных свойств буровых растворов, а также на повышение эффективности очистки скважины при одновременном снижении негативного воздействия на окружающую среду.

Следовательно, актуальность данного исследования обусловлена необходимостью разработки устойчивых и экологически безопасных буровых систем, способных обеспечить эффективную очистку скважины в сложных условиях эксплуатации.

2. Экологически безопасные добавки и их влияние на очистку скважины

В последние годы в нефтегазовой промышленности наблюдается устойчивый рост интереса к разработке экологически безопасных добавок для буровых растворов, что обусловлено ужесточением международных экологических требований и необходимостью минимизации негативного воздействия буровых работ на окружающую среду. В связи с этим особое внимание уделяется созданию так называемых «зелёных» буровых систем, обладающих биоразлагаемостью, низкой токсичностью и способностью сохранять эксплуатационные характеристики на уровне традиционных систем.

Следует отметить, что на сегодняшний день отсутствует единое универсальное определение понятия «экологически безопасные добавки», что приводит к различиям в подходах к их оценке и классификации. В различных странах применяются собственные стандарты, учитывающие такие параметры, как степень биоразлагаемости, токсичность для водной среды, влияние на здоровье человека и физико-химические свойства веществ. Данная неопределённость затрудняет внедрение новых материалов и требует дальнейшей унификации нормативной базы.

Основное направление современных исследований связано с совершенствованием водных буровых растворов, которые рассматриваются как более экологичная альтернатива системам на нефтяной основе. Несмотря на их преимущества, водные растворы характеризуются недостаточной устойчивостью в сложных геологических условиях, что требует введения дополнительных модифицирующих компонентов. В качестве таких компонентов активно исследуются материалы природного происхождения и отходы биомассы, включая растительные волокна, пищевые отходы и полисахариды. Результаты экспериментальных исследований показывают, что подобные добавки способны значительно улучшать реологические свойства буровых растворов, повышая их пластическую вязкость и предел текучести, что, в свою очередь, способствует более эффективной транспортировке выбуренной породы. Одновременно наблюдается снижение фильтрационных потерь и формирование более стабильной фильтрационной корки, что положительно влияет на устойчивость стенок скважины.

В то же время следует подчеркнуть, что большинство существующих исследований ограничивается лабораторными испытаниями, тогда как данные о поведении таких добавок в реальных промысловых условиях остаются недостаточными. Кроме того, недостаточно изучены вопросы взаимодействия экологически безопасных добавок с другими компонентами буровых растворов, что может существенно влиять на их эффективность.

Несмотря на стремление заменить нефтяные буровые растворы, последние продолжают использоваться в условиях высоких температур и давлений благодаря своей высокой стабильности. В этой связи ведутся исследования по созданию менее токсичных аналогов на основе растительных масел и биодизеля. Полученные результаты свидетельствуют о том, что такие системы способны обеспечивать сопоставимые реологические и фильтрационные характеристики при значительно более высокой степени биоразлагаемости.

Особое значение в контексте очистки скважины имеют реологические параметры буровых растворов, определяющие их способность переносить и удерживать частицы во взвешенном состоянии. Установлено, что предел текучести оказывает более значительное влияние на эффективность транспортировки выбуренной породы по сравнению с пластической вязкостью, а увеличение отношения YP/PV способствует повышению эффективности очистки скважины. В то же время чрезмерное увеличение вязкости может привести к ухудшению гидравлических характеристик системы, что требует оптимизации состава бурового раствора.

Экономический аспект также играет важную роль при выборе добавок. Поскольку буровые растворы составляют значительную часть общих затрат на бурение, оценка их эффективности должна учитывать не только стоимость, но и эксплуатационные характеристики. В ряде случаев дешёвые добавки оказываются менее выгодными из-за необходимости их использования в больших количествах, тогда как более дорогие компоненты могут обеспечивать лучший результат при меньших дозировках.

В результате экологически безопасные добавки представляют собой перспективное направление развития буровых технологий, способное обеспечить как повышение эффективности очистки скважины, так и снижение

экологической нагрузки. Однако для их широкого внедрения необходимы дальнейшие исследования, направленные на проведение полевых испытаний, стандартизацию требований и комплексную оценку их взаимодействия с компонентами буровых систем.

3. Реология буровых растворов

Реологические свойства буровых растворов являются одним из ключевых факторов, определяющих эффективность очистки скважины и транспортировки выбуренной породы. Для оценки эффективности данных процессов разработан ряд показателей, среди которых наиболее распространёнными являются коэффициент транспортировки частиц (cuttings transport ratio, CTR), концентрация частиц в затрубном пространстве (cuttings concentration in annulus, CCA), транспортное отношение (transport ratio, TR) и коэффициент очистки скважины (hole cleaning ratio, HCR).

В условиях лабораторных испытаний, в частности при использовании циркуляционных контуров (flow loop), коэффициент CTR применяется для определения количества частиц, удерживаемых буровым раствором относительно их исходного объёма. Высокие значения CTR свидетельствуют о хорошей способности раствора переносить выбуренную породу. В свою очередь, параметр CCA отражает концентрацию частиц в затрубном пространстве; для эффективной очистки скважины его значение должно быть менее 8%. Транспортное отношение TR определяется как отношение скорости движения частиц к скорости потока в затрубном пространстве, при этом более высокие значения указывают на лучшую эффективность очистки. Коэффициент HCR используется для оценки риска прихвата бурильной колонны и определяется как отношение свободного пространства в затрубном пространстве к критической высоте слоя осевших частиц. Значение HCR выше 0.5 указывает на повышенный риск прихвата. Все перечисленные показатели в совокупности характеризуют способность бурового раствора эффективно переносить твёрдые частицы.

В процессе бурения в скважине действуют различные силы сопротивления, обусловленные механическим трением между частицами, жидкой фазой и деформацией бурового раствора. Сопротивление потоку характеризуется пластической вязкостью (PV), тогда как предел текучести (YP) отражает минимальное напряжение, необходимое для начала течения жидкости. Как правило, более высокие значения вязкости и предела текучести способствуют улучшению транспортировки частиц и повышению эффективности очистки скважины. Однако с практической точки зрения данные параметры не должны превышать определённые пределы, так как чрезмерное увеличение вязкости может привести к росту гидравлических потерь и усложнению процесса прокачки бурового раствора.

Эффективные буровые растворы, обеспечивающие качественную очистку скважины, способствуют увеличению скорости проходки (rate of penetration, ROP) и, как следствие, снижению общей стоимости бурения. В этом контексте особое значение приобретают взаимосвязи между основными реологическими параметрами, такими как пластическая вязкость (PV), предел текучести (YP) и их отношение (YP/PV). Установлено, что именно предел текучести оказывает наиболее значительное влияние на эффективность очистки скважины, поскольку он напрямую связан со способностью раствора удерживать частицы во взвешенном состоянии.

Согласно результатам исследований, увеличение YP требует соответствующего увеличения расхода бурового раствора (Q) для обеспечения устойчивой циркуляции. При недостаточной скорости потока твёрдые частицы начинают оседать под действием силы тяжести, что приводит к образованию осадочного слоя. В то же время влияние пластической вязкости на данный процесс является менее значительным, поскольку её увеличение в основном связано с дополнительными энергетическими затратами на преодоление сопротивления потоку. Можно сделать вывод о более высокой значимости YP по сравнению с PV в процессе очистки скважины.

Для повышения эффективности очистки скважины рекомендуется увеличение отношения YP/PV, которое отражает способность раствора транспортировать частицы при относительно умеренных значениях вязкости. Однако достижение оптимальных значений данного показателя требует соответствующего увеличения расхода бурового раствора, что подтверждается результатами анализа чувствительности.

Анализ экспериментальных данных, представленных в графических зависимостях, показывает, что использование экологически безопасных добавок может существенно влиять на реологические параметры буровых растворов, включая PV, YP и их соотношение. При этом большинство разработанных буровых систем, предназначенных для эффективной очистки скважины, по-прежнему содержит вредные компоненты, тогда как количество исследований, посвящённых применению экологически безопасных добавок в данной области, остаётся ограниченным. Тем не менее, существующие данные свидетельствуют о том, что такие добавки способны модифицировать реологические свойства буровых растворов и, следовательно, повышать эффективность очистки скважины.

4. Заключение и перспективы

Проведённый анализ современных исследований в области экологически безопасных буровых растворов показывает, что данное направление является одним из наиболее перспективных в развитии технологий бурения. Использование добавок природного происхождения и отходов биомассы позволяет не только снизить негативное воздействие на окружающую среду, но и улучшить основные эксплуатационные характеристики буровых растворов, включая реологические свойства и фильтрационные показатели.

Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о том, что экологически безопасные добавки способны эффективно повышать пластическую вязкость, предел текучести и их соотношение, что напрямую связано с улучшением процессов транспортировки выбуренной породы и очистки скважины. Несмотря на то, что большинство таких добавок изначально разрабатывались для решения отдельных задач, например, снижения фильтрационных потерь или улучшения смазывающих свойств, их влияние на реологию позволяет рассматривать их как потенциальные компоненты многофункциональных буровых систем.

Вместе с тем следует отметить, что существующие исследования в значительной степени ограничены лабораторными условиями, тогда как поведение экологически безопасных добавок в реальных промысловых условиях остаётся недостаточно изученным. Отсутствие единого определения и стандартизации понятия «экологически безопасные добавки» также затрудняет их широкое внедрение в промышленности. Кроме того, различия в составах буровых растворов, используемых в научных работах, указывают на необходимость пересмотра существующих рекомендаций и разработки унифицированных методик оценки их эффективности.

С практической точки зрения особый интерес представляет использование дешёвых и доступных материалов, таких как сельскохозяйственные отходы и растительные компоненты, которые могут значительно снизить стоимость буровых растворов. Это открывает возможности для создания экономически эффективных и экологически устойчивых технологий бурения.

В перспективе дальнейшие исследования должны быть направлены на проведение полевых испытаний, изучение взаимодействия добавок с другими компонентами буровых систем, а также на выявление функциональных групп, определяющих их влияние на свойства растворов. Это позволит разрабатывать многофункциональные буровые растворы, оптимизированные для различных условий бурения и обеспечивающие высокую эффективность очистки скважины при минимальном воздействии на окружающую среду.

Таким образом, развитие экологически безопасных буровых растворов представляет собой важное направление, способствующее повышению эффективности буровых работ, снижению эксплуатационных затрат и обеспечению устойчивого развития нефтегазовой отрасли.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Ваджихуддин М., Хоссейн М. Э. Разработка экологически безопасной системы бурового раствора на водной основе с использованием природных материалов // Арабский журнал науки и техники. – 2018. – Т. 43, № 5. – С. 2501–2513.

2. Техрани А., Янг С., Джеррард Д., Фернандес Дж. Экологически безопасный буровой раствор на водной основе для бурения в условиях высоких температур и давлений // Международный симпозиум SPE по химии нефтяных месторождений. – 2009.
3. Осех Дж. О. и др. Экспериментальное исследование влияния экстракта листьев хны на транспортировку выбуренной породы в наклонно-направленных и горизонтальных скважинах // Журнал разведки и добычи нефти и газа. – 2019. – Т. 9, № 3. – С. 2387–2404.
4. Давуди С., Хаддади С. А., Арджманд М. Применение лепестков шафрана как экологически безопасной добавки в буровых растворах: исследование реологических и фильтрационных свойств // Журнал молекулярных жидкостей. – 2020. – Т. 315. – С. 113707.
5. Аль-Хамиди А. Т. Т. и др. Экспериментальное исследование экологически безопасных добавок (порошок кожуры мандарина) для замены традиционных химических реагентов в буровых растворах на водной основе // Журнал разведки и добычи нефти и газа. – 2020. – Т. 10, № 2. – С. 407–417.
6. Расул М. Х., Ахмад М., Айюб М., Аббас М. А. Новый природный глубокий эвтектический раствор на основе аскорбиновой кислоты как добавка к буровому раствору для стабилизации сланцев // Процессы. – 2023. – Т. 11, № 4. – С. 1135.
7. Бора Б., Дас Б. М. Обзор применения биопродуктов в буровых растворах для снижения экологического воздействия // Экологические вызовы. – 2022. – Т. 6. – С. 100411.

ВОЗДЕЛЫВАНИЕ КОРМОВЫХ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ ЯКУТИИ
CULTIVATION OF FORAGE AND VEGETABLE CROPS IN THE PERMAFROST SOILS OF YAKUTIA

Осипова В.В., Платонова А.З., Дондоков Ю.Ж., Матвеев И.Н., Устинова В.В.
Osipova V.V., Platonova A.Z., Dondokov Yu.Zh., Matveev I.N., Ustinova V.V.
ФГБОУ ВО Арктический государственный агротехнологический университет, agafya.platonova.2016@mail.ru
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Arctic State Agrotechnological University, agafya.platonova.2016@mail.ru

Аннотация: В статье приводятся данные полевых исследований авторов за 2024-2025 гг. Описываются результаты технологий возделывания кормовых и овощных культур в условиях мерзлотных почв Якутии. Целью исследований являлась внедрение технологий возделывания кормовых культур и овощных в условиях мерзлотных почв Якутии. В результате внедрения научно-обоснованных технологий получены высокие показатели урожайности кормовых и овощных культур. Так на томатах сорта «Москвич» урожайность до 31 т/га, на 72,2 % превышающую контроль (полив шлангом с распылителем); на огурцах сорта «Китайский император» - до 82,0 т/га с превышением контроля на 26,2 %; урожай кабачков сорта «Цукеша» - до 90,0 т/га, что выше контроля 20%, урожайность плодов тыквы сорта «Россиянка» – 102 т/га, превышающую контроль на 50%. При выращивании картофеля с обработкой растений картофеля раствором Фито Норд Бакт ускоряется наступление фазы цветения на 6 дней по сравнению с вариантом без обработки, что способствует формированию урожайности картофеля до 11,7 т/га с достоверной прибавкой на 2,9 т или 33 % к контрольному. Разработанный способ инокуляции семян овса сорта Ровесник и проса сорта Барнаульское 98 препаратом Фито Норд Бакт позволили доказать целесообразность и эффективность предпосевной обработки, позволяющей повысить кормовую продуктивность посевов овса и проса посевного до 36,8 и 18,8 % соответственно.

Ключевые слова: просо, овес, кабачок, тыква, огурец, томат, мерзлотные почвы, Якутия

Актуальность. Возделываемые в России кормовые и овощные сельскохозяйственные культуры широко распространены во всех регионах. В настоящее время создан ряд сортов, обладающих свойством скороспелости, устойчивых к абиотическим факторам среды, однако успешному внедрению таких сортов в производство препятствует их относительно низкая технологичность и культивация в регионе рискованного земледелия как Республика Саха (Якутия). За последние годы в Республике Саха (Якутия) по данным экономического расчета ученых наблюдается преобладание негативных тенденций развития в отрасли растениеводства. Для достижения стратегических целей и задач необходимо принятие мер по увеличению посевных площадей и повышению урожайности сельскохозяйственных культур. В целях повышения эффективности использования сельскохозяйственных земель необходимо внедрение научных разработок и достижений, в том числе сортов, инновационных технологий и методов, разработанных под условия Якутии. Для развития сельского хозяйства РС(Я) издан указ главы региона о том, чтобы повысить объемы местного производства в 1,5 раза к 2030 году. В данном указе отдельным пунктом уделяется внимание на ряду с развитием кормопроизводства, такая важная отрасль как овощеводство. В связи с чем, актуальность возделывания кормовых и овощных культур в условиях мерзлотных почв Якутии является актуально задачей.

Целью являлось внедрение научно-обоснованных технологий возделывания кормовых и овощных культур в условиях мерзлотных почв Якутии.

Результаты внедрения: Метеорологические условия за годы внедрения технологий возделывания кормовых и овощных культур были весьма различными по накоплению суммы активных температур выше 10°С за вегетационный периоды 2024 и 2025 гг. Так за 2024 г. сумма активных температур выше 10°С составила 1707°С, а в 2025 г. 1720°С. Сумма осадков за данные периоды выпали в количестве 47,4 и 113 мм. В 2024 г. ГТК. 0,28 характеризуется как остро засушливый, в 2025 г. ГТК 0,65 – засушливый, прохладный в основные фазы развития растений.

В таких условиях рост и развитие кормовых и овощных культур сформировали благодаря внедряемым технологиям высокую урожайность в регионе. В 2024 г. внедрили капельный полив на овощных культурах и впервые в Якутии обработали агродроном посевы овощных и кормовых культур в начальной фазе органогенеза. Так в Октемском филиале на общей площади 0,6 га под овощными культурами сформировалась максимальная урожайность томатов 140,3 ц/га, у огурцов – 74 ц/га, тыквы 42,8 ц/га, кабачок 114,4 ц/га. (Рис. 1)

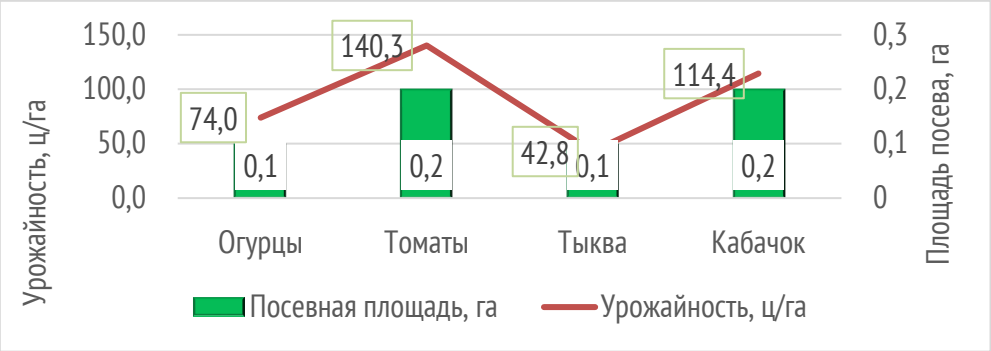


Рис. 1 – Показатели урожайности, посевной площади под овощными культурами в условиях учхоза Октемского филиала, 2024 г

По результатам внедрения капельного полива на посадках овощных культур хозяйства и внесения Гумата К урожайность плодов овощных культур (табл. 1) значительно повысилась по сравнению с распространенным в хозяйствах способом полива шлангом с распылителем. Так, на томатах сорта Москвич сформированы ровные плоды урожайность 31 т/га, что на 13,0 т или 72,2 % превышает контроль. На огурцах сорта Китайский император урожайность плодов составила 82,0 т/га с превышением контроля на 17,0 т или 26,2 %. Внедрение капельного орошения и внесение Гумата К способствовали получению высокого урожая кабачков сорта Цукеша – 90,0 т/га, что выше контроля на 18 т или 20%. На посадках тыквы сорта Россиянка урожайность плодов выше, чем на поливе шлангом с распылителем на 34 т или 50% - 102 т/га. (Таблица 1)

Таблица 1. Урожайность овощных культур при внедрении технологии системы капельного полива в открытом грунте в условиях рискованного земледелия Якутии, 2025

№	Сорт	Урожайность, т/га	Разница к контролю	
			в т	в %
Томат сорт Орлиный клюв				
1	Контроль – полив шлангом с распылителем	18,0	0	100
2	Капельное орошение+Гумат К	31,0	+ 13,0	172,2
Огурец сорт Китайский император				
1	Контроль – полив шлангом с распылителем	65,0	0	100
2	Капельное орошение+Гумат К	82,0	+ 17,0	126,2
Кабачок сорт Цукеша				
1	Контроль – полив шлангом с распылителем	75,0	0	100
2	Капельное орошение+Гумат К	90,0	+ 15,0	120,0
Тыква Россиянка				
1	Контроль – полив шлангом с распылителем	68,0	0	100
2	Капельное орошение+Гумат К	102,0	+ 34,0	150,0

Общеизвестно, что гуминовые удобрения существенно влияют на содержание элементов в почве, так как они повышают доступность питательных веществ, активизируют почвенную микрофлору, которая разлагает органику и минерализует соединения фосфора и калия, а также улучшают структуру почвы, что влияет на влаго- и воздухообмен.

Нами установлено, что на участке, где нами проводилось внедрение технологии выращивания овощных культур, что имеется тенденция к улучшению плодородия. Как показали агрохимические исследования почвы до и после обработки Гуматом К, действительно происходит минерализация соединений фосфора и калия и переход их в подвижную, доступную для растений форму. Так, содержание подвижного фосфора повысилось на 1,0 мг/кг, калия – на 2,0 мг, pH водного раствора изменилось с 8,3 до 8,29. Благодаря тому, что гуматы повышают доступность азота в почве, переводят органические соединения азота в доступную для растений минеральную форму содержание нитратного азота увеличилось с 30,0 до 30,4 мг/кг.

Таким образом, постоянное применение органоминеральных гуминовых удобрений в почву позволит снизить уровень засоленности и повысить содержание подвижных форм фосфора и калия в мерзлотных пойменных почвах криолитозоны.

Таблица 2. Влияние Гумата К на плодородие мерзлотных пойменных почв, 2025 г

Вариант	pH водный, ед.	Нитратный азот, мг/кг	Подвижный фосфор, мг/кг	Подвижный калий, мг/кг	Гумус, %
До обработки	8,30	30,0	189,0	44,0	2,0
После обработки	8,29	30,4	190,0	44,2	2,0

Внедрение научных разработок по выращиванию картофеля с применением биопрепарата Фито Норд Бакт проводили в ИП К(Ф)Х “Жуков П.А.”. Так обработка картофеля ускорила начало цветения на 6 дней по сравнению с вариантом без обработки. При внесении раствора Фито Норд Бакт на картофеле формируется урожайность 11,7 т/га, что превышает контроль без обработки на 2,9 т или 33 %.

Установлено, что двухкратное применение раствора Фито Норд Бакт повышает товарность сорта картофеля Розара до 97,2 %, что на 8,9 % выше контроля, при этом масса среднего клубня картофеля достигает до 145 г., превышая контроль без обработки на 55 г или 61 %. (Таблица 3)

Таблица 3. Влияние внедрения научных разработок с применением биопрепарата Фито Норд Бакт на урожайность и товарные качества картофеля, 2024 г

№	Вариант	Урожайность клубней, т/га	% к К	Товарность урожая, %	% к К	Масса среднего клубня, г	% к К
1	Контроль - без обработки	8,8	100	88,3	100	90	100
2	Двукратная обработка раствором Фито Норд Бакт	11,7	133	97,2	110	145	161
	±	+ 2,9 т	-	+ 8,9 %	-	+ 55 г	-



Рис. 2 – Общий вид посевов картофеля с обработкой биопрепаратом Фито Норд Бакт

В таблице 4 представлен основной критерий эффективности инокуляции семенного материала полевых культур – урожайность кормовой массы. Как видно из данной таблицы, продуктивность ценозов овса и проса посевного при возделывании на корм достоверно повышается при инокуляции бактериальным препаратом Фито Норд Бакт. При этом урожайность зеленой массы овса достигает 13,0 т/га соответственно, что на 36,8 % превышает контроль. Урожайность кормовой массы проса посевного составила при инокуляции семян препаратом Фито Норд Бакт 23,4 т/га, что на 18,8 % выше контрольного варианта.

Таблица 4. Урожайность зеленой массы овса и проса посевного в зависимости от инокуляции семенного материала штаммом азотфиксирующих бактерий, 2025 г.

№	Вариант	Овес			Просо посевное		
		т/га	в т от К	в % к К	т/га	в т от К	в % к К
1	Без инокуляции, контроль	9,50	0	0	19,7	0	0
2	Инокуляция семян препаратом Фито Норд Бакт	13,0	3,5	136,8	23,4	3,7	118,8

Таким образом, результаты внедрения способа инокуляции семян овса сорта Ровесник и проса сорта Барнаульское 98 препаратом Фито Норд Бакт в ООО “Норд Сид” позволили доказать целесообразность и эффективность предпосевной обработки, позволяющей повысить кормовую продуктивность посевов овса и проса посевного до 36,8 и 18,8 % соответственно.

Заключение

1. Внедрение технологии выращивания овощных культур в хозяйстве ООО “МИП НОРД СИД” позволяет формировать на томатах сорта «Москвич» урожайность до 31 т/га, на 72,2 % превышающую контроль (полив шлангом с распылителем); на огурцах сорта «Китайский император» - до 82,0 т/га с превышением контроля на 26,2 %; урожай кабачков сорта «Цукеша» - до 90,0 т/га, что выше контроля 20%, урожайность плодов тыквы сорта «Россиянка» – 102 т/га, превышающую контроль на 50%.

2. Внедрение технологии выращивания овощных культур с применением Гумата К на полях ООО “НОРД СИД” способствует улучшению их плодородия.

3.Установлено, что внедрение обработки растений картофеля раствором Фито Норд Бакт ускоряет наступление фазы цветения на 6 дней по сравнению с вариантом без обработки, способствует формированию урожайности картофеля до 11,7 т/га, что превышает контроль без обработки на 2,9 т или 33 %.

4. Результаты внедрения способа инокуляции семян овса сорта Ровесник и проса сорта Барнаульское 98 препаратом Фито Норд Бакт позволили доказать целесообразность и эффективность предпосевной обработки,

позволяющей повысить кормовую продуктивность посевов овса и проса посевного до 36,8 и 18,8 % соответственно.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Система ведения сельского хозяйства в РС(Я) на период 2016-2020 гг.: Методические пособия / МСХ РС(Я), ЯНИИСХ, Госкомцен – РЭК РС(Я). - Якутск, 2017. – 415 с.
2. Осипова В.В., Дринча В.М., Платонова А.З., Дондоков Ю.Ж., Конощук Л.Я. /Использование биоудобрений для выращивания полевых культур на мерзлотных пойменных луговых почвах Якутии. – Якутск: Издательский дом СВФУ, 2025. – 28 с. – EDN QDWIUI.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕСНОВОДНЫХ МОЛЛЮСКОВ В БАССЕЙНЕ МАЛОЙ РЕКИ СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ В ГРАДИЕНТАХ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

DISTRIBUTION OF FRESHWATER MOLLUSKS IN THE BASIN OF A SMALL RIVER OF THE MIDDLE OB REGION IN GRADIENTS OF NATURAL AND MAN-MADE FACTORS

Пономарев М.П., Бабушкин Е.С., Винарский М.В., Дунаева Д.В.

Ponomarev M.P., Babushkin E.S., Vinarski M.V., Dunaeva D.V.

Россия, Сургутский государственный университет, ponomarev_mp@surgu.ru

Малые реки являются наиболее чувствительными элементами гидрографической сети, изучение закономерностей формирования в них сообществ гидробионтов под влиянием естественных и техногенных факторов имеет ключевое значение для решения задач теоретической экологии, в том числе разработки подходов к управлению природными и техногенными комплексами, моделирования их структуры и функций, а также прогноза изменений в условиях меняющегося климата [1, 2]. Река Калинина, правый приток Оби в окрестностях г. Сургута – малый водоток длиной 13 км [3], практически окруженный объектами нефтяной промышленности, что создает угрозу для ее экосистем. Река может служить удобной моделью для выявления особенностей распределения гидробионтов в градиентах естественных и техногенных факторов среды.

Целью данного исследования было выявление паттернов распределения пресноводных моллюсков в бассейне р. Калинина в зависимости от ряда природных (тип водного объекта, субстрат, гидрологический режим) и техногенных (химическое загрязнение, техногенная трансформация) факторов.

Полевые исследования проведены с июня по сентябрь 2024 г. Количественные сборы моллюсков выполнены ручной закидной драгой, качественные – гидробиологическим скребком по стандартным методикам [4–6]. На 12 станциях, охватывающих русло, придаточные и пойменные водоемы верхнего, среднего и нижнего участков речного бассейна, отобрано 10 качественных и 83 количественные пробы, собрано 1258 экземпляров моллюсков. Видовая идентификация проведена на основе морфологических признаков в соответствии с определительными ключами [5–11] с подтверждением ДНК-штрихкодированием. Пробы воды для определения физико-химических параметров, отбирали одновременно со сбором моллюсков. Были определены макропоказатели (pH, цветность, электропроводность, плотность воды), суммарная концентрация нефтяных углеводородов, содержание тяжелых металлов, ионный состав воды [12, 13]. При статистической обработке результатов использовали непараметрические критерии (Манна–Уитни, однофакторный ANOSIM) и многомерный анализ (канонический анализ соответствий), которые выполняли в программе PAST [14].

В бассейне р. Калинина выявлено 33 вида пресноводных моллюсков – 12 двустворчатых и 21 брюхоногих. Вероятно, в результате эффекта экотона на границе пойменных водоемов и русла наибольшее видовое богатство и обилие моллюсков отмечены в придаточных водоемах реки – 17 видов, средняя плотность 120,6 экз./м^2, биомасса 3,35 г/м^2. В пойменных водоемах обнаружено 13 видов, при плотности 64,4 экз./м^2 и биомассе 1,48 г/м^2; в русле реки – только 3 вида с наиболее низким обилием, 9,6 экз./м^2 и 0,15 г/м^2. Водные объекты статистически значимо различались по видовому составу (ANOSIM, R = 0,2364, p = 0,0001). Различия были слабыми, вероятно потому, что значительный и растянутый до сентября подъем уровня воды в половодье способствует расселению моллюсков и гомогенизации видового состава различных типов водных объектов. Обилие моллюсков в пойменных водоемах было в среднем в несколько раз выше, чем в русле реки, выявлены статистически значимые различия, как по плотности, так и по биомассе (критерий Манна–Уитни, p = 0,0349 и 0,0208 соответственно).

Единственное место, где пресноводные моллюски были обнаружены в верхнем течении – искусственная дренажная канава вдоль нефтепромысловой дороги, где было найдено два вида двустворчатых и семь видов брюхоногих моллюсков. Пока невозможно назвать точную причину редкой встречаемости и низкого обилия моллюсков на этом участке исследуемого водного бассейна. Равновероятными являются техногенные (трансформация местообитаний, загрязнения) и природные (бедность малакоценозов верховий рек) причины. Для точного установления существующих паттернов необходимы дополнительные исследования.

В пойменных водоемах среднего участка видовое богатство пресноводных моллюсков – 11 видов, оказалось выше, чем в водоемах этого типа на нижнем участке – 7 видов, биомасса на среднем участке также была значимо выше (p = 0,0281) при отсутствии различий по плотности. Видовое богатство – 13 видов, и показатели обилия (плотность и биомасса) моллюсков в придаточных водоемах нижнего участка были статистически значимо выше (p = 0,0040), чем в заливах среднего течения. В приустьевой зоне на плесе р. Калинина видовое богатство – 3 вида, и биомасса превышали таковые на перекате – 1 вид (p = 0,0286).

В ходе изучения сезонной динамики плотности и биомассы пресноводных моллюсков в заливе среднего участка р. Калинина статистически значимых изменений не выявлено, однако видовое богатство возросло с двух до семи видов, причем в начале сезона доминировали гастроподы, а в конце – двустворчатые моллюски.

Канонический анализ соответствий (p = 0,0010, оси 1 и 2 объясняют 63,5% дисперсии) показал значительное влияние типа субстрата на распределение моллюсков. Наибольшее видовое богатство приурочено к илисто-детритным и глинистым грунтам, а также к макрофитам в условиях постоянной или периодической связи водных объектов при воздействии факторов низкой и средней интенсивности. Наиболее сильное негативное влияние на распределение моллюсков оказали повышенные концентрации нефтепродуктов, некоторых тяжелых металлов и количественные изменения ионного состава воды.

Полученные результаты демонстрируют, как комплекс природных и техногенных факторов формирует изменчивость сообществ гидробионтов, что может быть использовано для моделирования структуры экосистем и прогноза их изменений при различных сценариях нарушений и климатических колебаний. Выявленные индикаторные свойства малакоценозов – различия в видовом богатстве и биомассе между участками, чувствительность к нефтепродуктам и тяжелым металлам, – позволяют рекомендовать их для системы биомониторинга, оценки риска природно-техногенных процессов и разработки технологий восстановления нарушенных водных экосистем.

Таким образом, полученные результаты могут быть использованы при организации мониторинга водных объектов в зонах интенсивного промышленного освоения Среднего Приобья и при разработке природоохранных мероприятий, направленных на сохранение и восстановление малых рек.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Фонда научно-технологического развития Югры, проект № 2024-522-04.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Гидробиологический режим малых рек в условиях антропогенного воздействия / под ред. Г.П. Андрушайтиса и О.Л. Качаловой. – Рига: Зинатне, 1981. – 166 с.
2. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / под ред. В.А. Абакумова. – Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 1992. – 317 с.
3. Лезин, В.А. Реки Ханты-Мансийского автономного округа (справочное пособие) / В.А. Лезин. – Тюмень: Вектор Бук, 1999. 160 с.
4. Методы гидробиологических исследований внутренних вод / под ред. А.В. Крылова. – Ярославль: Филигрань, 2024. – 592 с.
5. Старобогатов, Я.И. Моллюски / Я.И. Старобогатов, Л.А. Прозорова, В.В. Богатов, Е.М. Саенко; под ред. С.Я. Цалолихина // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т.6. – Санкт-Петербург: Наука, 2004. – С. 6–492.
6. Андреева, С.И. Определитель пресноводных брюхоногих моллюсков (Mollusca: Gastropoda) Западной Сибири. Ч. 1. Gastropoda: Pulmonata. Вып. 1. Семейства Acroloxidae и Lymnaeidae / С.И. Андреева, Н.И. Андреев, М.В. Винарский. – Омск, 2010. – 200 с.
7. Хохуткин, И.М. Моллюски Урала и прилегающих территорий. Ч. 1. Семейство Прудовиковые Lymnaeidae (Gastropoda, Pulmonata, Lymnaeiformes) / И.М. Хохуткин, М.В. Винарский, М.Е. Гребенников. – Екатеринбург: Гощицкий, 2009. – 156 с.

8. Хохуткин, И.М. Моллюски Урала и прилегающих территорий. Ч. 2. Семейства Acroloxidae, Physidae, Planorbidae (Gastropoda, Pulmonata, Lymnaeiformes) / И.М. Хохуткин, М.В. Винарский. – Екатеринбург: Гощицкий, 2013. – 184 с.
9. Кияшко, П.В. Брюхоногие моллюски / П.В. Кияшко, Е.В. Солдатенко, М.В. Винарский; под ред. В.Р. Алексеева и С.Я. Цалолихина // Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 2. Зообентос. – М.-СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. – С. 335–438.
10. Piechocki, A. Guide to Freshwater and Marine Mollusca of Poland / A. Piechocki, B. Wawrzyniak-Wydrowska – Poznan, Poland: Bogucki Wydawnictwo Naukowe, 2016. – 282 p.
11. Glöer, P. The Freshwater Gastropods of the West-Palaearctis. Vol. I Fresh- and Brackish Waters Except Spring and Subterranean Snails / P. Glöer. – Hetlingen, Germany: Biodiversity Research Lab, 2019. – 399 p.
12. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / под ред. А.Д. Семенова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – 542 с.
13. Сборник методик выполнения измерений. – М.: Аквилон, 2012. – 539 с.
14. Hammer, Ø. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis / Ø. Hammer, D.A.T. Harper, P.D. Ryan // Palaeontologia Electronica. – 2001. – Vol. 4, No. 1. – P. 9.

БОЛОТНЫЙ МЕТАН: ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА И КЛИМАТИЧЕСКАЯ ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ
MARSH METHANE: CHEMICAL KINETICS AND CLIMATE FEEDBACK

Рыжникова Е. А.[1,2], Батраков П. А.[1,2], Батракова А. А.[1]
Ryzhnikova E. A., Batrakov P. A., Batrakova A. A.
[1] Россия, Нижневартовский государственный университет, ryzhnikova.k@yandex.ru
[2] Сибирский федеральный университет, Красноярск, ryzhnikova.k@yandex.ru

Болотный газ, или метан, представляет собой газообразное вещество, непрерывно выделяемое из воды и торфяных отложений болот. Его название обусловлено способностью легко обнаруживаться у поверхности водоёмов, богатых органическими веществами. Пузырьки метана, поднимающиеся со дна, могут быть подожжены, создавая эффект «пылающих болот», который послужил источником вдохновения для легенд о «блуждающих огоньках» [1].

Образование метана происходит в условиях отсутствия кислорода и наличия большого количества органических веществ, таких как отмершие растения и мхи, благодаря деятельности микроорганизмов-метаногенов. Основные процессы, приводящие к образованию метана, включают расщепление уксусной кислоты и восстановление углекислого газа водородом.

Название «болотный газ» является народным, но точно отражает суть явления: пузырьки, всплывающие на поверхность, служат признаком его присутствия [2]. Чистый метан сам по себе не имеет запаха, но вместе с ним выделяются другие газы, такие как сероводород, который имеет тухлый запах и ассоциируется с болотами.

Важность болотного газа заключается в его способности действовать как мощный парниковый газ, эффективность которого в 28-30 раз превышает эффективность углекислого газа CO_2 [3]. Это делает его важным объектом изучения в контексте климатических исследований. Ведь повышение температуры приводит к ускорению разложения органических веществ и увеличению выбросов метана, а к 2050 году ожидается их дальнейший рост из-за климатических изменений и колебаний уровня воды [4].

Кроме того, болота, которые освобождаются от многолетней мерзлоты, могут стать новыми источниками метана. Это подчёркивает важность разработки и внедрения технологий, направленных на снижение выбросов метана, а также на использование болотных ресурсов для развития возобновляемой энергетики. Однако добыча не должна осуществляться агрессивно, чтобы сохранить болотные экосистемы, что имеет решающее значение для поддержания биоразнообразия и климата.

Чтобы лучше понять, как связаны выход метана из торфа и температура окружающей среды, необходимо создать химическую и физико-математическую модель, которая четко отразит эти процессы.

Химическая модель преобразования органического вещества болот в метан представляет собой сложный многоступенчатый анаэробный процесс. Различные группы микроорганизмов последовательно расщепляют сложные биополимеры до более простых молекул [5]. Завершают этот путь археи-метаногены, синтезируя метан. Ниже представлена поэтапная модель с ключевыми реакциями и ферментативными системами.

Общая схема превращений:

1. Гидролиз – внеклеточные ферменты расщепляют полимеры до мономеров. Эти ферменты, такие как целлюлозы, протеазы и липазы, расщепляют нерастворимые полимеры: целлюлоза ⟶ глюкоза; гемицеллюлоза ⟶ пентозы и гексозы; белки ⟶ аминокислоты; липиды ⟶ жирные кислоты + глицерин.

Эти реакции происходят с участием воды, без изменения окислительно-восстановительного состояния.

2. Ацидогенез (ферментация). Ферментативные бактерии, такие как Clostridium и Bacteroides, способны преобразовывать мономеры в смесь летучих жирных кислот, включая уксусную, пропионовую и масляную. Также в процессе участвуют спирты, такие как этанол и метанол, лактат, H_2 и CO_2 [6].

Упрощённо типичная реакция для глюкозы выглядит следующим образом:

$$C_6H_{12}O_6+2H_2O\longrightarrow 2CH_3COOH+2CO_2+4H_2.$$

Кроме того, в процессе образуются пропионат и бутират. В ходе этих реакций выделяется восстановительный эквивалент (НАДН), который сбрасывается через гидрогеназы, что приводит к образованию H_2.

3. Ацетогенез. Облигатные ацетогенные бактерии, такие как Acetobacterium woodii и Clostridium aceticum, окисляют спирты и жирные кислоты (кроме ацетата) до ацетата, одновременно восстанавливая CO_2 до ацетата через ацетил-КоА путь Вуда-Люнгдаля. Это происходит по следующей схеме:

$$2CO_2+4H_2 \longrightarrow CH_3COOH+2H_2O.$$

Эти бактерии также обеспечивают низкое парциальное давление водорода (H_2), что смещает равновесие ферментативных реакций в сторону образования ацетата. В результате основными источниками энергии для метаногенов становятся ацетат, H_2 и CO_2.

4. Метаногенез – заключительная стадия. Метаногенные археи осуществляют свою деятельность по двум основным направлениям:

– Ацетатный путь (70-80 % в болотах). Уксусная кислота (ацетат) расщепляется на метан и углекислый газ:

$$CH_3COOH \longrightarrow CH4 + CO_2.$$

Процесс происходит через ферментативный механизм, в котором ацетат активируется до ацетил-КоА. Затем карбонильная группа переносится на кофермент М (HS-CoM) и восстанавливается до метана. Ключевым ферментом в этой реакции является ацетил-КоА синтаза/декарбонилаза (ACS/CODH), содержащая кластеры Ni-Fe [6].

– Водородный путь (20-30 % в болотах).

В этом процессе углекислый газ (CO_2) восстанавливается водородом до метана:

$$CO_2 + 4H_2 \longrightarrow CH_4 + 2H_2O.$$

Это процесс последовательного переноса восстановительных эквивалентов через коферменты, такие как метаноптерин, кофермент *M* и кофермент F_{420}. Данная реакция осуществляется при помощи комплекса ферментов, а завершает её метил-коэнзим *M* редуктаза (MCR), в состав которой входит уникальный кофактор F_{430}, представляющий собой никель-порфириноид.

Следовательно, можно выделить ключевые ферменты и кофакторы (Таблица 1).

Таблица 1. Ключевые ферменты и кофакторы

Стадия	Ферменты/комплексы	Кофакторы
Ацидогенез	Пируват: ферредоксин-оксидоредуктаза, гидрогеназы	Ферредоксин, $НАД^+$/НАДН, Fe-S кластеры
Ацетогенез	Ацетил-КоА синтаза / CO-дегидрогеназа (ACS/CODH)	Ni, Fe-S кластеры, корриноиды
Метаногенез (ацетатный)	ACS/CODH, CoM-метилтрансфераза	Кофермент *M*, F_{430}, Ni-Fe-S кластеры
Метаногенез (водородный)	Формилметанфуран-дегидрогеназа, MCR	Метаноптерин, кофермент F_{420}, F_{430}

Учитывая понимание химического механизма, мы можем установить связь между ним и такими параметрами, как температура и уровень pH. Температура оказывает воздействие на константы скорости ферментативных реакций, в то время как pH болотной воды подавляет активность ацетогенов, смещая баланс путей в сторону водородного метаногенеза.

Концентрация водорода выступает в качестве ключевого регулятора: при низком парциальном давлении H_2 (менее 10^{-4} атм) преобладает ацетатный путь, а при высоком – водородный.

Следовательно, химическая модель превращения органики болот в метан представляет собой строго согласованный конвейер, управляемый микроорганизмами трёх функциональных групп. Ключевые особенности:

– энергия сохраняется в виде АТФ через хемиосмотические механизмы у ацетогенов и метаногенов;

– кофакторы с никелем и железом (F_{430}, CODH) обеспечивают уникальные реакции восстановления C_1 – соединений;

– температура и парциальное давление H_2 переключают метаболические пути, влияя на соотношение ацетатного и водородного метаногенеза.

Физико-математическую модель необходимо начинать с формирования концептуальной структуру модели, которая связывает температуру с потоком метана R_{CH4} из болота, а также учитывает обратное влияние метана на температуру через парниковый эффект.

Основные блоки модели включают:

– первое – зависимость скорости образования метана от температуры, которая экспоненциально растёт согласно Аррениусовской зависимости;

– второе – доступность субстрата, то есть количество разлагаемой органики, которое зависит как от температуры (ускорения первичного разложения), так и от глубины торфяного слоя;

– третье – гидрологический фактор, уровень воды контролирует наличие анаэробной зоны, где работают метаногены, и потепление может снижать уровень воды (за счёт испарения), сокращая объём анаэробной среды, но при этом повышая температуру в активном слое;

– четвёртое – обратная связь, при которой увеличение количества метана в атмосфере усиливает парниковый эффект, что ведёт к дальнейшему повышению температуры.

Математическая формулировка описывает поток метана из болота, который равен произведению кинетического коэффициента k (зависит от типа болота, pH и пр.), концентрации доступного органического субстрата S, температурной функции $f(T)$, и функции уровня воды $g(h)$:

$$R_{CH4} = k \cdot S \cdot f(T) \cdot g(h).$$

Температурная функция $f(T)$ чаще всего моделируется через уравнение Аррениуса или Q_{10} – модель, где скорость растёт экспоненциально с повышением температуры. Поэтому температурная функция можно задать так:

$$f(T) = \exp\left[\frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T_{\text{реф}}} - \frac{1}{T}\right)\right],$$

где E_a – энергия активации, R – универсальная газовая постоянная, $T_{\text{реф}}$ – это опорная (референтная) температура, при которой известна скорость процесса (например, метаногенеза). Она служит точкой отсчёта для сравнения, T – температура в активном слое.

Или через параметры Q_{10}:

$$f(T) = Q_{10}^{\frac{T-T_0}{10}}, Q_{10} \approx 2 - 4,$$

где T_0 – начальная температура.

Функция уровня воды $g(h)$ осуществляется как максимум нулём и выражается через уровни воды:

$$g(h) = max\left[0{,}1 - \frac{h - h_{\text{опт}}}{h_{max} - h_{\text{опт}}}\right],$$

где h – глубина уровня воды от поверхности, $h_{\text{опт}}$ – оптимальный уровень (близко к поверхности), h_{max} – уровень, при котором эмиссия прекращается.

Данная функция равна нулю, если уровень воды опускается ниже определённого порога, что сокращает анаэробную зону и снижает метаногенез. Концентрация субстрата S поступает из разложения свежих остатков и торфа, его пополнение зависит от температуры (согласно правилу Q_{10}), однако в масштабах десятилетий его лимитирование можно считать незначительным, если болотная система не осушается.

Второй блок модели описывает динамику температуры, которая изменяется под действием радиационных потоков и энергии, связанной с метаном и другими парниковыми газами.

Энергобаланс для изменения ΔT задаётся уравнением:

$$c\frac{d(\Delta T)}{dt} = \Delta D_{\text{CH4}} + \Delta D_{\text{CO2}} + \Delta D_{\text{др}} - \lambda \Delta T,$$

где c – теплоёмкость системы, $\Delta D_{CH4} = \alpha \cdot \Delta C_{CH4}$ – радиационное воздействие от изменения концентрации метана, связанное с его потоками (ΔC_{CH4} – изменение концентрации метана), при этом $\alpha \approx 0{,}37$ Вт/(м^2·ppb), ΔD_{CO2} – радиационное воздействие от изменения концентрации углекислого газа, связанное с его потоками, $\Delta D_{др}$ – это суммарное радиационное воздействие (изменение потока энергии в системе Земля-атмосфера, Вт/м^2) от всех антропогенных и природных факторов, кроме метана и углекислого газа, которые выделены отдельно.

Третий важный компонент – положительная обратная связь, при которой рост температуры вызывает увеличение эмиссии метана, что усиливает парниковый эффект и ведёт к дальнейшему повышению температуры. В линейной аппроксимации прироста эмиссии можно записать:

$$\Delta R_{\mathrm{CH4}} \approx \frac{\partial R_{\mathrm{CH4}}}{\partial T}\Delta T = \beta \cdot R'_{\mathrm{CH4}}\Delta T,$$

где $\beta = 10\ln(Q_{10})$. Тогда изменение радиационного воздействия на климат рассчитывается как:

$$\Delta D_{\mathrm{CH4}} = \alpha \cdot \tau \cdot \Delta R_{\mathrm{CH4}} \cdot F_{б}$$

где $\tau \approx$ 9-12 лет – время жизни метана в атмосфере, а $F_б$ – площадь болот.

Таким образом, модель интегрирует ключевые процессы: от биохимических превращений внутри болота, через климатические факторы, до обратных связей, поддерживая представление о сложной системе взаимодействий в глобальной и локальной экосистеме болот (Таблица 2).

Таблица 2. Ключевые параметры и процессов

Компонент	Обозн.	Типичные значения / зависимости	Влияние на эмиссию
Температура активного слоя	T	от −5 до +25 °C	Экспоненциальный рост $Q_{10} \approx 2$–4
Уровень воды	h	от 0,2 м до 0,5 м	Максимум при $h \approx 0$ (вода у поверхности), падение при осушении
Доступный субстрат	S	Высок в богатых органикой болотах, медленно восстанавливается	При неограниченном субстрате – лимит по T и h; при истощении – снижение эмиссии
Метаногенная активность	k	Зависит от pH, типа растительности, состава микроорганизмов	Увеличивается с повышением T до оптимума (30-40 °C)
Окисление метана (аэробное)	$R_{\text{окис}}$	Происходит в верхнем слое, увеличивается при понижении уровня воды	Снижает чистую эмиссию
Обратная связь	β	$\beta \approx$ 0,07-0,14 K^{-1} (для Q_{10} = 2-4)	Усиливает потепление
Радиационное воздействие метана	α	≈ 0,37 Вт/(м²·ppb)	Преобразует изменение концентрации в прирост температуры

Как видно из таблицы 2, при повышении температуры на один градус Цельсия уровень метана в болотах может увеличиться на 10–30% в зависимости от региона и гидрологических условий. Это приводит к дополнительному увеличению концентрации метана примерно на 20–50 промилле, что, в свою очередь, вызывает радиационное воздействие в диапазоне от 0,01 до 0,02 Вт/м².

А значения, полученные расчётным путём на основе нашей модели, можно увидеть на графике (Рис. 1). На графике видно, что при температуре до +10 градусов рост эмиссии незначителен, но при дальнейшем повышении температуры рост выбросов метана начинает резко увеличиваться. Эти данные соответствуют ранее представленной информации, найденной в литературных источниках, что позволяет говорить о достоверности модели и правильности расчётов.

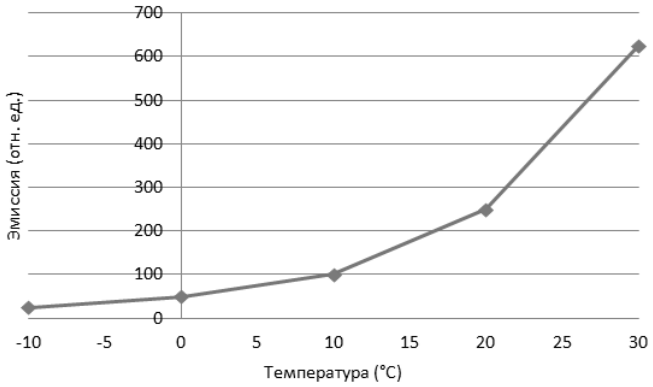


Рис. 1 - График зависимости эмиссии метана от температуры

В свою очередь, увеличение концентрации метана может привести к повышению глобальной температуры ещё на 0,02-0,05 °C, создавая замкнутый круг. Если учесть таяние многолетней мерзлоты и высвобождение древней органики, этот эффект может значительно усилиться.

Представленная модель позволяет качественно и полуколичественно оценить положительную обратную связь между потеплением и метановой эмиссией из болот. Основные неопределённости связаны с реакцией уровня воды на изменение климата, скоростью разложения старого торфа при оттаивании мерзлоты, а также возможным насыщением субстрата. Чтобы модель работала более точно, необходимо учесть несколько важных факторов:

– пространственную неоднородность;

– динамику растительности;

– углеродный цикл торфяников.

Упрощённая математическая модель, рассмотренная в статье, раскрывает взаимосвязь между болотами, метаном и глобальным климатом.

Эта модель открывает новые горизонты в понимании болот как уникальных экосистем. В условиях отсутствия кислорода, археи-метаногены, обитающие в болотах, производят метан, известный как «болотный газ». Болото выступает одновременно в роли фабрики метана и гигантского хранилища древней жизни, накапливая торф и изолируя углерод на тысячелетия.

Модель также позволяет оценить глобальные климатические процессы. Физико-математическая модель описывает положительную обратную связь: повышение температуры способствует ускорению метаногенеза, что, в свою очередь, приводит к увеличению концентрации метана в атмосфере. Этот дополнительный парниковый эффект способствует дальнейшему потеплению.

Эта цепочка событий, начиная с химического элемента и заканчивая глобальным климатическим циклом, наглядно показывает, как небольшие изменения, происходящие в болоте, могут оказывать значительное воздействие на нашу планету в целом.

Понимание этих взаимосвязей необходимо для прогнозирования климатических изменений и оценки рисков, связанных с таянием вечной мерзлоты и антропогенным воздействием на окружающую среду.

Исследование поддержано средствами гранта Фонда научно-технологического развития Югры. Соглашение № 2024-518-09

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Ожерельев, К. А. «Огоньки болотные горели»: эволюция образа «блуждающих огней» в русской литературе XIX–XX вв. (от поэтики «страшного» до символизации) // Наука о человеке: гуманитарные исследования. – 2024. – Т. 18. – №. 3. – С. 24-36.
2. Давронов, Ф. Ф. У. Исторические корни биогазовых технологий / Ф. Ф. У. Давронов, Л. И. Тиллоев //Вопросы науки и образования. – 2018. – №. 2 (14). – С. 32-33.

3. Батраков, П. А. О корреляции между процессом образования метана в результате анаэробной инкубации торфяного субстрата и эмиссией метана / П. А. Батраков, Д. А. Музипов, Е. А. Рыжникова // Динамика систем, механизмов и машин. – 2025. – Т. 13, № 4. – С. 85-93.
4. Ольчев, А. В. Оценка эмиссии и поглощения диоксида углерода и метана поверхностью суши и океана в XXI веке // Фундаментальная и прикладная климатология. – 2025. – Т. 11. – №. 3.
5. Чуванов, С. В. Биологическая активность образцов органогенных почв при разных уровнях влажности / С. В. Чуванов, Е. А. Кузнецова, О. В. Карелина, С. С. Гончарова // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. – 2025. – №. 2. – С. 84-95.
6. Гусев, М. В. Микробиология / М. В. Гусев, Л. А. Минеева. – Москва: Академия, 2007. –464 с.

РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

DEVELOPMENT AND JUSTIFICATION OF THE EFFECTIVENESS OF AN ECOTECHNOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT COMPLEX

Савостина А.М.

Savostina A.M.

Россия, НефтИн (филиал) ФГБОУ ВО ЮГУ Нефтяной институт, ann.savostina@mail.ru

Russia, NeftIn (branch) of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, the Petroleum Institute, ann.savostina@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается проблема загрязнения водных объектов производственными стоками, актуальная для регионов с развитой нефтегазодобычей, таких как ХМАО-Югра. Предложен экотехнологический комплекс очистки сточных вод, включающий три последовательных модуля: габионно-сорбционный, фиторемедиационный (биоплато на основе макрофитов) и биосорбционный фильтр тонкой очистки. Приведены теоретические расчеты, подтверждающие снижение концентраций загрязняющих веществ ниже установленных предельно допустимых значений. Обоснована экономическая эффективность предложенного решения и представлена бизнес-идея по коммерциализации разработки через продажу рабочей конструкторской документации.

Ключевые слова: сточные воды, очистка, экотехнологический комплекс, фиторемедиация, габионы, макрофиты, биосорбция, нефтегазовая отрасль, ХМАО.

Введение

Загрязнение окружающей среды, и в особенности водных ресурсов, представляет серьезную угрозу для здоровья и жизнедеятельности человека. По данным Всемирной организации здравоохранения, каждый десятый житель планеты страдает от последствий потребления некачественной питьевой воды. Ежегодно загрязнению подвергается более половины источников пресной воды. В Российской Федерации ситуация также вызывает обеспокоенность: каждая пятая проба воды не соответствует требованиям ГОСТ по физико-химическим показателям, каждая девятая – по микробиологическим нормативам.

Качество воды определяется составом содержащихся в ней веществ и примесей. Превышение допустимых концентраций загрязнителей оказывает негативное воздействие на водные экосистемы и, опосредованно, на здоровье населения. В связи с этим сброс сточных вод (СВ) промышленных предприятий допускается только после их очистки до уровней, не превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ.

Существующие очистные сооружения зачастую характеризуются низкой эффективностью вследствие морального и физического износа оборудования, отсутствия своевременной модернизации, а также ввиду нелегальных сбросов неочищенных стоков в обход систем очистки.

Ханты-Мансийский автономный округ – Югра является регионом с высокоразвитой нефтегазодобывающей отраслью, что обусловливает повышенную антропогенную нагрузку на водные объекты. Это диктует необходимость разработки и внедрения эффективных, экономически целесообразных и экологически безопасных технологий очистки производственных стоков. В качестве полигона для экспериментальных исследований выбрано озеро Самотлор, что обусловлено прохождением автором производственной практики на предприятиях АО «Самотлорнефтегаз» и наличием информации о характере загрязнения данного водоема.

Целью настоящей работы является снижение антропогенной нагрузки от сточных вод предприятий путем разработки экотехнологического комплекса очистки воды.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1.Провести анализ качества стоков, аккумулируемых в регулирующей емкости, как источника загрязнения;

2.Разработать принципиальную схему и состав экотехнологического комплекса для очистки воды.

Идея проекта

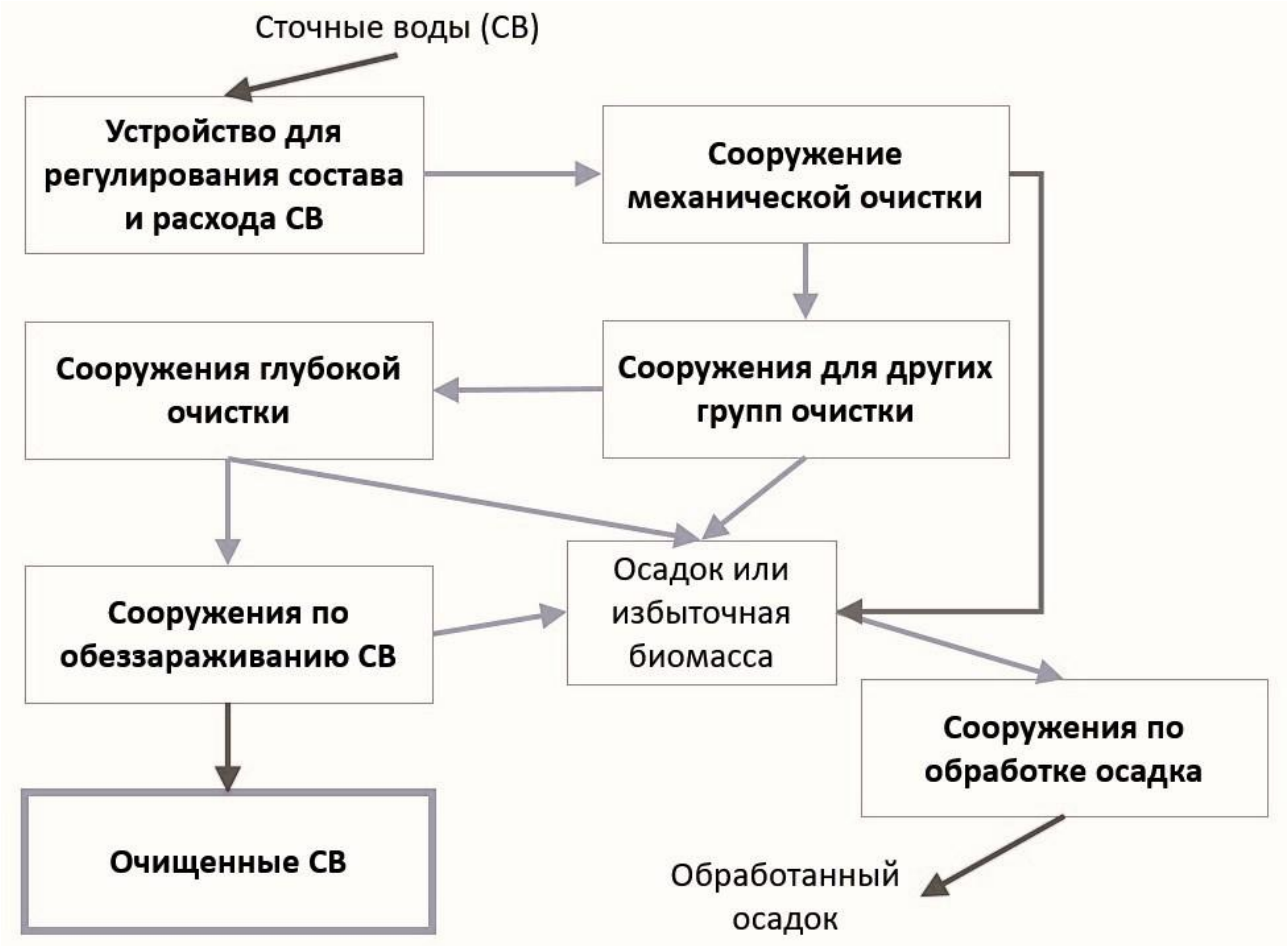


Рис. 1 - Общая схема очистки СВ

Концепция экотехнологического комплекса

Исходным элементом схемы очистки является регулирующая емкость – естественный или искусственный водоем, либо иной водный объект, служащий приемником производственных стоков. В данном проекте в качестве регулирующей емкости рассматривается озеро Самотлор.

Предлагаемый экотехнологический комплекс базируется на комбинации фиторемедиационных методов очистки с габионно-фильтрационной технологией. Учитывая значительный объем загрязненной воды, комплекс разделен на три последовательно расположенных модуля, размещаемых в месте сужения регулирующей емкости (участок с шириной русла около 6 м и глубиной порядка 2 м).

Модуль 1 (Габионно-сорбционный). На входе в сужение русла устанавливаются габионы (объемные сетчатые конструкции) общей площадью около 15 м^2, заполненные сорбирующей и фильтрующей загрузкой. В качестве загрузки используется композиция из биосорбента, гравия, щебня и камня. Данный модуль обеспечивает механическую и сорбционную очистку, задерживая взвешенные вещества, нефтепродукты, а также снижая концентрации хлоридов, сульфатов, фосфатов, нитратов и аммонийного азота. Формирующаяся на поверхности загрузки биопленка дополнительно способствует биосорбционной очистке.

Модуль 2 (Фиторемедиационный – биоплато). Второй модуль представляет собой участок русла протяженностью 150 м, засаженный сообществами высших водных растений – макрофитов. Данная биосистема функционирует как аналог естественного биоплато, обеспечивая саморазвитие и поддержание процессов очистки. Фиторемедиация включает комплекс механизмов: фитофильтрацию, фитоэкстракцию, фитоиспарение и биосорбцию. Растения и ассоциированная с ними микрофлора эффективно удаляют из воды взвешенные

вещества, сухой остаток, фосфаты, нитраты, нитриты, аммоний, железо, хлориды, сульфаты и остаточные нефтепродукты.

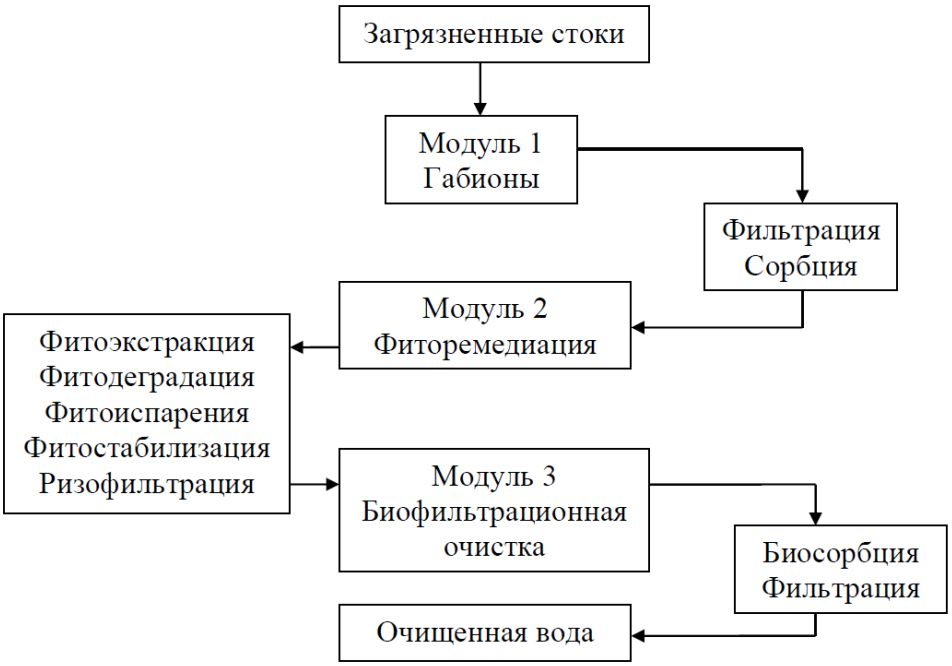


Рис. 2 - Схема очистки сточных вод

Модуль 3 (Биосорбционной доочистки). Завершающим этапом является использование биосорбционного модуля на основе пленчатого фильтра BioSteps FSM 4600. Биозагрузка фильтра выполнена из полимерных листов с развитой поверхностью, состоящей из переплетенных волокон. Высокая удельная поверхность обеспечивает эффективную доочистку (до 94%) от таких загрязнителей, как химическое потребление кислорода (ХПК), аммонийный азот (NH_4), фосфор (P) и взвешенные твердые частицы.

Теоретическая оценка эффективности

Выполненные теоретические расчеты (представлены на рисунке 3 исходного документа) показывают, что последовательное прохождение сточных вод через все три модуля экотехнологического комплекса позволяет снизить концентрации загрязняющих веществ до значений, значительно меньших установленных нормативов ПДК для рыбохозяйственных водоемов.

Эксплуатационные особенности

1.Наиболее интенсивно процессы биологической и фиторемедиационной очистки протекают в теплый период года при температуре воды не ниже 5°C.

2.В холодный период года (зимой) основная нагрузка по очистке до требуемого уровня ложится на сорбционный фильтр (модуль 3).

3.Замена биофильтров (модуль 3) требуется с периодичностью один раз в пять лет.

4.Гарантийный срок службы основных элементов комплекса составляет 25 лет.

Базовые принципы коммерциализации проекта:

Продукт: Услуга по разработке и предоставлению рабочей конструкторской документации (РКД) на экотехнологический комплекс.

Потребители: Нефтегазовые компании, имеющие проблему очистки производственных стоков.

Организационная модель: Реализация проекта осуществляется на базе конструкторского бюро ООО «Нефтегазовый инжиниринг» с привлечением профильных специалистов под конкретные задачи.

Конкурентное преимущество: Уникальность технологии, востребованность услуг инжиниринговых компаний, возможность создания интеллектуальной собственности в виде РКД, которая может быть многократно

реализована заказчикам. Расходы возникают преимущественно на этапе разработки базовой документации и при наличии конкретного заказа.

На текущий момент имеются проработанные расчеты габаритных размеров, пропускной способности комплекса и необходимого количества макрофитов, что является достаточной базой для перехода к этапу проектирования и создания опытного образца.

Заключение

Внедрение разработанного экотехнологического комплекса позволит обеспечить:

- эффективную очистку и обеззараживание производственных сточных вод;
- существенное снижение антропогенной нагрузки на водные объекты;
- восстановление экологического состояния водоемов (в частности, озера Самотлор) и доведение качества воды до нормативных требований, предъявляемых к рыбохозяйственным водоемам.

Дальнейшим этапом работы является создание прототипа комплекса и проведение натурных испытаний в условиях реального сброса сточных вод в регулирующую емкость с последующей коррекцией рабочей конструкторской документации.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Saveleva, N. N. Construction of water objects for comprehensive filtration gabion treatment / N. N. Saveleva, Y. V. Savelev // Bio web of conferences: International Scientific Forestry Forum 2023: Forest Ecosystems as Global Resource of the Biosphere: Calls, Threats, Solutions (Forestry Forum 2023), Voronezh, Russian Federation, 23–25 октября 2023 года. – Les Ulis: EDP Sciences, 2024. – P. 04005. – DOI 10.1051/bioconf/20249304005.
2. Савельева, Н. Н. Строительство водных объектов для комплексной фильтрационной габионной очистки от нефтепродуктов / Н. Н. Савельева, Я. В. Савельев // Components of Scientific and Technological Progress. – 2023. – № 11(89). – С. 34-37.
3. Савельев, Я. В. Очистка сточных вод при помощи габионных конструкций / Я. В. Савельев // Опыт, актуальные проблемы и перспективы развития нефтегазового комплекса: Материалы XIII Международной научно-практической конференции обучающихся, аспирантов и ученых, Нижневартовск, 20 апреля 2023 года / Отв. редактор Н.Н. Савельева. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2023. – С. 156-160.
4. Савельева, Н. Н. Совершенствование технологического оборудования системы сбора и подготовки скважинной продукции / Н. Н. Савельева // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – № 2. – С. 138-142. – EDN VVHSOL.

ВЛИЯНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА НЕКОТОРЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ПРИЛЕГАЮЩИХ ЛЕСНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ

INFLUENCE OF HIGHWAYS ON SOME PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF SOILS OF ADJACENT FOREST PHYTOCENOSES

Севостьянов С.М. [1,2], Соколов А.А. [1]

Sevostyanov S.M.[1,2], Sokolov A.A.[1]

[1] Тульский государственный университет, Тула,

[2] ФИЦ «Пущинский научный центр биологических исследований РАН» - обособленное подразделение Институт фундаментальных проблем биологии РАН, Пущино, sevost2000@rambler.ru

Транспортная инфраструктура является значимым фактором изменения природных ландшафтов и экосистем, так как происходит не только изменение геохимических потоков в результате механического преобразования, но и в результате комплексного воздействия физических и химических факторов антропогенного характера, что влияет на микроклимат, гидрографию, почвы [1]. Автомобильные дороги являются одним из наиболее значимых источников антропогенного воздействия на геохимическую обстановку прилегающих территорий, оказывая влияние на почвенный покров, растительность, поверхностные и грунтовые воды. Комплекс загрязняющих веществ, поступающих от автотранспорта и дорожной инфраструктуры, чрезвычайно разнообразен и включает как газообразные, так и твердые компоненты [2]. При эксплуатации автодорог наиболее изменчивыми являются химические свойства почв прилегающих территорий в результате газопылевого загрязнения [3].

Особенно заметно влияние противогололедных реагентов, обычно хлоридов натрия и калия, которые напрямую влияют на почвенный покров, меняя физико-химические характеристики почв. В зависимости от рельефа и природно-климатических особенностей вдоль автомобильных дорог могут формироваться устойчивые геохимические аномалии, так как они являются источником пыли с преобладание кальция (известковые строительные материалы дорог, щебень), нефтяных углеводородов от асфальтобетонного покрытия и выхлопов автотранспорта, соляных противогололедных реагентов [4].

Влияние автомобильных дорог проявляется в том числе в изменении видового состава растительности, что особенно сильно проявляется в непосредственной близости к дорожному полотну [5].

Целью работы является оценка влияния автомобильных дорог на почвы прилегающих лесных фитоценозов в условиях лесничества Русский лес, где на фоне единых природно-климатических условий выражена пестрота литологических, гидрологических условий и рельефа, а растительность представляют собой мозаику лесовосстановительных посадок, сукцессионно-восстановительных и исходных биогеоценозов. С этой позиции территория обладает большим потенциалом для сравнительных ландшафтно-экологических исследований.

Метод трансект используется для изучения климатических, геоморфологических, почвенных, биотических и др. природных характеристик [6]. Для исследования был использован метод трансект с отбором почвенных образцов с интервалом 5 метров, отсчет первого образца 5 метров от края асфальтового покрытия дороги, и от 5-й точки отбора проб (25 метров), еще одна 35 метров от края дорог. Данный шаг отбора образов выбран на основе ранее проведенных исследований по оценке загрязнения снежного покрова.

Точки отбора проб по трансектам приурочены к автомобильной дороге 46К-2290, проходящей северней реки Оки в Серпуховском районе Московской области, на ровных водораздельных участках. Каждая пара трансект 1/2, 3/4 имеют разную литологическую основу, почвенные условия, высоту над уровнем моря. Общие факторы – расположение относительно дорог, максимально близкие условия по экспозиции в рельефе. Основным принципом был выбор контрастных лесных экосистем и расположение пар близких фитоценозов напротив друг друга относительно дороги – (Таблица 1).

Таблица 1. Точки расположения трансект отбора образцов в лесничестве "Русский лес"

№ точки	Лесные ассоциации	Почвы
1	Елово-сосновый лес (с участием березы) чернично-брусничный	дерново-подзолистые почвы
2	Сосняк березовый, чернично-орляковый	дерново-подзолистые почвы
3	Осиновый лес волосистоосоково-широкотравный с участием липы и клена, единично – сосны	дерново-подзолистые карбонатные почвы
4	Осиновый лес волосистоосоково-широкотравный с участием липы и клена	дерново-подзолистые карбонатные почвы

Проведена оценка изменения физико-химических свойств образцов почв по pH и удельной электропроводности вытяжки почвы (УЭП). Параллельно было проведено краткое описание травянистой растительности исследуемых фитоценозов. Проведена оценка динамики содержания органического вещества по потерям при прокаливании и содержание гумуса. По результатам определены наиболее чувствительные к воздействию автомобильной дорожной сети почвы фитоценозов.

Выраженное влияние на кислотность в трансектах 1 и 2 фиксируется на расстоянии 5 метров от дороги.

Динамика удельной электропроводности и содержания органического вещества отражает особенности микрорельефа данного фитоценоза - обилие понижений и небольших повышений в виде грив и кочек влияют на перераспределение органических веществ и макро- микроэлементов, создавая дискретную картину.

Влияние автодороги (Таблица 2, трансекта 1,) в слое почвы 0-10 см прослеживается на расстоянии до 20 метров, отличие pH более 1 ед., от 5,8 до 3,98 (фон). Травянистая и кустарничковая растительность в данной полосе также отличается по разнообразию, особенно явно проявляется присутствие ландыша и земляники лесной, которые перестают фиксироваться в 15 метрах от дороги.

Таблица 2. Динамика кислотности, электропроводности и содержание органического вещества в почве трансекты точки 1

№ точки, расстояние	Точка 1 (5 метров)	Точка 2 (10 метров)	Точка 3 (15 метров)	Точка 4 (20 метров)	Точка 5 (25 метров)	Точка 6 (35 метров)
Описание растительности	Ландыш, брусника, злаки, земляника	Ландыш, брусника, злаки, земляника, черника, мох	Ландыш, брусника, злаки, земляника, черника, мох	черника, злаки, осока, мох	черника, злаки, осока, мох	черника, злаки, осока, мох
pH слоя 0-10 см, ед.	5,81	5,53	5,02	4,76	4,58	3,76
pH слоя 10-20 см, ед.	5,68	5,46	4,93	4,99	5,18	4,43
УЭП слоя 0-10 см	69	25	16	27	27	97
УЭП слоя 10-20 см, мкСм/см	23	13	18	14	23	28
Органическое вещество, %	14,16	6,44	48,70	11,82	27,08	66,37

Как и на трансекте 1, трансекта 2 характеризуется неоднородным микрорельефом, с западинами и повышениями. В отличие от т.1, на точке два представлен папоротник Орляк обыкновенный, а также на гривах, параллельных автодороге присутствует вереск (Таблица 3).

Таблица 3. Динамика кислотности, электропроводности и содержание органического вещества в почве трансекты 2

№ точки, расстояние	Точка 1 (5 метров)	Точка 2 (10 метров)	Точка 3 (15 метров)	Точка 4 (20 метров)	Точка 5 (25 метров)
Описание растительности	осока, папоротник	черника, вереск, ландыш (редко)	черника, злаки, мох	черника, папоротник, брусника, вереск	черника, папоротник, злаки, мох
pH слоя 0-10 см,ед.	5,21	4,47	4,85	4,19	4,38
pH слоя 10-20 см, ед.	5,46	4,99	5,04	4,84	4,96
УЭП слоя 0-10 см, мкСм/см	24	32	39	64	32
УЭП слоя 10-20 см, мкСм/см	14	14	12	16	14
Органическое вещество, %	4,53	32,03	16,10	19,81	33,01

Удельная электропроводность на трансекте 2, как и на 1-й, отличается в сторону уменьшения в слое 10-20 см, но более выраженно, в 2-3 раза относительно слоя 0-10 см.

Трансекты точек 3 и 4 резко отличаются от 1 и 2 по почвенным характеристикам и, соответственно, растительности. Лесная ассоциация представлена лиственными породами, с преобладанием осины. Развитый и разнообразный травянистый покров, с большим количеством кустарников и подроста. Выраженного влияния автодороги на измеренные показатели отсутствуют, показатели pH колеблются в диапазоне 6,2-6,8.

Таким образом, степень влияния от эксплуатируемой автомобильной дороги может отличаться для различных близко расположенных фитоценозов, в зависимости от исходных физико-химических характеристик почв, гидрологических условий, рельефа. Наиболее чувствительными являются почвы болотистых экосистем.

Результаты исследования могут быть полезны и использованы для разработки эффективных стратегий управления и охраны лесных экосистем в условиях растущей транспортной нагрузки.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Скобелев В.А., Ларионов М.В. Воздействие объектов автотранспортной инфраструктуры на природную среду и ресурсный потенциал ландшафтных компонентов // International agricultural journal - 2023. - Т 66, № 3. Порядковый номер: 10.
2. Белогубкин А.А. Формирование геохимической ситуации под влиянием упорядоченных антропогенных и природно-антропогенных потоков веществ в условиях урбанизации // Антропогенная трансформация природной среды. – 2025.- Т. 11, № 2. С. 61-69.
3. Шевченко Д.О. Влияние строительства и эксплуатации автодорог на химические и физические функции почвы // Междисциплинарные подходы в биологии, медицине и науках о земле: теоретические и прикладные аспекты. Материалы симпозиума в рамках XVII (XLIX) Международной научной конференции студентов и молодых ученых "Образование, наука, инновации: вклад молодых исследователей". Издательство: Кемеровский государственный университет. Выпуск 23. 2022. С. 237-239
4. Пименова Е.В., Лихачев С. В. Экологическая оценка почв в зоне влияния автодороги // Проблемы агрохимии и экологии, 2020, № 4. 63-67 с.

5. Шавалда Е.С., Комар А.Ю., Судник А.В. Особенности таксономического состава и синантропизации флоры придорожных фитоценозов автомобильных дорог г. Минска и Минской области // Ботаника. Исследования – 2024. №54. С.131-143.
6. Никифоренко Ю.Ю., Мельник О.А. Методы экологических исследований: учебное пособие // Краснодар: КубГАУ, 2022. 87 с.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА НЕКОТОРЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОСТОВ НА ОСНОВЕ ПИЩЕВЫХ ОТХОДОВ И ОСАДКАХ СТОЧНЫХ ВОД
COMPARATIVE ASSESSMENT OF SOME PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF COMPOST BASED ON FOOD WASTE AND SEWAGE SLUDGE

Сон Б.К.[1], Севостьянов С.М.[1], Демин Д.В.[1,2]
Son B.K., Sevostyanov S.M., Demin D.V.
[1]ФИЦ «Пущинский научный центр биологических исследований РАН» - обособленное подразделение Институт фундаментальных проблем биологии РАН, Пущино, Sevost2000@rambler.ru
[2]ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, nimedd@yandex.ru

В настоящее время актуально создание доступных, качественных и экологически безопасных органоминеральных субстратов, пригодных для восстановления или удобрения почвенного покрова. Одним из источников органического вещества и макро- микроэлементов могут быть различные органические отходы, в частности осадки хозяйственно-бытовых сточных вод (ОСВ), пищевые и т.п. отходы.

Наиболее эффективной технологией для переработки органогенных отходов, требующих глубокой переработки относительно их исходного состояния, является компостирование [1].

В настоящее время отработана и реализована технология компостирования органических отходов с использованием современных средств механизации и программного обеспечения, позволяющих в контролируемых условиях в достаточно короткие сроки из иловых осадков и других органических отходов получить рыхлый рассыпчатый грунт с землистым запахом. Основным приемом для получения качественных компостов является использование так называемых «Климатических камер», в которых за счет укрывного материала обеспечивается компостирование в условиях максимально возможной изоляции от воздействия окружающей среды и поддержания внутри оптимальных условий [2]. Компостирование проводится в бетонных «ваннах», в которых проложены защищенные каналы для отвода фильтрата и подачи воздуха. Проект реализован на площадках ООО «Грунт Эко». Смесь пищевых отходов, иловых осадков и щепы закладывается в «ванную» и укрывается специальным полотном. Устанавливаются контрольные датчики. Процесс компостирования составляет 2 месяца с последующим выдерживанием на мезофильной фазе 2 месяца. Далее проводится просеивание на нескольких ситах для удаления крупных фракций щепы и получения компоста. В наших исследованиях использовали фракцию компоста, просеянную через сито 2 мм.

Были получены несколько вариантов компостов, проведена оценка их экологической безопасности и плодородия. Проведена оценка органических удобрений двух вариантов компостов – полученных на основе осадков сточных вод, пищевых и сельскохозяйственных отходов методом компостирования:

Компост 1 – компост на основе осадков сточных вод, растительных отходов и щепы;

Компост 2 – компост только на основе растительных отходов и щепы.

Была проведена оценка удельной электропроводности (УЭП), характеризующая концентрации растворимых солей, содержащихся в почвенном растворе, pH, содержания органического вещества [3, 4]. Результаты представлены в таблице 1.

При сходных условиях и сроках приготовления компостов, содержание органического вещества отличается. Это связано в первую очередь с тем, что использование осадка сточных вод в смеси субстрата для изготовления компоста 1 обогащает субстрат азотом и минеральными компонентами, что обеспечивает более интенсивные процессы трансформации органических веществ и их гумификацию.

Таблица 1. Характеристики компостов

Вариант	Характеристики компостов			
	Вес золы, %	п.п.п. (содержание органического вещества), %	pH	УЭП, µSm/Sm
Компост 1 (с осадком сточных вод)	65,8±0,28	**34,2±0,28**	6,69±0,02	2440±4,2
Компост 2 (на растительных отходах)	50,0±0,3	**50,0±0,3**	6,99±0,02	1866±4

Проведено биотестирование в условиях краткосрочного опыта на кресс-салате (*Lepidium sativum*) [5] (рис. 1).

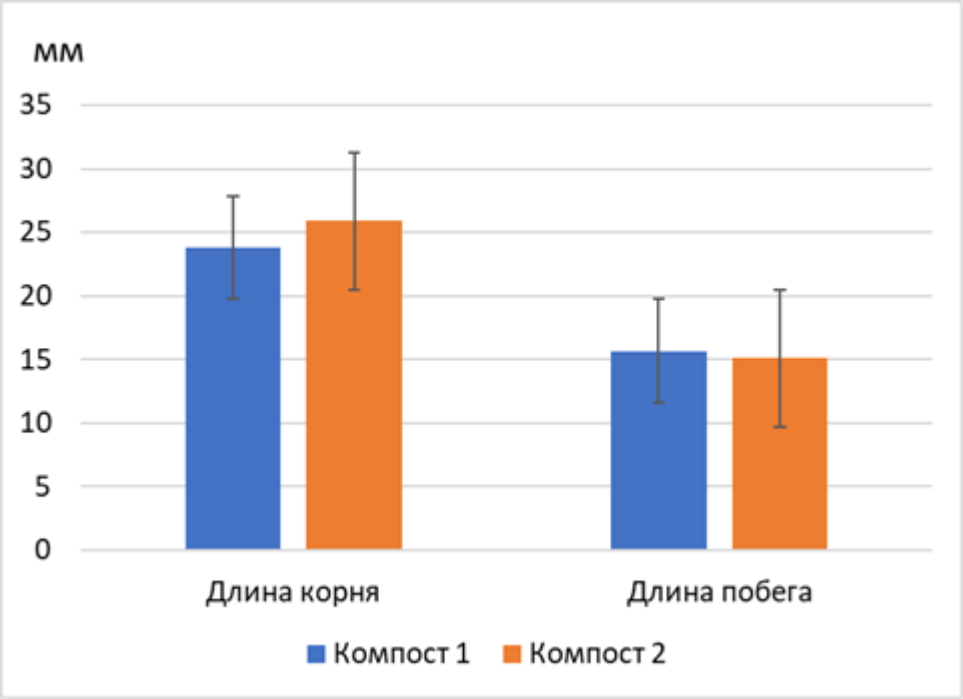


Рис. 1. - Результаты биотестирования на проростках кресс-салата

Результаты биотестирования на проростках кресс-салата показали, что влияние на рост и развитие проростков кресс-салата практически одинаковые (Рис. 1). В то время как в контроле длина корня составила 93±21 мм, а длина стебля всего 6,73±4 мм, в 2,5 раза меньше чем на компостах.

Были определены значения полной влагоемкости компостов, на навесках 10 г по сухому весу в трехкратной повторности, и проведена оценка потери влаги (испарения) при температуре +22±0,5 °C в течении 7 суток. Компост 2 компост показал максимальную влагоёмкость 209 %, содержание влажность снизилась до 132 % к концу недели, потеря влаги 37 %. У Компоста 1 исходные значения ниже – максимум 191 %, через 7 суток – 59 %, что составило потерю влаги 69 %. Таким образом, компост на основе только растительных отходов с щепой, обладает большей влагоемкостью и, при этом, удерживает влагу лучше, чем другой тестируемый компост. Фактически, компост только на растительных и пищевых отходах, полученный ускоренной трансформацией, аналогичен природной трансформации напочвенного покрова из разлагающегося опада - подстилке, а полученные свойства по влагоемкости близки к торфу или лесной подстилке.

Результаты определения водного pH в интервал 6,50–7,00, то есть показатель ближе к нейтральному. Таким образом, по этому показателю оба компоста подходят для выращивания большинства

сельскохозяйственных и декоративных культур, их можно считать универсальными, пригодными для большинства почв.

Оба варианта компоста по гранулометрическому составу (по методу Качинского, содержание частиц размером <0,01 мм) соответствуют легкосуглинистым почвам.

Рентгенфлюоресцентный анализ макро- и микроэлементов образцов компостов показал, что содержание микро- и макроэлементов удовлетворяет нормативным требованиям. В среднем содержание макроэлементов несколько выше у компоста 1, где использованы осадки сточных вод в смеси субстрата для изготовления компоста. Также компост на основе осадков сточных вод имеет повышенное содержание натрия, что следует учитывать при выборе направления и условий использования.

Использование таких компостов является комплексным мелиоративным приемом, который позволяет восстановить баланс органического вещества в почвах, а значит и их физико-химических свойств, поддержать уровень содержания макро- и микроэлементов, которые интенсивно изымаются при интенсивном сельском хозяйстве с урожаем. Применение компостов также позволяет улучшить влагоудерживающую способность почв, что, в условиях аридизации большинства территорий, с активным выращиванием сельскохозяйственной продукции, является важным фактором поддержания плодородия почв и продуктивности сельхозугодий. Также, разовое использование компостов на основе переработанных органических отходов может способствовать возобновлению лесных экосистем при лесовосстановлении, а также без ограничений использоваться в декоративном цветоводстве.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Беляева С.Д., Короткова Е.В., Петров М.И., Беляев М.А. Компостирование осадков сточных вод: теоретические и практические аспекты. Часть 1. // Экология производства, № 2 (211), 88-90 (2022)
2. Севостьянов С.М., Демин Д.В., Аладин Д.Ю., Сон Б.К., Торопов И.В., Половинкин Н.А. Разработка методологических основ по экологически чистой переработке пищевых отходов для создания высококачественного плодородного компоста с использованием климатических камер. В кн.: Сборник материалов: Пятый Международный молодежный научно-практический форум «Нефтяная столица». - М: Центр научно-технических решений (АНО ЦНТР), 2022 г., с. 299-301. ISBN 978-5-6043996-8-2
3. ГОСТ 26423-85 Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки. – М.: Стандартинформ 1985.– 7с.
4. ГОСТ 23740-2016 Методы определения содержания органических веществ. Москва. Стандартинформ. 2017.
5. Зайцева О.В., Екимова Н.А., Севостьянов С.М., Дёмин Д.В. Оценка токсичности осадков сточных вод большого и малого населенных пунктов на кресс-салате для их безопасного использования. Успехи современного естествознания, №10, 8-13 (2023) Doi 10.17513/use.38107

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ БИОСТИМУЛЯТОРОМ НА ДЛИНУ И МАССУ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ И ПРОРОСТКОВ ГОРЧИЦЫ САЛАТНОЙ

Трефильев П.П., Демин Д.В.
Trefilyev P.P., Demin D.V.
Российская Федерация, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, р.п. Большие Вяземы, e-mail: petrtrefilev@mail.ru

Для повышения посевных качеств семян сельскохозяйственных культур различных видов в современной агрономической практике, наряду с традиционными методами обработки, такими как протравливание фунгицидами и инсектицидами, обогащение микроэлементами и микробными препаратами, широко применяется обработка биологически активными веществами [1]. Данный агротехнический приём способствует не только увеличению урожайности, но и оказывает положительное влияние на качественные характеристики получаемой продукции, включая повышение технологических показателей, таких как сахаристость, содержание крахмала, белка, витаминов, эфирных масел и других ценных компонентов.

Считается, что предпосевная обработка семян способствует не только интенсификации процессов прорастания, что непосредственно отражается на уровне урожайности, но и усиливает адаптационный потенциал растений к воздействию биотических и абиотических стрессовых факторов [2]. При этом основные показатели качества продукции, как правило, не выходят за пределы генотипически обусловленных сортовых характеристик. В данном контексте речь идёт о реализации потенциальных возможностей конкретного сорта в производственных условиях

Как показывает опыт, предпосевная обработка семян представляет собой один из наиболее доступных, экономически выгодных, эффективных и перспективных агротехнических приёмов, направленных на повышение урожайности сельскохозяйственных культур. Известно, что стабильность и динамичность формирования морфологических характеристик проростков на начальных этапах онтогенеза проростков и корневых систем влияют на количество и качество будущих растений.

Лабораторное исследование на семенах горчицы салатной позволило установить, что применение биостимулятора из растительного сырья [3] в концентрации 10^{-5}мг/мл способствовала более интенсивному развитию проростков и корневых систем у обработанных семян в течение всего наблюдаемого периода.

Лабораторные опыты на семенах горчицы салатной показали, что применение биологически активных препаратов (например, БС 10^{-5} мг/мл) приводит к:значительному увеличению длины проростков и корневой системы на всех этапах наблюдения (на 15-е сутки – на 41% и 49 % соответственно);увеличению сырой и сухой массы проростков и корневой системы (например, сухая масса корневой системы увеличилась на 292% по сравнению с контролем).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Majid Esmaeeli, Arash Roozbahani, Jahanfar Daneshian, Combined effects chitosan and genotype on agronomic, physiologic, and biochemical characteristics of soybean under drought stress conditions, South African Journal of Botany, Volume 174, 2024, Pages 678-685, https://doi.org/10.1016/j.sajb.2024.09.036
2. Feng, Di, et al. "Exogenous substances used to relieve plants from drought stress and their associated underlying mechanisms." International Journal of Molecular Sciences 25.17 (2024): 9249.
3. Амосова Н.В., Севостьянов М.А., Бабина К.В., Азарова А.Б., Демин Д.В., Ульяненко Л.Н., Михалева С.Н., Будынков Н.И., Андреевская В.Н., Картабаева Б.Б. Влияние биостимулятора из растительного сырья на морфофизиологические, цитогенетические и биохимические показатели проростков ячменя // Достижения науки и техники АПК. 2024. Т. 38. № 2. С. 29-34.

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА БИОЛОГИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА И АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НАРУШЕННЫХ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF BIOLOGICAL MATERIAL AND AGROTECHNICAL TECHNIQUES FOR RESTORING DISRUPTED SOILS IN THE FAR NORTH

Трусова А.М. [1], Макаров А.Н.[2], Муравьева М.В. [2], Демин Д.В. [3], Глинушкин А.П. [1]

Trusova A.M. [1], Makarov A.N. [2], Muravyeva M.V. [2], Demin D.V. [3], Glinushkin A.P. [1]

[1] Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,[2] «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», [3]Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, e-mail: lissa.andr@mail.ru

Актуальность

Разработка месторождений полезных ископаемых, эксплуатация и транспортировка нефтепродуктов сопровождается повышением антропогенной нагрузки на территории. В условиях Крайнего Севера нарушение естественных экосистемных процессов отражается наиболее ярко, в связи с чем, охрана и рекультивационные мероприятия для нарушенных или загрязненных ландшафтов остаются одним из важнейших приоритетов для сохранения экологического благополучия. Поддержание устойчивого функционирования окружающей среды регулируется федеральными и законами и подзаконными актами, к примеру Федеральным законом "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 N 7-ФЗ, опираясь на который, согласно пунктам 3 и 4 статьи 46, на всех этапах добычи должны предусматриваться меры по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов, а также иного воздействия на окружающую среду [2].

Возможности использования и переработки отходов в сельском хозяйстве рассматриваются уже давно, но каждый вид отходов требует индивидуального и специализированного подхода для дальнейшего вовлечения в сферы производства. Получение органоминерального удобрения направлено не только на вовлечение продуктов переработки и полезных компонентов обратно в сельскохозяйственный цикл, но и на улучшение физических характеристик почвы, а также обеспеченности растений требуемыми элементами минерального питания [3,4].

Мероприятия по восстановлению направлены на восстановление плодородного слоя и подбор доступных смесей злаков, адаптированных к северным условиям и способным к формированию дернины в короткие сроки, что важно для предотвращения эрозионных процессов. На нарушенных территориях формирование устойчивого дернового покрова затруднительно без дополнительного внесения органоминеральных субстратов.

Цели и задачи

Целью данной работы являлась разработка технологии восстановления почвенного покрова с использованием органоминерального удобрения (ОМК), полученного из пищевых отходов, и адаптированных травосмесей.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- Выделить активные микроорганизмы-деструкторы из почв и отходов ЯНАО.
- Создать на их основе биопрепарат для ферментации пищевых отходов.
- Получить ОМК и исследовать её свойства.
- Подобрать травосмеси, способные к вегетации в условиях крайнего севера.
- Провести вегетационный эксперимент по оценке эффективности ОМК на двух типах северных почв с разными травосмесями.

Материалы и методы исследований

Эксперимент проводился в лабораторных условиях на двух типах почв.

Образец № 1 представлен подзолом иллювиально-железистым, пробы отбирались из горизонта A_2, *серовато-белесый тонкозернистый песок.*

Подзолы иллювиально-железистые формируются преимущественно на мономинеральных песках и элюво-делювии кислых магматических пород на территориях с промывным водным режимом. Основные почвенные

процессы характерные для данного типа представлены подстилкообразованием, грубогумосово-аккумулятивным процессом и альфегумусовым процессом [5].

Образец № 2 представлен подбуром иллювиально-железистым, пробоотбор производился из горизонта Bh (5-30 см), *буровато-желтый суглинок.*

Подбуры формируются на субстратах с высокой фильтрацией и с малой водоудерживающей способностью, что обеспечивает промывной режим и хорошей аэрации. Основным почвообразующим процессом является альфегумусовое иллювиирование, в результате которого мобилизируются соединения железа и алюминия [**6**].

Между образцами наблюдались значительные отличия по физико-химическим показателям: pH первого образца 7,0, второго 5,4; содержание органического вещества 0,2 и 1,4% соответственно. По гранулометрическому составу демонстрировались выраженные отличия по содержанию физической глины, составившие 6,6 % в первом образце и 48,3 % в образце 2.

Почва первого образца слабо обеспечена подвижными формами азота (13.6 мг/кг), калия (3/мг/кг), фосфора (12 мг/кг). Во втором почвенном образце содержится подвижных форм азота 21 мг/кг, 11 мг/кг – фосфора и чрезвычайно высокое содержание калия – 5487 мг/кг.

Органоминеральная композиция (ОМК) была получена путем твердофазной ферментации пищевых отходов, которые были отобраны в районе Нового Уренгоя. Для раскисления субстрата и формирования структуры в состав вводилась известь. В результате значение pH составило 8,7, содержание органического вещества 10,6%. Содержание физической глины 19,8%. ОМК содержит крайне высокие дозы подвижных NPK (2090, 430 и 8060 мг/ кг соответственно). Учувствовавшие в процессе ферментации микроорганизмы были представлены родами *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Streptomyces* и др. и проявляли липазную, лецитазную, каталазную, целлюлозо- и лигнинолитическую активность. Рабочий диапазон температур ферментации составил 20–37°C и значений pH 4–10.

Для проведения эксперимента были подготовлены смеси образцов почвы с ОМК в двух соотношениях по сухому весу: 3:1 (25% удобрения) и 1:1 (50% удобрения). Контроль проводился по чистым образцам почвы без добавок.

Для посева были составлены три смеси многолетних злаков, адаптированных к северным условиям:

Овсяница красная – многолетний низовой злак, образующий большое количество укороченных побегов, что важно для быстрого формирования дернины

Мятлик луговой – долголетний корневищно-рыхлокустовой злак с невысокой требовательностью к условиям прорастания

Райграс пастбищный – многолетний рыхлокустовой злак с высокой энергией прорастания

Пырей ползучий – многолетний холодостойкий злак с высокой засухоустойчивостью

Овсяница овечья – плотнодерновинный многолетник с высокой морозостойкостью [1].

Смесь № 1: овсяница красная измененная - 15%; овсяница красная - 35%; мятлик луговой – 10%; овсяница овечья – 5%; райграс пастбищный – 35%.

Смесь № 2: райграс пастбищный - 25%; овсяница красная - 47%; мятлик луговой – 13%; полевица – 15%.

Смесь № 3: пырей ползучий – 20%; овсяница луговая – 60 %; райграс пастбищный – 20 %.

Каждая травосмесь высевалась по 0,5 г на горшок площадью 95 см². Эксперимент проводился в 4-х кратной повторности. Опыт производился в теплице оранжереи, для исключения возможности случайных воздействий. Продолжительность освещения 12ч день, 12ч ночь, освещенность 25000 лн/м2, температура +20±2 ºС, влажность воздуха 60±5 %.

На третьи сутки после появления всходов с горшков убирали покровные стекла. Полив осуществлялся дистиллированной водой с pH 6,3 каждые два-три дня по поверхности. Каждые три дня проводилось измерение высоты растений (максимальная, средняя, минимальная) во всех вариантах опыта. Это было связано с различным размером высеваемых семян, скоростью прорастания и продуктивностью.

Измерения производились в течение 21 дня после появления всходов. По окончании оценивалась зеленая масса во влажном и высушенном состоянии, а также проводилось сравнение зеленой массы растений, выращенных на почвенных смесях относительно контроля.

Результаты и обсуждения

В контрольных образцах в трех повторностях средний вес надземной массы растений составил:

• образец № 1 0,52 г для первой травосмеси, 0,51 г для второй и 0,49 г для третьей с влажностью 72–73%; высушенные образцы весили 0,149, 0,139 и 0,138 г соответственно;

• второй образец – 0,83, 0,84 и 0,85 г при влажности 77-78 %; и 0,180, 0,192 и 0,188 в высушенном для тех же травосмесей (Рис. 1).

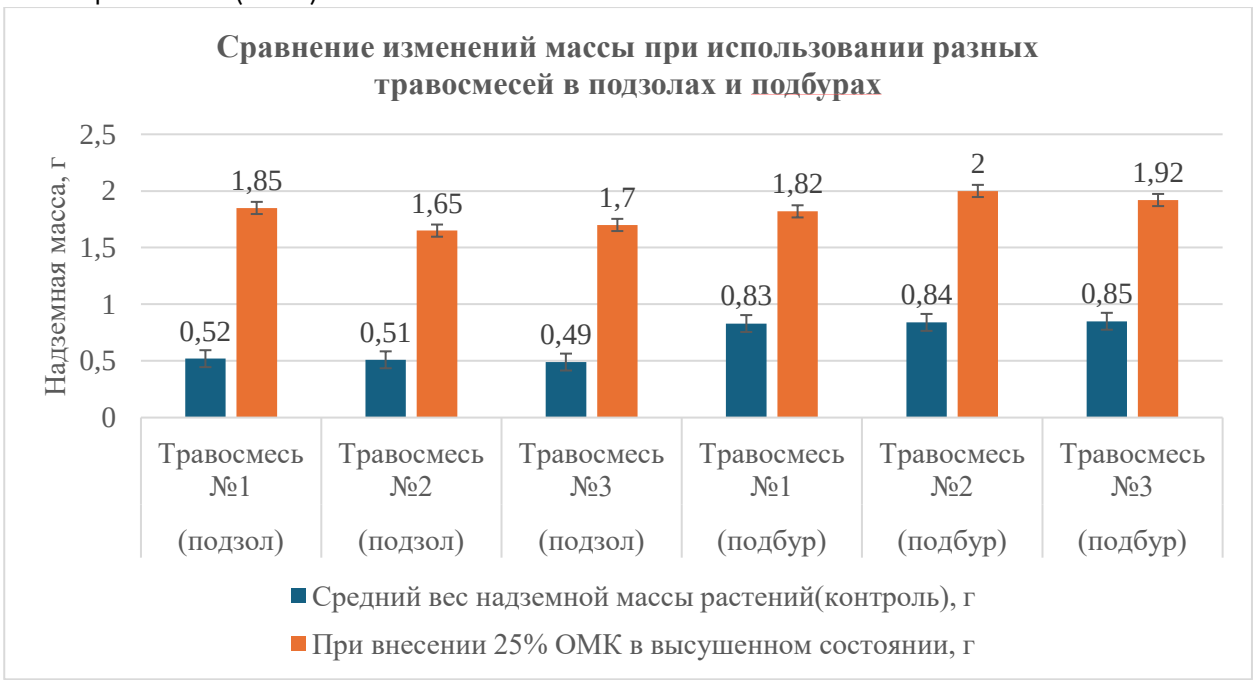


Рис. 1

При внесении 25% ОМК в почвенные образцы вес зеленой массы растений увеличился:

первый образец 1,85, 1,65, 1,70 г при влажности 86%, и 0,25, 0,23 и 0,24 г для сухих образцов травосмесей 1 – 3; масса растительных образцов относительно контроля возросла в среднем в 3,3 раза во влажном состоянии и в 1,7 - в высушенном;

во втором образце вес по вариантам травяных смесей 1,82, 2,0, 1,92 г со средней влажностью растительного материала 86%, и 0,258, 0,275, 0,270 г - в сухом. Зеленая масса растений относительно контроля возросла в среднем в 2,3 раза, и в 1,4 раза для высушенных образцов (Рис. 2).

МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГОРОХА СОРТ НЕМЧИНОВСКИЙ 100 ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОСТИМУЛЯТОРА В СОСТАВЕ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ
MORPHOPHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL CHANGES IN PEAS OF THE NEMCHINOVSKY 100 VARIETY USING A BIOSTIMULATOR AS PART OF A COMPLEX PLANT PROTECTION SYSTEM

Федотова А.К., Михалева С.Н., Ульяненко Л.Н., Будынков Н.И., Федотова В.А., Картабаева Б.Б., Демин Д.В.
Fedotova A.K., Mikhaleva S.N., Ulianenko L.N., Budynkov N.I., Fedotova V.A., Kartabaeva B.B., Demin D.V.
Российская Федерация, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, р.п. Большие Вяземы, e-mail: fedotova.vniif@mail.ru

Актуальность

Применение биостимуляторов в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур – современный инструмент повышения эффективности растениеводства [**1**]. На зернобобовых культурах влияние стимуляторов положительно сказывается на количественных и качественных показателях продуктивности, индуцирует процессы накопления симбиотического азота в почве, что приводит к снижению материальных затрат на производство продукции [**2, 3**]. Преимуществами новых стимуляторов роста растений являются их полифункциональные свойства и экологическая безопасность [**4**].

Биостимулятор (БС) получен по разработанной в ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии» (ФГБНУ ВНИИФ) технологии жидкофазного каталитического окисления крахмалосодержащего растительного сырья – отходов производства картофеля.

В состав БС входят белок, свободные и оксикарбоновые кислоты, моно– и дисахариды, микро- и макроэлементы, индолилуксусная, абсцизовая, хлорогеновая (сложный эфир кофейной кислоты) и криптохлорогеновая (фенольная кислота) кислоты [**5**].

Материалы и методы исследований

Исследования проводили на горохе посевном (*Pisum sativum L.*) сорта Немчиновский 100, внесенных в «Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Российской Федерации». Сорт Немчиновский 100 – среднеспелый, вегетационный период 71-98 суток. Устойчив к полеганию и осыпанию. Восприимчив к аскохитозу и корневым гнилям.

В исследовании, проведенном на базе ЦКП ЛИК ВНИИФ в камерах искусственного климата, оценивали влияние предпосевной обработки семян гороха на высоту, накопление надземной массы и содержание хлорофилла (a+b). Последний показатель измеряли неинвазивно с помощью прибора LEAF-STATE-ANALYZER LSA-2050 (Heinz Walz GmbH). Растения выращивали в вазонах с почвенно-песочным субстратом (дерново-подзолистая почва с pHKCl 4,96±0,1 и содержанием органики 2±0,4 % + песок фракции 0,5–2,0 мм, 1:1) в устанавливали в климатической камере BPC600H (Китай)Влажность субстрата перед посевом доводили до 60 % от полной влагоемкости дистиллированной водой, а в процессе вегетации (42 сут) поддерживали опрыскиванием поверхности. Норма высева составляла 10 семян на сосуд. Схема опыта включала обработку БС в двух концентрациях (10^{-5} и 10^{-6} мл/л, 10 л/т), Эпином-Экстра (200 мл/т) и контроль (дистиллированная вода).

Исследование проводили в 2025 г. на базе отдела полевых испытаний (ОПИ) ФГБНУ ВНИИФ (Московская область). Опыты закладывали на делянках площадью 10,5 м^2 с четырехкратной повторностью. Почва участка – дерново-подзолистая, среднесуглинистая, характеризующаяся pH_{KCl} 4,96±0,12 и содержанием гумуса 2,0±0,4 %. Предшественником выступала яровая пшеница. Система обработки почвы включала осеннюю вспашку, ранневесеннее боронование и две культивации (последнюю – непосредственно перед посевом, который провели 18 мая).

По данным метеостанции ВНИИФ, гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) за вегетационный период составил 1,80, что указывает на избыточное увлажнение.

За сутки до посева семена обрабатывали фунгицидным протравителем Скарлет, МЭ (0,4 л/т) в баковой смеси с испытуемыми препаратами – БС (в концентрациях, аналогичных вегетационному опыту) или Эпин-Экстра, Р. Контрольный вариант предусматривал обработку только протравителем.

В течение вегетации проводили четырехкратную обработку посевов:

- 1-я (03 июня, фаза 3–4 листьев) – совместно с инсектицидом Кунгфу Супер, КС (0,2 л/га);
- 2-я (10 июня, фаза 6–8 листьев) – совместно с гербицидом Гермес, МД (0,8 л/га);
- 3-я (03 июля, фаза бутонизации – начала цветения) – только биостимулятором или Эпин-Экстра, Р;
- 4-я (07 июля, фаза полного цветения) – аналогично третьей.

Высоту растений, фитомассу и содержание хлорофилла оценивали в два срока: в фазу 6–8 листьев (16 июня, после двух обработок, через 28 суток после посева) и в фазу формирования и созревания бобов (16 июля, после четырех обработок, через 58 суток). Статистическую значимость различий между вариантами устанавливали с помощью однофакторного дисперсионного анализа при 95 %-ном уровне значимости.

Результаты и их обсуждение.

У сорта Немчиновский 100 достоверных различий с контролем по данным показателям не выявлено, хотя наблюдалась тенденция к увеличению фитомассы при обработке БС в концентрации 10^{-6} и Эпин-Экстра.

Таблица 1. Влияние предпосевной обработки семян биостимуляторами на морфофизиологические показатели и содержание хлорофилла в листьях растений гороха сорта Немчиновский 100 (фаза бутонизации, 42 сут после посева). ЦКП ЛИК, ФГБНУ ВНИИФ, 2025

Вариант	Немчиновский 100		
	Высота растений, см	Фитомасса, г	Содержание хлорофилла, нмоль/см^2
БС 10^{-5}	12,5	0,906	64,06
БС 10^{-6}	15,7	1,436	63,74
Эпин-Экстра	15,3	1,483	80,90
Контроль	13,7	1,376	71,73
$НСР_{0,05}$	*2,1*	*0,195*	*10,52*

* – различия с контролем значимы при p<0,05

Наибольшая высота отмечена в варианте БС 10^{-6} (15,7 см), что на 2,0 см выше контроля (13,7 см). Вариант Эпин-Экстра также показал значительную прибавку (15,3 см). Вариант БС 10^{-5} (12,5 см) оказался ниже контроля, однако разница между контролем и БС 10^{-5} (1,2 см) меньше значения НСР (2,1 см). Обработка БС в концентрации 10^{-6} и Эпин-Экстра стимулировали рост растений в высоту. По накоплению сырой массы выше в варианте Эпин-Экстра (1,483 г), по сравнению с контролем (1,376 г) и варианта БС 10^{-6} (1,436 г). Самая низкая фитомасса зафиксирована у БС 10^{-5} (0,906 г). Поскольку НСР составляет 0,195 г, вариант БС 10^{-5} демонстрирует угнетение накопления биомассы по сравнению со всеми остальными вариантами. Выявлена четкая обратная зависимость между концентрацией БС и ростовыми процессами. Концентрация 10^{-5}оказалась подавляющей (снижение массы и хлорофилла). Концентрация 10^{-6} оказалась стимулирующей (увеличение высоты и фитомассы до уровня контроля).

Таблица 2. Влияние обработок биостимуляторами в комплексной системе защиты на морфофизиологические показатели и содержание хлорофилла в листьях растений гороха сорт Немчиновский 100. Отдел полевых испытаний, ФГБНУ ВНИИФ, 2025

Вариант/ Показатель	БС 10^{-5}	БС 10^{-6}	Эпин-Экстра	Контроль	*НСР*
Горох сорта Немчиновский 100, 28 сут после посева					
Фитомасса, г	4,95	5,80*	4,43	4,40	*0,77*
Содержание хлорофилла, нмоль/см^2	84,2	87,3*	76,2	75,4	*11,7*
58 сут после посева					
Фитомасса, г	26,50	31,00*	26,50	26,00	*3,9*
Содержание хлорофилла, нмоль/см^2	323,4*	331,4*	376,8*	253,5	*45,0*

В этот период 28 суток (начальный этап) только вариант БС 10^{-6} показал прибавку (5,80 г) относительно контроля (4,40 г). Превышение составило 1,4 г при НСР 0,77. Варианты БС 10^{-5} (4,95 г) и Эпин-Экстра (4,43 г) находились на уровне контроля, существенного стимулирующего эффекта на начальном этапе не оказали. На раннем этапе наблюдается аналогичная фитомассе БС 10^{-6}вызывает повышение хлорофилла (87,3 нмоль/см^2) по сравнению с контролем (75,4). Эпин-Экстра и БС 10^{-5} не отличаются от контроля.

К концу 58 суток (основной этап) наблюдений ситуация изменилась. БС 10^{-6} сохранил прибавку по массе (31,00 г), что выше контроля (26,00 г) и других вариантов.

Обращает на себя внимание, что БС 10^{-5} и Эпин-Экстра, которые на 28 сутки были на уровне контроля, к 58 суткам существенно нарастили массу (по 26,50 г), сравнявшись с контролем, но не превысив его. Таким образом, наиболее устойчивый и значимый эффект по увеличению урожайности (фитомассы) обеспечил БС в концентрации 10^{-6}.

На позднем этапе вегетации проявился мощный «отложенный эффект» всех обработок.

Эпин-Экстра показал выдающийся результат (376,8 нмоль/см^2), что является максимальным значением среди всех вариантов и на 123,3 единицы выше контроля (253,5). Это свидетельствует о том, что Эпин-Экстра значительно усилил фотосинтетическую активность растений в фазу налива биомассы.

Динамика действия биопрепаратов существенно различалась на разных этапах развития растений. В первый этап (28 суток) заметный стимулирующий эффект давала лишь низкая концентрация БС (10^{-6}), тогда как Эпин-Экстра и более высокая концентрация БС (10^{-5}) заметного влияния не оказывали. Однако к 58-м суткам различия между двумя концентрациями БС практически исчезли, а Эпин-Экстра, включившись в метаболизм на поздних этапах, обеспечил максимальные показатели фотосинтетической активности. По накоплению биомассы все опытные варианты к концу опыта сравнялись с контролем или были выше его, что указывает на долгосрочный характер стимуляции процесса формирования урожая.

Особенно важно, что обработка позволила поддерживать высокий уровень хлорофилла в фазу цветения (58 суток): в контроле этот показатель резко упал, а в опытных вариантах оставался на 27–48 % выше.

Применение биопрепаратов в двух концентрациях (БС в дозах 10^{-5} и 10^{-6}, а также Эпин-Экстра) является эффективным для выращивания гороха сорта Немчиновский 100. Наиболее стабильный результат по комплексу признаков (масса + хлорофилл) на протяжении всей вегетации показал вариант БС 10^{-6}. Вариант Эпин-Экстра рекомендуется применять для усиления фотосинтетической активности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Василейко, М. В. Регуляторы роста растений и их применение в растениеводстве (литературный обзор) / М. В. Василейко // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2021. – № 76. – С. 89-99.

2. Яковлева, М. И. Эффективность применения биопрепаратов при выращивании кормовых бобов в условиях Чувашской Республики / М. И. Яковлева, В. Л. Димитриев, Г. А. Мефодьев // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. – 2024. – № 4(31). – С. 58-62.
3. Яговенко Г. Л., Яговенко Т. В., Пигарева С. А. [и др.]/Использование комплексных препаратов «Витазим» и «Фитактив Вита» при возделывании люпина белого (Lupinus albus L.) // Кормопроизводство. – 2023. – № S11. – С. 21-26.
4. Амосова Н.В., Севостьянов М.А., Бабина К.В., Азарова А.Б., Демин Д.В., Ульяненко Л.Н., Михалева С.Н., Будынков Н.И., Андреевская В.Н., Картабаева Б.Б. Влияние биостимулятора из растительного сырья на морфофизиологические, цитогенетические и биохимические показатели проростков ячменя // Достижения науки и техники АПК. 2024. Т. 38. № 2. С. 29-34.
5. Федотова В. А., Картабаева Б. Б., Трефильев П. П. [и др.]/Влияние нового биостимулятора роста на показатели посевных свойств семян люпина белого // Фундаментальные и прикладные аспекты продовольственной безопасности: Сборник материалов VII Международной научно-практической конференции, р.п. Большие Вяземы, 06–07 октября 2025 года. – Санкт-Петербург: Наукоемкие технологии, 2026. – С. 308-313.

ИЗУЧЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ НОВОГО БИОСТИМУЛЯТОРА ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ СОРТА ГОРОХА «УСАТЫЙ КОРМОВОЙ»

STUDY OF THE EFFECT OF A NEW BIOSTIMULANT FROM PLANT RAW MATERIALS ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF THE PEA VARIETY "USTATY KORMOVY"

Федотова В.А., Будынков Н.И., Михалева С.Н., Картабаева Б.Б., Ульяненко Л.Н.,Федотова А.К., Демин Д.В.
Fedotova V.A., Budynkov N.I., Mikhaleva S.N., Kartabaeva B.B., Ulianenko L.N., Fedotova A.K., Demin D.V.
Российская Федерация, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, р.п. Большие Вяземы, vikastrelcova94@mail.ru

Актуальность

Наиболее распространенными в Российской Федерации и мировом земледелии зерновыми бобовыми культурами являются соя, горох, вика, нут, чечевица, фасоль, кормовые бобы и люпин. Особенность этих культур, обусловливающая их необходимость в питании человека и кормлении сельскохозяйственных животных, заключается в высоком содержании растительного белка и высокой питательной ценности **[**1**].**

Среди перечисленных культур горох относится к экономически эффективным зернобобовым культурам. Это объясняется его высокой способностью фиксировать азот атмосферы наряду с активным потреблением элементов питания из почвы **[**2**]**. Агрохимическое и хозяйственное значение гороха напрямую зависит от уровня его продуктивности. Чем выше урожайность данной культуры, тем значительнее ее положительная роль в севообороте и тем весомее вклад в производство растительного белка **[**3, 4, 5**]**.

В современных технологиях возделывания полевых культур важная роль отводится биологическим средствам защиты растений и биостимуляторам. Производство и применение биостимуляторов является одним из самых динамично развивающихся сегментов препаратов для сельскохозяйственных культур **[**6**]**. Использование биологических средств защиты растений рассматривается как один из основных элементов современных технологий фитосанитарной оптимизации агроценозов, направленных на сохранение здоровья почвы и получение качественной продукции **[**7**]**.

Материалы и методы

В 2025 г. проведен вегетационный и полевой опыт. Вегетационные опыты закладывали в ЦКП «Лаборатория искусственного климата» ВНИИ Фитопатологии: сосуды с почвенно-песочным субстратом (600 г, дерново-подзолистая почва: песок, 1:1) устанавливали в климатической камере BPC600H (Китай). Субстрат увлажняли до 60 % полной влагоемкости, высевали по 10 семян на сосуд, в течение 33 суток поддерживали влажность опрыскиванием.

Полевые мелкоделяночные опыты (10,5 м^2, 4-кратная повторность) проводили в отделе полевых испытаний (ОПИ) в Московской области. Почва — дерново-подзолистая среднесуглинистая (pH_{KCl} 4,96±0,12, гумус 2,0±0,4 %), предшественник — яровая пшеница. Агротехника включала осеннюю вспашку, весеннее боронование и две предпосевные культивации.

В вегетационном и полевом опытах семена гороха за сутки до посева обрабатывали баковой смесью фунгицидного протравителя Скарлет, МЭ (0,4 л/т) с биостимулятором или Эпин-Экстра, Р.

В полевых условиях проводили четырехкратную обработку посевов по вегетации: на этапе всходов (3–4 листа) — совместно с инсектицидом Кунгфу Супер, КС (0,2 л/га); в фазу 6–8 листьев — с гербицидом Гермес, МД (0,8 л/га); затем в фазы бутонизации-начала цветения и полного цветения. Контроль — обработка семян только протравителем Скарлет, МЭ без применения биопрепаратов по вегетации.

На 33-и сутки (вегетационный опыт) и 55-е сутки (полевой опыт) измеряли длину стебля, массу надземной части и корней. Содержание хлорофилла (a+b) в листьях (нмоль/см^2) определяли неинвазивно с помощью портативного прибора LEAF-STATE-ANALYZER LSA-2050 (Heinz Walz GmbH).

Исследования выполнены на горохе посевном (*Pisum sativum* L.) сорта Усатый кормовой (позднеспелый, восприимчив к антракнозу и корневым гнилям). Сорт внесен в Госреестр РФ в 2002 г., районирован для трех регионов. Посев состоялся 18 мая 2025 г.

Данный биостимулятор (БС) получен из растительного сырья (отходы производства картофеля) получали по разработанной в ФГБНУ ВНИИ фитопатологии технологии жидкофазного каталитического окисления крахмалосодержащего растительного сырья (технология находится на стадии патентования). Применяемый биостимулятор – сложная смесь органических и неорганических веществ, способствующая росту и развитию растений. Биостимулятор содержит оксикарбоновые кислоты (органические кислоты, содержащие гидроксильные группы), а также фитогормоны: индолилуксусную кислоту (ИУК, ауксин, стимулирует рост) и абсцизовую кислоту (АБК, регулирует рост и развитие, отвечает за стрессоустойчивость). Кроме того, в составе имеются фенольные кислоты: хлорогеновая кислота, проявляющая антиоксидантную активность, и криптохлорогеновая кислота, для которой характерны антиоксидантные и противовоспалительные свойства. Макро- и микроэлементы, такие как магний, цинк и марганец, необходимы для различных ферментативных процессов и обеспечения нормального функционирования растений. Они играют ключевую роль в фотосинтезе, дыхании и других важных процессах **[**8**]**

Биостимулятор применяли в концентрациях $1*10^{-5}$ и $1*10^{-6}$ мл/л из расчета 10 л/т семян для предпосевной обработки и 150 мл/га (расход рабочего раствора 400 л/га) – для опрыскивания посевов (варианты БС 10^{-5} и БС 10^{-6}).

В качестве варианта сравнения был выбран росторегулятор с адаптогенными и антистрессовыми свойствами Эпин-Экстра, Р (вариант Эпин-Экстра, стандарт, 0,2 л/т или 50 мл/га).

Результаты и их обсуждения

В вегетационном опыте в фазу начала бутонизации гороха сорта Усатый кормовой применение биостимуляторов привело к снижению длины стебля: на 16 % (БС 10^{-5}), 18 % (БС 10^{-6}) и 12 % (Эпин-Экстра) по сравнению с контролем. Одновременно отмечен значимый прирост надземной массы на одно растение (32–48 %). Масса корней достоверно увеличилась лишь в варианте БС 10^{-6}. Общая биомасса растений во всех опытных вариантах была выше контроля на 26–35 %. Уровень хлорофилла (a+b) в листьях также превышал контрольные значения во всех случаях.

Следовательно, предпосевная обработка семян новым биостимулятором через месяц после посева обеспечила активное развитие корневой системы и накопление надземной массы. По эффективности новый препарат из растительного сырья не уступал эталонному росторегулятору Эпин-Экстра, а в ряде показателей превосходил его.

Таблица 1. Морфофизиологические показатели развития растений гороха сорта Усатый кормовой через 33 сут после обработки семян биостимулятором (фаза начала бутонизации). ЦКП ЛИК, ФГБНУ ВНИИФ, Большие Вяземы, 2025

Вариант	Длина стебля, см	Масса надземной части, г	Масса корней, г	Общая масса, г	Содержание хлорофилла (a+b) в листьях, нмоль/см^2
БС 10^{-5}	8,0*	1,16*	0,46	1,62*	79,2*
БС 10^{-6}	7,8*	1,04*	0,49*	1,52*	64,1*
Эпин-Экстра	8,3	1,03*	0,48	1,51*	75,7*
Контроль	9,5	0,78	0,42	1,20	51,3
НСР	*1,3*	*0,15*	*0,07*	0,22	10,1

* – различия с контролем значимы при $p<0,05$

Таблица 2. Морфофизиологические показатели развития растений гороха сорта Усатый кормовой через 55 сут (фаза созревания) после комплексного применения нового биостимулятора для обработки семян и посевов во время вегетации ОПИ, ФГБНУ ВНИИФ, Большие Вяземы, 2025

Вариант	Длина стебля, см	Масса надземной части, г	Масса корней, г	Общая масса, г	Содержание хлорофилла (a+b) в листьях, нмоль/см^2
БС 10^{-5}	96,0	41,50	0,67*	42,2	290,7
БС 10^{-6}	99,0	43,50	0,73*	44,2	293,2*
Эпин-Экстра	93,0	35,00*	0,56	35,6*	351,9*
Контроль	96,5	42,50	0,51	43,0	251,2
НСР	14,4	6, 1	0,1	6,2	42,5

* – различия с контролем значимы при $p<0,05$

В вегетационном опыте масса надземной части и общая биомасса растений в варианте с Эпин-Экстра оказались ниже контрольных значений. При этом применение БС способствовало достоверному увеличению массы корней, особенно в концентрации 10^{-6} (на 43 %), и сопровождалось тенденцией к росту общей массы. Наиболее высокое содержание хлорофилла (a+b) отмечено в варианте Эпин-Экстра, несмотря на снижение морфологических показателей; в варианте БС 10^{-6} также зафиксированы значимые положительные различия по этому параметру.

Вывод

Таким образом, в контролируемых условиях лаборатории искусственного климата на сорте Усатый кормовой предпосевная обработка семян БС (10^{-5} и 10^{-6}) и Эпин-Экстра приводила к достоверному увеличению общей и надземной массы растений при одновременном снижении длины стебля, а также к существенному повышению содержания хлорофилла в фазу бутонизации.

В полевых опытах тенденция к накоплению биомассы сохранялась в варианте БС 10^{-6}, а содержание хлорофилла было значимо выше контроля в вариантах БС 10^{-6} и Эпин-Экстра.

Полученные данные свидетельствуют о перспективности использования нового биостимулятора при возделывании гороха.

Таким образом, новый биостимулятор из растительного сырья эффективен при выращивании гороха, однако для разработки практических регламентов его применения необходимы дополнительные исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Усова К. А., Мельникова Н. В. / Оценка всхожести и сохранности растений фасоли к уборке в зависимости от погодных условий, сортовых особенностей и применения биопрепарата // Молочнохозяйственный вестник. – 2025. – № 1(57). – С. 164-184. – DOI 10.52231/2225-4269_2025_1_164
2. Зотиков В.И., Цуканова З.Р., Молошонок А.А. Реализация биологического потенциала и особенности семеноводства современных сортов гороха посевного // Научно-производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» – 2019, № 2 (30), С. 20–26.
3. Кирюшин, В.И. Экологизация земледелия и технологическая политика / В.И. Кирюшин. – Москва: Изд-во МСХА, 2000. – 473 с.
4. Сабанова А.А., Фаринев А.Т. /Эффективность биопрепаратов при возделывании бобовых культур // Кормопроизводство. – 2007. – № 11. – С. 18–19
5. Mescagni, H.J. Writical levels of Manganese in soybean leaves at various growth stages // Agronomy Journal. – 1985. – Vol. 77. – P. 373–375.

6. Черникова О. В., Мажайский Ю. А. / Влияние биостимуляторов на урожайность и качество травосмеси // Биологическое разнообразие: изучение, сохранение, восстановление, рациональное использование: Материалы III Международной научно-практической конференции. – Симферополь: Ариал, 2022. – С. 81-85.
7. Сундет, Т. Р. /Влияние биопрепаратов на здоровье почвы и сельскохозяйственную продукцию// Почвоведение и агрохимия. – 2023. – № 1. – С. 86-105.
8. Михалева С. Н., Картабаева Б. Б., Будынков Н. И. [и др.]/ Влияние применения биостимулятора в посевах ячменя и пшеницы яровых на колонизацию зерна патогенами // Приоритетные направления повышения эффективности, конкурентоспособности и устойчивости аграрной отрасли : Материалы международной научной конференции, посвященной 105-летию ТатНИИСх ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, 10–11 июля 2025 года. – Санкт-Петербург: ООО Издательский дом "Сциентиа", 2025. – С. 243-247. – DOI 10.32415/scientia_978-5-907902-43-5(243-247).

РАЗРАБОТКА МИКОРИЗНЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРИЖИВАЕМОСТИ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД В ЦЕЛЯХ БИОРЕМЕДИАЦИИ И РЕАЛИЗАЦИИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ

DEVELOPMENT OF MYCORRHIZAL PREPARATIONS TO ENHANCE TREE SPECIES SURVIVAL FOR BIOREMEDIATION AND CLIMATE MITIGATION

Филиппова Н.В., Звягина Е.А., Мингалимова А.И., Ишманов Т.Ф., Аксарина А.Е., Бузлуков В.С.
Filippova N.V., Zvyagina E.A., Mingalimova A.I., Ishmanov T.F., Aksarina A.E., Buzlukov V.S.
Россия, Югорский государственный университет, filippova.courlee.nina@gmail.com

В условиях таежной зоны Западной Сибири одним из ключевых факторов успешного лесовосстановления и повышения углерод-депонирующего потенциала лесных экосистем является эффективное формирование эктомикоризных ассоциаций между древесными породами и почвенными грибами. В 2025 году при поддержке Фонда научно-технологического развития Югры стартовал проект, направленный на разработку микоризных препаратов для увеличения приживаемости сеянцев сосны, кедра, лиственницы и березы в условиях севера Западной Сибири. В настоящем докладе представлены итоги первого года реализации проекта, включающие создание региональной коллекции чистых культур эктомикоризных грибов, отработку методов их культивирования и постановку экспериментов по микоризации в ризотронных системах *in vitro*.

Материалы и методы

Полевые исследования проведены в лесных экосистемах окрестностей г. Ханты-Мансийска (17 полевых маршрутов для сбора коллекций чистых культур). Выделение чистых культур осуществляли из плодовых тел и микоризных окончаний с использованием селективных питательных сред (MMN 1/2, MEA). Видовая идентификация выполнена морфологически и молекулярно-генетически (секвенирование ITS-региона по Сэнгеру). Очистка культур от контаминации, пересев и посев на хранение осуществлялись по стандартным микробиологическим протоколам. Для оценки природного состава эктомикоризных сообществ почв основных типов лесов в зоне средней тайги Западной Сибири использован метабаркодинг (на платформах Illumina MiSeq, Nanopore MinION). Эксперименты по наращиванию биомассы на твердой и жидкой среды проводились с использованием разных составов сред и грунтов в лабораторных условиях. Эксперименты по микоризации проводились в стерильных ризотронных системах на сеянцах, выращенных из семян с использованием фитильных стаканов.

Результаты и обсуждение

Создание коллекции чистых культур эктомикоризных грибов. Ключевым итогом первого года реализации проекта стало формирование первой в регионе специализированной коллекции живых культур. На основе 679 собранных образцов плодовых тел и микоризных окончаний выделено и верифицировано 82 штамма чистых культур, относящихся к 30 видам из 7 родов (*Suillus, Amanita, Hebeloma, Laccaria* и др.). Установлена трофическая приуроченность: для *Pinus sibirica* – 5 видов (37 штаммов), для *Pinus sylvestris* – 5 видов (11 штаммов), для *Larix sibirica* – 3 вида (10 штаммов). Выявлены значительные межвидовые различия в скорости роста (от 0,1 до 1,0 мм/сутки), что является первичным критерием отбора перспективных штаммов для биотехнологических целей. Создана цифровая платформа для управления коллекцией (модуль YSU-C), интегрированная с международным порталом GBIF (Filippova et al., 2025c), что обеспечивает соблюдение принципов FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable) и открытость данных для научного сообщества.

Разработка и апробация системы скрининга микоризообразования *in vitro*. Отработана технология стерильного культивирования сеянцев. Подобраны режимы стерилизации и стратификации семян. Наилучшие результаты по выживаемости и удобству наблюдения за корневой системой показали фитильные стаканы объемом 0,5 л с субстратом «перлит: вермикулит» (3:1), пропитанный средой для микоризации саженцев. В активной фазе находится эксперимент с сотней ризотронов, включающий различные комбинации «дерево-гриб»

и контроли. Созданная система позволяет в контролируемых условиях оценивать эффективность микоризации и жизнеспособности сеянцев, и станет основой для скрининга штаммов, перспективных для создания микоризного препарата.

Молекулярно-генетический анализ микоризных сообществ региона. Обработаны и опубликованы два массива данных метабаркодинга грибных сообществ верховых болот и хвойных лесов ХМАО-Югры, полученных в результате секвенирования тотальной ДНК грибов на платформах Illumina MiSeq и Nanopore MinION. В микоризных окончаниях сосны и кедра выявлено в среднем 68 таксонов грибов на пробу, из которых 30% приходится на микоризные виды с преобладанием родов *Cortinarius, Hebeloma, Suillus*. Полученные данные легли в основу статьи (на рецензировании) и опубликованных наборов данных в GBIF (Filippova et al., 2025a, Filippova et al., 2025b).

Отработка методов массового культивирования мицелия. Начаты эксперименты по наработке биомассы на твердых стерильных носителях (смеси торфа и вермикулита, смеси перлита и вермикулита, зерновые субстраты, опил) и в жидкой культуре (жидкая среда или среда с добавлением перлита). В текущем эксперименте задействовано около 50 повторности. Результаты этих работ позволят сформировать технологическую основу для производства микоризного препарата как конкурентоспособного рыночного продукта.

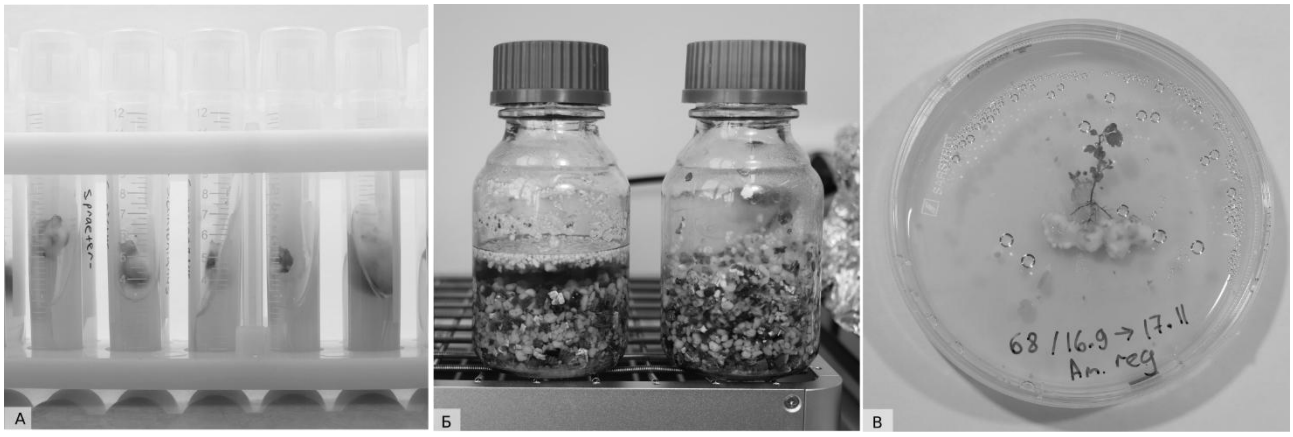


Рис. 1 - А – коллекция штаммов эктомикоризных грибов (YSU-C), В – наработка биомассы на твердых и жидких носителях, С – оценка эффективности микоризации в ризотронной системе

Таблица 1. Разнообразие штаммов эктомикоризных грибов и их древесные партнеры в коллекции YSU-C, для создания эктомикоризных препаратов на их основе

Вид гриба / число штаммов	*Betula spp.*	*Larix sibirica*	*Pinus sibirica*	*Pinus sylvestris*	*Populus tremula*	Всего штаммов каждого вида гриба
Amanita muscaria	9					9
Amanita porphyria	4					4
Amanita regalis	2					2
Hebeloma incarnatulum				5		5
Hebeloma velutipes						2
Laccaria bicolor	1					1
Laccaria laccata	1					1
Suillus bovinus				1		1
Suillus clintonianus		3				3
Suillus grevillei		5				5
Suillus luteus				3		3

Suillus pictus			9			9
Suillus placidus			13			13
Suillus praetermissus			6			6
Suillus punctipes			6			6
Suillus sibiricus			6			6
Suillus variegatus				1		1
Suillus viscidus		2				2
Tricholoma imbricatum				1		1
Tricholoma populinum					1	1
Tricholoma rapipes			1			1
Общее число штаммов для каждого дерева-хозяина	17	10	41	11	1	82

Заключение и перспективы

В первый год реализации проекта сформирована коллекция штаммов эктомикоризных грибов как часть коллекции культур YSU-C, внедрены современные молекулярные методы анализа микоризных сообществ природных экосистем и лесопосадок, отработаны ключевые этапы экспериментальной проверки эффективности микоризных ассоциаций и методы массового культивирования мицелия. Полученные результаты имеют высокую практическую значимость для зеленых технологий региона, поскольку направлены на повышение приживаемости сеянцев при лесовосстановлении, что критически важно для реализации климатических проектов в условиях Северной тайги.

Благодарности: Авторы выражают признательность Фонду научно-технологического развития Югры за поддержку проекта (соглашение № 12/2024 от 25.12.2024).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

Filippova N., Zvyagina E., Ishmanov T., Rudykina E. eDNA-based occurrence dataset on fungi from forest monitoring plots in Northwestern Siberia: [набор данных]. Version 1.3 // Yugra State University Biological Collection (YSU BC). 2025a. DOI: 10.15468/92bmz3. URL: https://doi.org/10.15468/92bmz3 (дата обращения: 12.11.2025).

Filippova N., Zvyagina E., Ishmanov T., Rudykina E., Dobrynina A. eDNA-based occurrence dataset on peatland fungal communities studied by metabarcoding in Northwestern Siberia: [набор данных]. Version 1.18 // Yugra State University Biological Collection (YSU BC). 2025b. DOI: 10.15468/s2pkfk. URL: https://doi.org/10.15468/s2pkfk (дата обращения: 12.11.2025).

Filippova N., Zvyagina E., Mingalimova A. Fungal Culture Collection of Yugra State University: [набор данных]. Version 1.4 // Yugra State University Biological Collection (YSU BC). 2025c. DOI: 10.15468/2jgt8u. URL: https://doi.org/10.15468/2jgt8u (дата обращения: 11.11.2025).

Ишманов Т.Ф., Звягина Е.А., Филиппова Н.В. ArrheniaNGS – Пайплайн для обработки данных метабаркодинга грибов природных сообществ на платформе Illumina MiSeq: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025665188 / правообладатель ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет». Заявка № 2025664005; зарегистр. 30.05.2025.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И АКТИВИРОВАННЫХ ЦЕОЛИТОВ ДЛЯ РЕМЕДИАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ
NATURAL AND ACTIVATED ZEOLITES FOR REMEDIATION OF OIL-POLLUTED SOILS

Яковлев А.С.
Yakovlev A.S.
Россия, ФИЦ «Пущинский научный центр биологических исследований РАН» - обособленное подразделение Институт фундаментальных проблем биологии РАН, e-mail: novocheboksarec@yandex.ru

Несмотря на совершенствование систем безопасности на автозаправочных станциях и объектах автотранспортной инфраструктуры, загрязнение почв нефтепродуктами не теряет актуальности из-за сохраняющихся рисков аварийных утечек и наличия накопленного загрязнения (Третьяков, Кардашевская, 2021). Под воздействием атмосферных осадков происходит миграция углеводородов в сопредельные территории, приводящая к загрязнению почвенного покрова и грунтовых вод. Нефтепродукты инициируют гидрофобизацию почвенного профиля, что нарушает водно-воздушный режим и препятствует нормальному функционированию почвы как биокосной системы (Asadi et al., 2025). Поллютанты оказывают токсическое действие на педобиоту (микроорганизмы, микромицеты, мезофауну), что приводит к нарушению биогеохимических циклов и подавлению естественного самовосстановления почвенного плодородия. При хроническом загрязнении деградация растительного покрова усугубляется фитотоксическим эффектом, а контакт животных с загрязнёнными субстратами создаёт предпосылки для развития системных интоксикаций (Рубин, Ильюкова, 2015).

Современные методы биоремедиации и сорбционные технологии направлены на восстановление самоочищающей способности почвы и регенерацию ее экосистемных функций (Зольников, Сивков, 2023). Рекультивация земель, нарушенных в результате функционирования объектов топливно-энергетического комплекса, является необходимым условием обеспечения экологической безопасности, рационального природопользования и устойчивого развития урбанизированных территорий.

Современные научные данные свидетельствуют о том, что кремнийсодержащие соединения демонстрируют высокую эффективность при ликвидации загрязнения нефтепродуктами в системе почва-растение (Kai et al., 2018; Wei et al., 2020). Как показано в исследованиях, ключевыми механизмами их позитивного влияния являются усиление сорбционной способности почв и сохранение влаги, увеличение доступности элементов питания (фосфора, калия, цинка, железа) для растений, снижение токсического действия поллютантов, а также улучшение агрегатного состава почвы (Matichenkov et al., 2020).

Цеолиты — природные минералы, которые могут быть использованы для ремедиации нефтезагрязненных почв благодаря развитой пористости и способности служить носителем для углеводородокисляющих бактерий. Было показано, что иммобилизация микроорганизмов на цеолите способствовала значительному ускорению разложения углеводородов и сокращению сроков очистки техногенно загрязненных земель (Ерофеевская и др., 2013). Цеолит улучшает структуру почвы, водоудержание и обеспечивает растения элементами питания (калий, кальций, магний). Также цеолиты снижают фитотоксичность загрязнителей, сорбируя тяжелые металлы и токсичные компоненты нефти (Алексеева и др., 2017). Доступность, экологическая безопасность и совместимость с другими мелиорантами делают цеолиты перспективным компонентом рекультивации нефтезагрязненных земель.

Целью настоящей работы являлось изучение влияния цеолита, природного и активированного монокремниевой кислотой, на восстановление плодородия грунта, загрязненного нефтяными углеводородами.

Материалы и методы

Загрязненная почва была отобрана на территории недалеко от бензозаправочной станции (юг Московской области). Основные физико-химические свойства почвы были следующие: pH 7,1; содержание общего углерода

28,8 г/кг, включая 1,7% углеводородов, определяемых методом холодной экстракции гексаном; общее содержание азота 3,04 г/кг; общее содержание фосфора 8,5 г/кг и общее содержание калия 15,4 г/кг. В тепличном эксперименте были использованы цеолиты (ZeoTradeResource Ltd., Орловская область, Россия) с содержанием SiO_2 69,0–74,0%, TiO 0,08–0,16%, Al_2O_3 11,4–14,0%, Fe_2O_3 0,60–1,8%, MnO 0,02–0,05%, CaO 1,7–3,3%, MgO 0,4–1,7%, K_2O 0,5–5%, Na_2O 0,4–0,9%, P_2O_5 0,4–0,5%; pH 6,5; размер частиц < 40 мкм; средняя площадь поверхности 60 $м^2$/г, пористость 54% и цеолит, обработанный монокремниевой кислотой (МК) (15% Si, 20% Na, pH=13), в пропорции цеолит : монокремниевая кислота = 50:1.

Вегетационный эксперимент включал следующие варианты: 1) контроль, 2) цеолит, 1 т/га, 3) цеолит, 5 т/га; 4) цеолит+МК, 1 т/га, 5) цеолит+МК, 5 т/г. В эксперименте выращивали ячмень (сорт Памяти Чепелева) по 10 семян на горшок. Каждую неделю отбирали образцы почвы, в которых затем анализировали содержание углеводородов методом холодной экстракции гексаном. Через 1 месяц после посева ячменя измеряли вес надземных и подземных частей растений, емкость катионного обмена (ЕКО) и активность почвенной каталазы (Хазиев, 1976).

Результаты и обсуждение

На участке отбора загрязненной почвы растительность была сильно угнетена по сравнению с территорией, удаленной на 20 м и более от бензозаправочной станции. Результаты вегетационных исследований показали, что минимальный вес надземных и подземных частей ячменя был в контрольном варианте (Таблица 1). Внесение цеолита, а также цеолита, обработанного монокремниевой кислотой, значительно увеличило сухую биомассу как надземных, так и подземных частей ячменя. Это свидетельствует о снижении токсического воздействия загрязненной почвы.

Таблица 1. Влияние природного цеолита и цеолита, обработанной монокремниевой кислотой, на сухой вес ячменя

Вариант	Подземная биомасса	Надземная биомасса	Подземная биомасса	Надземная биомасса
	г/ растение		%	
Контроль	0,58	0,48	100	100
Цеолит, 1 т/га	1,52	1,42	262,07	295,83
Цеолит, 5 т/га	1,85	1,65	318,97	343,75
Цеолит+МК, 1 т/га	2,15	1,98	370,69	412,50
Цеолит+МК, 5 т/га	2,23	2,15	384,48	447,92
$НСР_{05}$	0,06	0,06		

Динамика содержания углеводородов в почве представлена в таблице 2. Внесение цеолитов обеспечило существенное уменьшение содержания углеводородов в загрязненной почве. Наибольший эффект был получен при внесении цеолита, обработанного монокремниевой кислотой, в дозе 5 т/га.

Таблица 2. Влияние природного цеолита и цеолита, обработанной монокремниевой кислотой, на содержание углеводородов в почве

Вариант	Углеводороды, %			
	1 неделя	2 недели	3 недели	4 недели
Контроль	1,7	1,7	1,7	1,6
Цеолит, 1 т/га	1,5	1,3	1,2	1,1
Цеолит, 5 т/га	1,4	1,2	1,9	0,8

Цеолит+МК, 1 т/га	1,3	0,9	0,5	0,4
Цеолит+МК, 5 т/га	1,1	0,5	0,3	0,3
$НСР_{05}$	0,3	0,3	0,2	0,2

В таблице 3 представлены данные по ёмкости катионного обмена и активности почвенной каталазы. Внесение цеолитов резко повысило как ЕКО, так и микробную активность.

Таблица 3. Влияние природного цеолита и цеолита, обработанной монокремниевой кислотой, на ёмкость катионного обмена и активность почвенной каталазы

Вариант	Каталаза мкмоль H_2O_2/г/мин	ЕКО мг-экв/100 г почвы
Контроль	4,5	15,8
Цеолит, 1 т/га	12,3	25,8
Цеолит, 5 т/га	18,6	45,6
Цеолит+МК, 1 т/га	19,5	30,9
Цеолит+МК, 5 т/га	25,6	65,8
$НСР_{05}$	1,2	1,5

Известен ряд механизмов, лежащих в основе ремедиации нефтезагрязнённых почв при внесении цеолитов. Согласно данным литературы, цеолиты способны сорбировать углеводороды, снижая их токсичность (Salanitro et al., 1997). Кроме того, растворимые формы кремния, в частности монокремниевая кислота, улучшают физические свойства почвы, способствуя переходу гидрофобных свойств почвенных частиц в гидрофильные (Qi et al., 2021). Результаты исследований показывают, что использование природного цеолита и цеолита, обработанного монокремниевой кислотой, ускоряет деградацию углеводородов и уменьшает их фитотоксичность, повышая продуктивность растений и микробную активность почвы. Для обработки территорий вокруг автозаправочных станций и парковочных площадок можно рекомендовать применение цеолитов, обработанных монокремниевой кислотой. Такой подход позволит повысить устойчивость городских и придорожных экосистем и снизить негативное воздействие нефтяных углеводородов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по Соглашению № 075-15-2025-578 от 27 июня 2025 года

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

Asadi, T. The Impact of oil contamination on soil hydrophobicity and physico-chemical properties around Bandar Abbas oil refinery, Hormozgan Province, Iran / T. Asadi, P. Najafi, E. Chavoshi, M. Hoodaji // Environmental Health Engineering and Management J. – 2025. – N 12. – 1420.

Kai, T. Effects of basal fertilizer and perlite amendment on growth of zinnia and its remediation capacity in oil-contaminated soils / T. Kai, H. Ikeura, S. Ozawa, M. Tamaki // International J. Phytoremediation. – 2018. – Vol. 20(12). – P. 1236-1242.

Matichenkov, V. Reduction in nutrient leaching from sandy soils by Si-rich materials: Laboratory, greenhouse and filed studies / V. Matichenkov, E. Bocharnikova, J. Campbell // Soil and Tillage Research. – 2020. – Vol. 196. – P. 104450.

Qi,Y. Mechanisms of silica scale formation on organic macromolecule-coated surfaces / Y. Qi, T. Tong, X. Liu // ACS ES&T Water. – 2021. – Vol. 1(8). – P. 1826-1836.

Salanitro, J. P. Crude oil hydrocarbon bioremediation and soil ecotoxicity assessment / J. P. Salanitro, P. B. Dorn, M. H. Huesemann, K. O. Moore, I. A. Rhodes, L. M. Rice Jackson, ... H. L. Wisniewski // Environmental Science and Technology. – 1997. – Vol. 31(6). – P. 1769-1776.

Wei, X. Effect of fertilization practice on biological properties of crude oil-polluted soil / X. Wei, E. A. Bocharnikova, V. V. Matichenkov, D. V. Demin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 921 (1). – P. 012028.

Алексеева, Т. П. Оценка эффективности использования цеолита для ускорения деструкции нефти в почве / Т. П. Алексеева, Т. И. Бурмистрова, Н. М. Трунова, Л. Б. Наумова, Л. П. Шиляева // Биотехнология. – 2017. – Т. 33(4). – С. 85-91.

Ерофеевская, Л. А. Цеолит–как незаменимый компонент в реабилитации нарушенных земель / Л. А. Ерофеевская, Т. И. Бурмистрова, Т. П. Алексеева, Н. Н. Терещенко // Новое слово в науке и практике: гипотезы и апробация результатов исследований. – 2013. – № (3). – С. 7-9.

Зольников, Д. Н., Сивков, Ю. В. Современные методы рекультивации нефтезагрязненных почв // Арктика: современные подходы к производственной и экологической безопасности в нефтегазовом секторе – 2023. – С. 70-73.

Рубин, В. М. Токсическое действие нефтепродуктов при повторном поступлении / В. М. Рубин, И. И. Ильюкова // Анализ риска здоровью. – 2015. – Т. 1 (9). – С. 69-76.

Третьяков, А. Е. Влияние городских АЗС на окружающую среду / А. Е. Третьяков, Е. Г. Кардашевская // Перспективы науки. – 2021. – № (6). – С. 84-86.

Хазиев, Х. Ф. Ферментативная активность почв. Методические указания. – Москва: Наука, 1976. – 180 с.