

На правах рукописи



ШАБРИН НИКИТА ВЛАДИСЛАВОВИЧ

**ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОСВОЕНИЯ
УГЛЕВОДОРОДНОГО ПОТЕНЦИАЛА КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ И
ЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ
(МЕСТОРОЖДЕНИЯ ШАИМСКОГО РЕГИОНА)**

Специальность 2.8.3. – Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология,
геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Уфа 2024

Работа выполнена на кафедре «Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет».

Научный руководитель: Доктор технических наук, профессор
Котенёв Юрий Алексеевич

Официальные оппоненты: **Вахромеев Андрей Гелиевич**
доктор геолого-минералогических наук, профессор
Иркутский филиал ООО «РН-Бурение» / геологический
отдел, главный специалист

Гильманова Расима Хамбаловна
доктор технических наук, профессор
ООО НПО «Нефтегазтехнология» / директор

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Российский государственный геологоразведочный
университет имени Серго Орджоникидзе» (г. Москва)

Защита диссертации состоится « 3 » июня 2024 года в 16:00 на заседании диссертационного совета 24.2.428.06, созданного при ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» по адресу: 450064, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» и на сайте <https://rusoil.net/>.

Автореферат диссертации разослан « ___ » _____ 2024 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Павлова Зухра Хасановна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

В настоящее время на территории Шаимского района известно более 30 месторождений разных по размеру. Большинство из них открыто и введено в эксплуатацию в начале второй половины прошлого века, поэтому основная их часть находится на III-IV стадиях разработки. Характерными признаками таких месторождений являются: снижение объёма добываемой продукции, увеличение обводненности, снижение пластового давления и формирование системы по его поддержанию, необходимость в обосновании и проведении мероприятий по увеличению текущей нефтеотдачи и вовлечению запасов из недренируемых зон.

Месторождения относятся к типу сложных и очень сложных по геологическому строению, в связи с невыдержанностью эффективных толщин и фильтрационно-ёмкостных свойств (ФЕС), наличием зон выклинивания, глинизации и множества тектонических нарушений, как со смещением залегания разновозрастных отложений, так и без, которые характеризуются слабой гидродинамической связанностью между разделенными разломами блоками продуктивных пластов. Это приводит к формированию разноуровневых водонефтяных контактов (ВНК), что осложняет разработку месторождений. Коллектор, по классификации А. А. Ханина, на большинстве месторождений относится к IV-VI группе в связи с низкой проницаемостью, при этом выделяются отдельные зоны пласта с высокими её значениями, которые приурочены к областям развития разрывных нарушений и фациальным обстановкам, в которых сформировались отложения с повышенными значениями фильтрационно-емкостных свойств.

Таким образом, изучение влияния вышеназванных факторов на образование зон с остаточными запасами, а также поиск подходов, методов и способов эффективного доизвлечения нефти из застойных и слабодренируемых зон является актуальной задачей.

Ещё одной востребованной задачей является поиск новых источников углеводородов в «нетрадиционных» коллекторах в связи с истощением запасов в «традиционных» юрских отложениях. На изучаемой территории ими являются залежи в отложениях коры выветривания, которые характеризуются ограниченным площадным распространением по сравнению с юрскими пластами, что связано с особенностью их образования. В связи с этим необходимо обосновать критерии поиска новых залежей на основе детального изучения особенностей их строения.

Степень разработанности темы

Изучением особенностей образования и извлечения остаточной нефти, в том числе и на месторождениях, которые характеризуются высокой степенью обводнения и низкими дебитами занимались: В. Е. Андреев, Л. С. Бриллиант, С. В. Галкин, Р. Х. Гильманова, Л. Ф. Дементьев, А. В. Джемсюк, М. А. Жданов, Ю. А. Котенёв, М. И. Максимов, Н. Н. Михайлов, В. Ш. Мухаметшин, С. Н. Назаров, П. И. Никитин, А. М. Пирвердян, М. К. Рогачев, Б. Ф. Сазонов, М. М. Саттаров, Е. И. Семин, Ш. Х. Султанов, М. Л. Сургучев, М. А. Токарев, В. Г. Уметбаев, К. М. Федоров, Н. Ш. Хайредин, Н. И. Хисамутдинов и др.

Строение и нефтегазоносность доюрского комплекса, том числе его коры выветривания, исследовали ученые: В. А. Бененсон, В. С. Бочкарев, Л. Н. Бружес, В. П. Данилова, О. Г. Жеро, Е. Г. Журавлев, Н. П. Запывалов, М. Ю. Зубков, К. С. Иванов, А. Е. Ковешников, А. Э. Конторович, В. В. Кормильцев, Е. А. Костырева, В. Г. Криночкин, Н. Я. Кунин, Н. К. Курышева, Т. А. Лапинская, В. И. Москвин, И. И. Нестеров, М. Ф. Печеркин, Л. Н. Сайпушева, Ю. Н. Федоров, С. Ф. Хафизов, В. И. Шпильман, В. Л. Шустер и др.

Несмотря на то, что по данной тематике опубликовано достаточное количество научных трудов, данный вопрос является актуальным по причине недостаточно эффективного извлечения углеводородов (УВ) из отложений юрского возраста и необходимостью поиска новых научно-обоснованных решений по поиску залежей в коре выветривания (КВ), в том числе основываясь на детальном геологическом понимании условий формирования продуктивных отложений.

Цель диссертационной работы – геологическое обоснование влияния различных геолого-технологических факторов на эффективное освоение запасов углеводородов в юрских отложениях и разработка рекомендаций по поиску и освоению новых залежей углеводородов в коре выветривания доюрского комплекса месторождений Шаимского нефтегазоносного района.

Задачи исследования:

1. Изучение особенностей разработки и выработки запасов нефти месторождений Шаимского нефтегазоносного района в юрских отложениях с учётом детального понимания их геологического строения.

2. Разработка методики подбора эффективных геолого-технологических мероприятий по вовлечению в разработку запасов нефти из различных зон пластов юрского возраста.

3. Изучение геологического строения ранее открытых залежей углеводородов в коре выветривания и разработка рекомендаций по освоению углеводородного потенциала доюрского фундамента.

Объект и предмет исследования

Объектом исследования являются отложения юрского возраста и коры выветривания западной части Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции, обладающие углеводородным потенциалом. Предметом исследования являются причины и факторы образования зон остаточных запасов нефти юрских отложений, а также критерии поиска новых залежей углеводородов в коре выветривания доюрского комплекса.

Научная новизна работы

1. Установлены две группы причин формирования (геологические и технологические) зон остаточных запасов нефти с учетом сложного геологического строения и истории их разработки.

2. Обоснованы технологии эффективного освоения нефтяного потенциала юрских отложений на основе комплекса сейсмических, литофациальных и гидродинамических исследований для выделенных групп залежей с остаточными запасами углеводородов.

3. Обоснованы палеотектонические, структурные, литолого-стратиграфические и палеогеоморфологические критерии поиска новых залежей углеводородов коры выветривания доюрского основания.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость работы заключается в выделении и ранжировании основных причин и закономерностей образования зон с остаточной нефтью в отложениях юрского возраста, а также разработке методики поиска залежей в коре выветривания.

Практическая значимость работы заключается в разработке рекомендаций по увеличению нефтеотдачи месторождений Шаимской группы, открытию новых залежей углеводородов и внедрении результатов при выполнении научно-исследовательских работ по следующим тематикам:

– «Анализ эффективности разработки Новомостовского месторождения с учетом концепции мелкоблокового строения»;

– «Геолого-технический анализ эффективности системы разработки Западно-Тугровского, Тальникового, Потанай-Картопьянского месторождений ТПП «Урайнефтегаз», выработка рекомендаций по совершенствованию системы разработки с учетом бездействующего фонда скважин и текущей остаточной нефтенасыщенности»;

– «Анализ текущего состояния системы разработки месторождений ТПП «Урайнефтегаз» и рекомендации по ее совершенствованию (2020 г. – Лазаревское месторождение, 2021 г. – Толумское месторождение, 2022 г. – Ловинское месторождение)».

Результаты диссертационной работы использованы в учебном процессе при проведении лабораторных и практических занятий по дисциплинам «Нефтегазопромысловая геология», «Системный анализ разработки нефтяных и газовых месторождений», а также курсовом и дипломном проектировании студентами горно-нефтяного факультета, обучающихся по специальностям 21.05.02 – «Прикладная геология», специализация «Геология нефти и газа»; 05.03.01 – «Геология», специализации «Геология» и «Нефтегазовая геология и геофизика»; 21.05.03 – «Технология геологической разведки», специализация «Геофизические методы исследования скважин» и при написании отчетов о практике и результатах научно-исследовательских работ у магистрантов, обучающихся по направлению подготовки 21.04.01 – «Нефтегазовое дело», магистерская программа «Геолого-геофизические проблемы освоения месторождений нефти и газа».

Методология и методы исследования

Решение поставленных задач реализовано с помощью методов и методологических подходов, включающих: обобщение, систематизацию и статистический анализ различной геолого-промысловой информации и данных, геологическое и гидродинамическое моделирование месторождений, геолого-промысловый анализ разработки и выработки запасов нефти. При написании работы использовались признанные специалистами-нефтяниками программные комплексы: tНавигатор, IRAP RMS и Tempest More для построения геологических и гидродинамических моделей месторождений, ResView для

формирования баз данных, геолого-промыслового анализа разработки и выработки запасов углеводородов.

Положения, выносимые на защиту

1. Геолого-технологические факторы образования остаточных зон нефти юрских отложений и закономерности их размещения.

2. Комплекс эффективных адресных мероприятий по увеличению нефтеотдачи и доизвлечению остаточных запасов нефти из застойных зон.

3. Палеотектонические, структурные, литолого-стратиграфические и палеогеоморфологические критерии поиска залежей углеводородов в коре выветривания доюрского фундамента.

Степень достоверности и апробации результатов

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались на научно-технических совещаниях в ОАО «ЛУКОЙЛ–Западная Сибирь» территориально-производственного предприятия «Урайнефтегаз»; на 71-й, 72-й и 74-й научно-технических конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ (Уфа, 2020, 2021, 2023); на 72-й международной молодежной научной конференции «Нефть и газ – 2018» (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина) в 2018 году; на международной конференции «Трудноизвлекаемые запасы нефти и газа» (УГНТУ, 2019); на всероссийской научно-технической конференции «Трудноизвлекаемые запасы нефти и газа» (УГНТУ, Уфа, 2019); на международной научно-технической конференции «Современные технологии в нефтегазовом деле» (УГНТУ, Октябрьский, 2022); на международной научно-практической конференции «Прорывные технологии в разведке, разработке и добыче углеводородного сырья» (Санкт-Петербургский Горный Университет, 2022); на международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы науки и техники» (УГНТУ, Уфа, 2021, 2023); на международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию горно-нефтяного факультета УГНТУ и 100-летию ученого Александра Ивановича Спивака (УГНТУ, Уфа, 2023).

Соответствие паспорта заявленной специальности

Затрагиваемая область исследования соответствует паспорту специальности 2.8.3. «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр», а именно п. 7: «Анализ и типизация горно-геологических условий месторождений твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых для их эффективного промышленного освоения» и п. 18: «Геолого-геофизическая оценка нефтегазоносности, анализ и типизация горно-геологических условий освоения месторождений углеводородов».

Публикации по теме диссертации

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 27 научных трудах, в том числе 3 – в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 1 публикация – в издании, входящем в международную реферативную базу Scopus.

Структура и объём работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованных источников из 109 наименований. Работа изложена на 126 страницах машинописного текста, содержит 63 рисунка, 14 таблиц.

Автор благодарит своего научного руководителя профессора, доктора технических наук Котенёва Юрия Алексеевича, также профессора Султанова Шамиля Ханифовича и кандидата геолого-минералогических наук Стенькина Андрея Вениаминовича за помощь и содействие в написании данной диссертационной работы, формирование научной идеи и консультации по проводимым исследованиям.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках реализации программы развития НЦМУ по соглашению № 075-15-2022-297.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** раскрыта актуальность темы, определены цель и основные задачи, изложена научная новизна и практическая значимость работы, сформулированы основные защищаемые положения.

В **первой главе** рассмотрены: геолого-геофизическая характеристика изучаемой территории, а также проблема образования зон остаточных запасов нефти юрских отложений и проблема освоения запасов углеводородов коры выветривания, которые являются актуальными для изучаемого района.

На изучаемой территории Западно-Сибирская плита включает в себя три структурно-тектонических этажа: нижний (средне-позднепалеозойский), средний (триасовый) и верхний (мезо-кайнозойский). Доюрский комплекс и кора выветривания вскрыты на рассматриваемом участке и сопредельных территориях практически всеми пробуренными скважинами. Они имеют различный возраст и гетерогенный состав. Отложения мезозойско-кайнозойского возраста с угловым и стратиграфическим несогласием залегают на породах доюрского комплекса, на изучаемой территории представлены юрским и меловым возрастом, кайнозойские – палеогеновым и четвертичным. Мощность в сводовых частях поднятий достигает 1700-2100 м, в периферийных частях – до 2400 м.

Тюменская свита характеризуется резкой фациальной изменчивостью отложений. Характеризуется колебанием толщин, большим количеством песчаных прослоев, линзовидным строением. Отложениями абалакской свиты трансгрессивно перекрывают тюменскую свиту. Во время её накопления начинается этап морской трансгрессии, охватившей большую часть Западно-Сибирской палеоравнины, что находит отражение в её глинистом составе. Представлена песчаниками и алевролитами с прослоями аргиллитов, гравелитов, конгломератов и известняков. Поверх абалакской свиты согласно залегают нижнемулымьинская свита. Она представлена черными аргиллитами и коричневатато-черными битуминозными алевритами, часто плитчатыми и листоватыми, с большим количеством рыбных остатков и аммонитов, с глинистыми прослоями известняков толщиной 1-4 м.

В тектоническом плане исследуемый район приурочен к четырем тектоническим структурам первого порядка: Шаимскому и Турсунскому мегавалам, Шеркалинскому мегапрогибу и Яхлинской седловине. В их строении выделяются следующие структуры второго порядка: Хангокуртский, Восточно-Даниловский, Южно-Даниловский, Северо-Лемьинский, Южно-Лемьинский, Восточно-Убинский прогибы, Лемьинский, Навский, Убинский, Тетеревский валы, Даниловское куполовидное поднятие, Шушминский структурный мыс.

На изучаемой территории выделено несколько продуктивных комплексов – доюрский (в трещиноватых породах фундамента и его коре выветривания), среднеюрский (тюменская свита) и келловей-верхнеюрский (вогулкинской, абалакской свиты).

Исследованием остаточных запасов занимались такие ученые, как: В. М. Березин, В. В. Гизатулина, Р. Х. Гильманова, Ю. В. Желтов, Н. Н. Михайлов, В. Ш. Мухаметшин, В. М. Рыжик, Э. М. Симкин, М. Л. Сургучев, Н. Ш. Хайретдинов, Н. И. Хисамутдинов и др.

В настоящее время принято выделять остаточную нефть микро- и макроуровня. Остаточная нефть макроуровня включает в себя целики, а также различного рода непромытые пропластки, застойные зоны, линзы. Такая нефть сохраняет свои исходные свойства. Нефть микроуровня включает в себя плёночную, адсорбированную на поверхности среды, и капиллярно-замещенную, находящуюся в пористой среде в виде капель и глобул, которые отделены от скелета пленкой воды.

Исследованием выработки запасов юрских отложений Западной Сибири занимались такие ученые, как: В. Е. Андреев, Л. С. Бриллиант, А. Э. Конторович, Ю. А. Котенёв, А. В. Лобусев, Е. В. Лозин, И. И. Нестеров, А. В. Стенькин, Н. Ш. Хайреддинов, А. П. Чижов, И. В. Шпуров и др.

Одними из последних диссертационных работ, опубликованных по данному региону, являются работы: А. В. Стенькина, в которой рассматривались технологии и способы эффективной выработки остаточных запасов углеводородов, В. С. Азарова, в которой автор разрабатывал методику выявления и локализации зон остаточных запасов по нормированным геологическим и технологическим параметрам.

Продуктивные отложения доюрского комплекса, в том числе кора выветривания палеозойского фундамента, давно представляют высокий интерес для поиска новых залежей. Изучением доюрских отложений, коры выветривания и перспективами её нефтеносности занимались следующие ученые: В. А. Бененсон, В. С. Бочкарев, Л. Н. Бружес, В. П. Данилова, О. Г. Жеро, Е. Г. Журавлев, Н. П. Запывалов, М. Ю. Зубков, К. С. Иванов, А. Е. Ковешников, А. Э. Конторович, В. В. Кормильцев, Е. А. Костырева, В. Г. Криночкин, Н. Я. Кунин, Н. К. Курышева, Т. А. Лапинская, В. И. Москвин, И. И. Нестеров, М. Ф. Печеркин, Л. Н. Сайпушева, Ю. Н. Федоров, С. Ф. Хафизов, В. И. Шпильман, В. Л. Шустер и др.

В настоящее время существует методика прогнозирования нефтеносности верхней части доюрского комплекса на основе результатов сейсморазведочных работ, но, тем не менее, прирост запасов по данным отложениям в сравнении с залежами в осадочном чехле остаётся на низком уровне.

Во второй главе рассмотрены особенности строения залежей углеводородов, а также влияние геологических и технологических факторов на образование зон с остаточными запасами нефти. Несмотря на особенности геологического строения месторождений, выделяются общие тенденции выработки углеводородов и образования зон остаточных запасов (Рисунок 1-2).

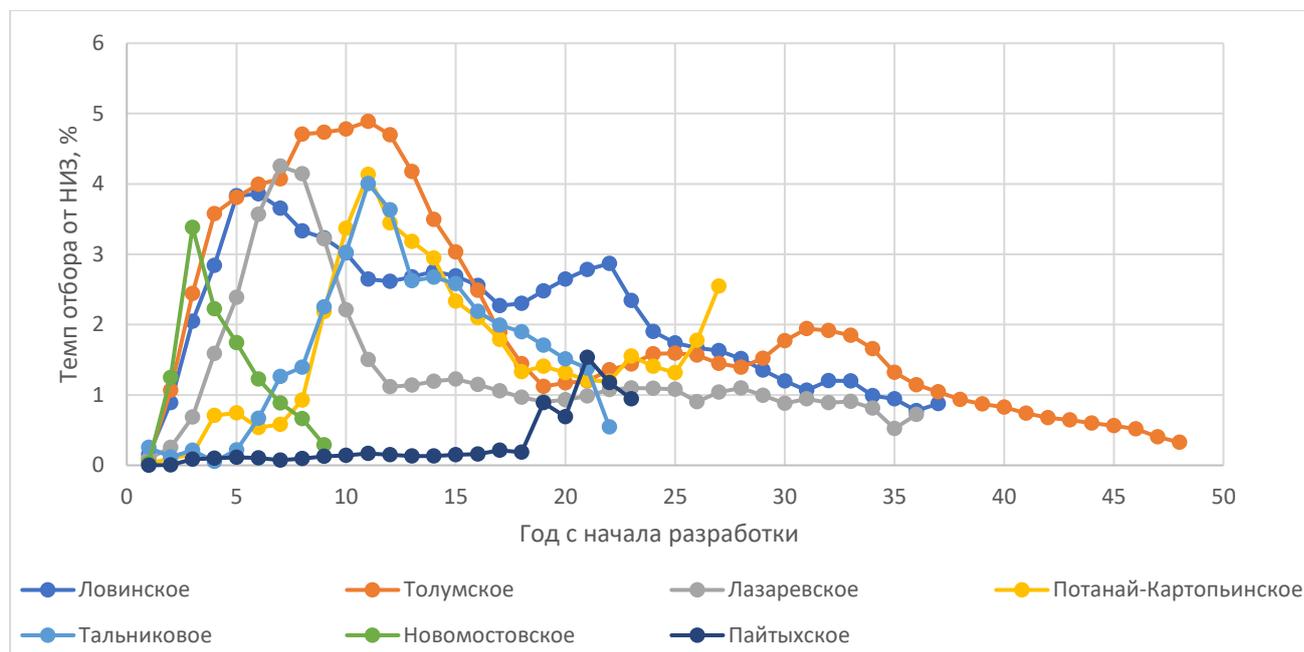


Рисунок 1 – Динамика темпов отбора нефти в зависимости от года с начала разработки

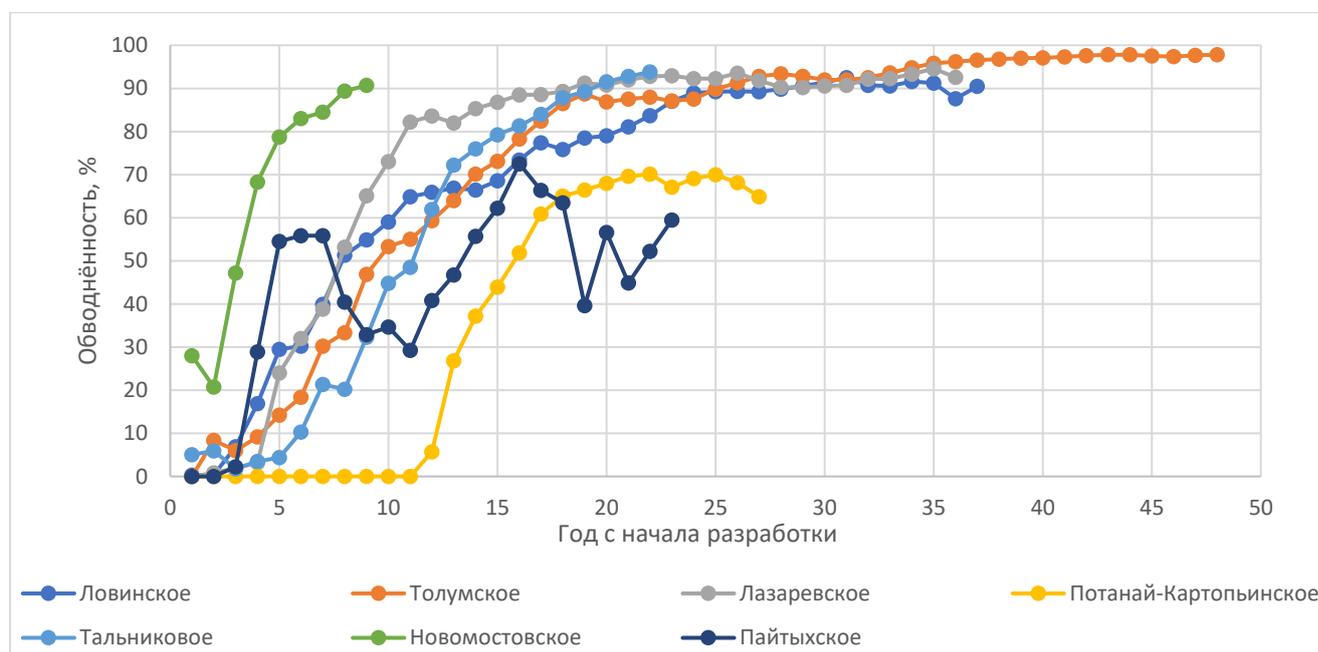


Рисунок 2 – Динамика обводненности в зависимости от года с начала разработки

Основными причинами являются сложное геологическое строение, а именно – сложная фациальная обстановка, наличие тектонических нарушений и выклинивание на доюрский комплекс пород. Помимо этого, можно выделить и технологические причины, которые связаны с неполным объёмом информации о геологическом строении пласта в период планирования его разработки (Рисунок 3).

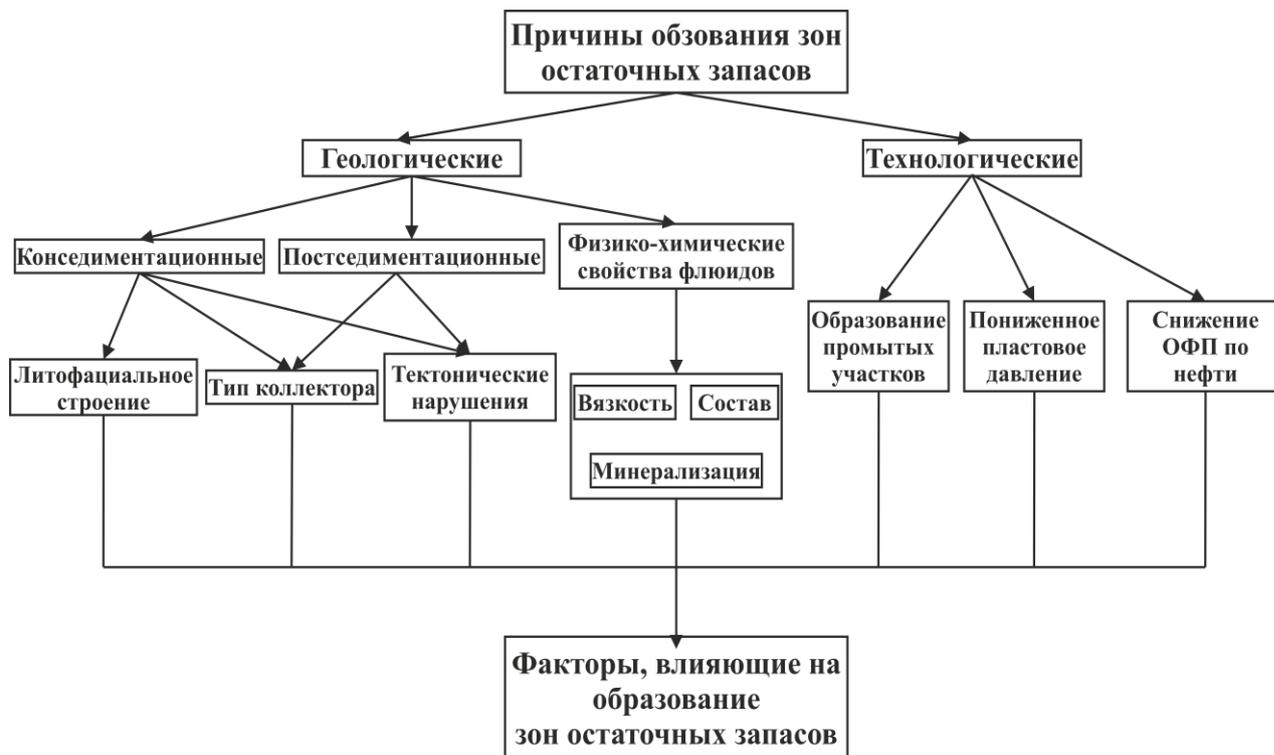


Рисунок 3 – Факторы, влияющие на образование зон остаточных запасов

Влияние фациального строения на выработку запасов нефти

Совместный анализ описания керна, анализ кривых ГИС и карт параметров позволили сформировать общее представление о формировании продуктивных пластов и реализовать палеогеографические карты-схемы основных фациальных типов отложений пластов T_{1-3} участка месторождения.

Исходя из анализа сделан вывод, что пласт T_1 сложен переходной фацией (лагуной и дельтой). Здесь хорошими коллекторами являются дельтовые отложения.

По результатам комплексного анализа, пласты T_2 и T_3 приурочены к аллювиальным отложениям меандрирующей речной системы (Рисунок 4). Они представлены русловыми, внерусловыми и старичными субфациями. Здесь наибольший интерес представляют коллекторы, образованные отложениями баров-побочней (русловая субфация), песков пойменных разливов и береговыми валами (внерусловая). Однако они сильно неоднородны ввиду вертикальной и латеральной связанности коллекторов со слабопроницаемыми (пойменными) отложениями.

На основе проведенного анализа влияния фациальных особенностей формирования продуктивных отложений на выработку запасов, можно утверждать, что в зонах развития русловых отложений выработка происходит равномерно. Образование зон с остаточными запасами объясняется сложным строением коллектора как по площади, так и по разрезу, которое выражается резкой сменой фациальных обстановок формирования отложений. Таким образом, лучше вырабатываются области, соответствующие русловым фациям, имеющим более высокие значения ФЕС. Запасы нефти в области внерусловой фации разрабатываются слабо из-за умеренных ФЕС и своей невыдержанности по площади и по разрезу.

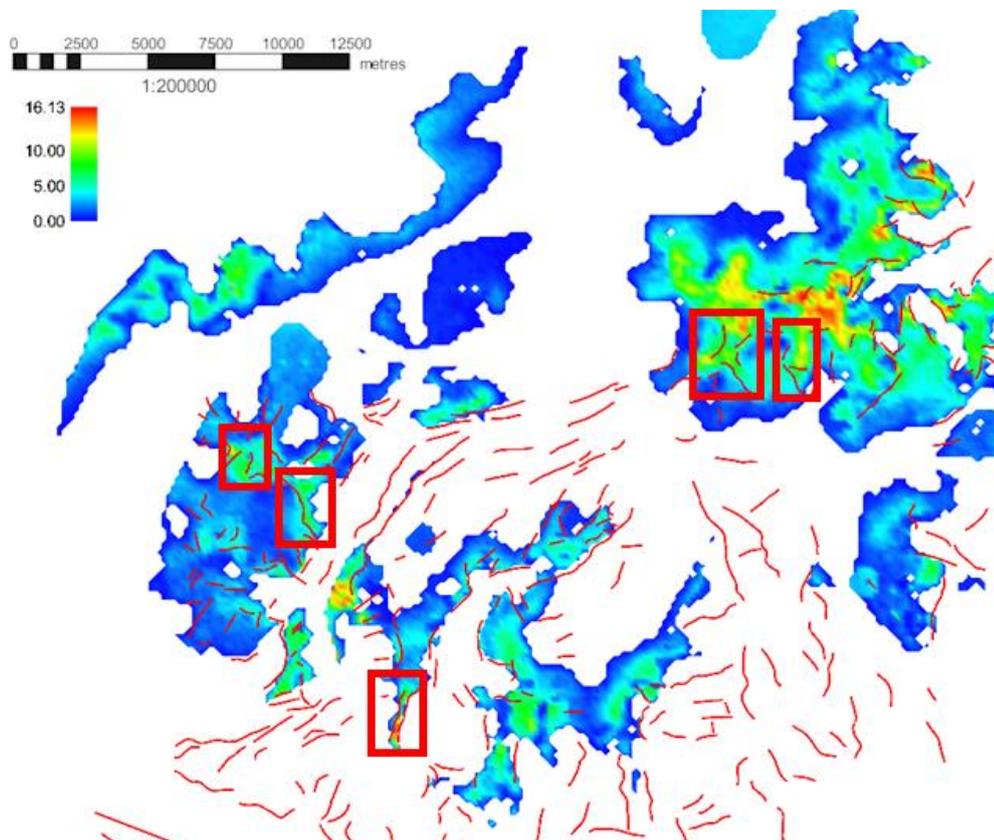


Рисунок 5 – Карта плотности остаточных извлекаемых запасов нефти Толумское месторождение, тыс. т/га

Влияние технологических факторов на выработку запасов

На Тальниковом месторождении, в связи с несформированной системой поддержания пластового давления, можно выделить зоны с пониженным пластовым давлением, поэтому появлялись зоны, неохваченные разработкой. Помимо этого, наличие газовой шапки и высокого газового фактора на Тальниковом месторождении осложняли выработку запасов. Это связано с преждевременным выделением газа из нефти, вследствие чего резко уменьшались фазовые проницаемости по нефти и воде, и происходил резкий прорыв газа к забоям добывающих скважин.

На месторождении осуществляется приконтурное заводнение в сочетании с очагово-избирательным в разбуренной зоне, в неразбуренной – площадная семиточечная система заводнения с переходом на очагово-избирательную.

Начальное пластовое давление по месторождению составляло 17,2 МПа, текущее среднее – 14,66 МПа, что ниже начального на 2,54 МПа. Для оценки энергетического состояния проведен анализ изменения пластового давления по времени.

Анализируя изменение распределения пластового давления с 01.01.2014 г. по настоящее время, наблюдается тот же тренд, что и в предыдущие периоды. Выделяются зоны пониженного давления в северной (Южно-Лемьинская залежь), западной, центральной (Эйтъянская залежь), южной, юго-восточной, восточной и северо-восточной (Тальниковая залежь) частях месторождения. Это говорит о том, что система ППД не справляется с поставленной задачей. Одной из причин может быть недостаточно высокое давление на забое нагнетательных скважин и низкие показатели ФЕС.

Так как на месторождении присутствует газовая шапка, то поддержание пластового давления на данном месторождении крайне необходимо, в связи с тем, что из-за пониженного пластового давления могут наблюдаться прорывы газа из газовой шапки и выделение растворённого газа из нефти.

В основном прорыв газа наблюдается на площади Тальниковой залежи ввиду того, что продуктивные пласты имеют обширную газовую шапку. Также можно отметить, что Тальниковая залежь является преобладающим эксплуатационным объектом, который имеет контакт с газовой шапкой.

В третьей главе подобраны наиболее эффективные геолого-технологические мероприятия для повышения нефтеотдачи пластов с учётом выявленных факторов, влияющих на образование зон остаточных запасов нефти (Таблица 1).

Таблица 1 – Рекомендации по эффективной разработке нефтегазовых залежей

| Факторы | Основные проблемы образования зон остаточных запасов | Категория месторождений | |
|-----------------------------|---|---|---|
| | | Разведываемые | Разрабатываемые |
| Геологические (первичные) | Консидиментационные | – Подбор системы разработки на основе полученного представления о строении пласта с учётом литолого-фациальных особенностей строения продуктивных отложений | – Адаптация текущей системы разработки под литолого-фациальные особенности строения продуктивных отложений; – Применение потокоотклоняющих технологий, водоизоляционных работ, выравнивание профиля притока; – Перевод скважин из добывающего в нагнетательных фонд; – Переход к очаговому и избирательному заводнению; – Проведение циклического заводнения пластов; – Проведение гидроразрыва пласта; – Бурение боковых стволов |
| | Постседиментационные | – Подбор системы разработки на основе полученного представления о тектоническом строении пласта | – Адаптация текущей системы разработки под тектонические особенности строения пласта; – Проведение трассерных исследований и гидропрослушивания пласта; – Закачка ПАВ; – Перевод скважин из добывающего в нагнетательных фонд; – Переход к очаговому и избирательному заводнению; – Бурение боковых стволов |
| Технологические (вторичные) | – Образование конусов воды; – Образование промытых участков пласта; – Снижение относительной фазовой проницаемости по нефти | – | – Адаптация текущей системы разработки с учётом особенностей строения пласта; – Подбор оптимальных режимов работы скважин; – Применение потокоотклоняющих технологий, водоизоляционных работ, выравнивание профиля притока; – Перевод скважин из добывающего в нагнетательных фонд; – Переход к очаговому и избирательному заводнению; – Проведение циклического заводнения пластов |

Комплекс мероприятий, направленный на равномерную выработку запасов

Для лучшей выработки запасов нефти и получения более высоких коэффициентов извлечения нефти необходимо детальное изучение геологического строения месторождения и учёт данных особенностей при проектировании системы разработки.

В качестве примера рассмотрено Пайтыхское месторождение, которое находится на стадии формирования фонда скважин. Промышленная нефтеносность доказана в 1987 году, опытно-промышленная разработка началась в 2001 году. В настоящее время проектный фонд реализован на 28 %. Основными объектами добычи являются пласты Ю₂₋₃.

Несмотря на то, что выработка запасов проходит достаточно равномерно, без преждевременного обводнения, можно выделить зоны с плохой выработкой.

В районе кустов № 37 и 40, часть добывающих скважин располагаются в зоне глинисто-алевролитовых отложений малоподвижного мелководья, а другая – в зоне пляжевых отложений. Осадки малоподвижной части бассейна характеризуются высокой глинистостью и малыми эффективными толщинами со средним значением фильтрационно-емкостных свойств. В результате этого наблюдается низкая гидродинамическая связь между скважинами, вскрывшими одну фациальную обстановку, а также на границе двух фаций.

Скважины малоподвижного мелководья имеют низкую добычу по сравнению со скважинами, находящимися в соседней фациальной зоне. По этой причине не все нагнетательные скважины влияют на соседние добывающие.

По результатам гидродинамического моделирования с учётом различного расположения добывающих и нагнетательных скважин (Рисунок б) получены следующие результаты (Таблица 2).

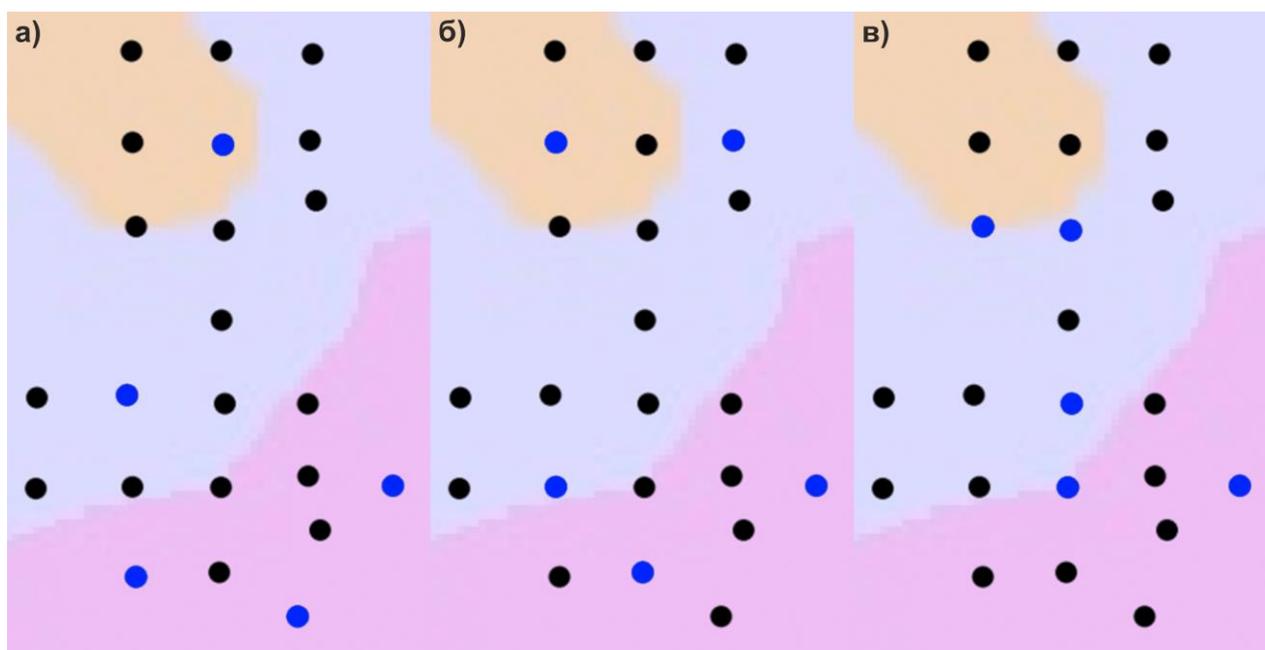


Рисунок 6 – Схема расположения скважин
а) – фактическое расположение; б) – расположение 1; в) – расположение 2

Таблица 2 – Результаты гидродинамического моделирования по разному расположению добывающих и нагнетательных скважин

| Вариант | Накопленная добыча, тыс. т | Обводненность, % |
|--------------------------|----------------------------|------------------|
| Фактическое расположение | 562,61 | 72,9 |
| Расположение 1 | 565,53 | 72,2 |
| Расположение 2 | 554,47 | 57,4 |

Из Таблицы 2 видно, что при расположении скважин с учётом фациального строения продуктивных отложений, можно эффективнее вырабатывать запасы углеводородов, находящиеся в пластах, что выражается с одной стороны, в большей добыче (расположение 1), с другой – в снижении обводненности (расположение 2).

Обоснование наиболее эффективных мероприятий для выработки запасов с учётом сложного фациального строения

На Рисунке 7 представлен участок, на котором рекомендуется перевод скважины № 8475 под нагнетание из-за отсутствия нагнетательных скважин в данной области. Также необходимо приобщение интервалов пласта Ю₅, так как в них сосредоточена наибольшая доля запасов, что объясняется приуроченностью отложений к континентальным, в частности к фации алеврито-песчаных и глинистых отложений прирусловых частей поймы, которые характеризуются повышенными фильтрационно-емкостными свойствами. Данная зона характеризуется повышенным содержанием остаточных запасов и относительно низким значением пластового давления – 12,6 МПа. В настоящий момент данная скважина находится в консервации.

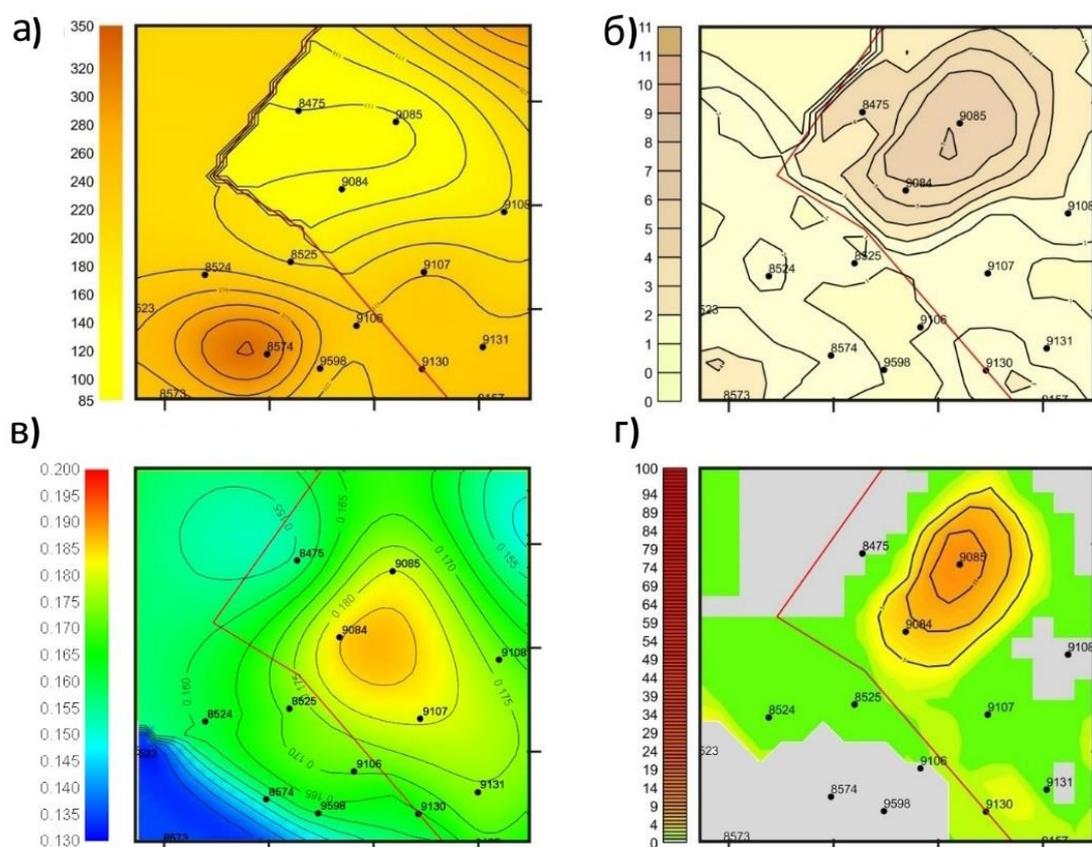


Рисунок 7 – Карта изобар (а), карта остаточных запасов (б), карта пористости (в), карта проницаемости (г) района скважины № 8475

Обоснование наиболее эффективных мероприятий для выработки запасов залежей с тектоническими нарушениями

Участок включает в себя 4 добывающие скважины (№№ 9802, 9805, 9806, 9812) и 3 нагнетательные скважины (№№ 9809, 9810, 9811). Плотность подвижных запасов на участке изменяется в диапазоне 8-10 тыс. т/га. Нагнетательные скважины № 9810 и № 9811 не оказывают никакого влияния на данном участке, так как находятся за «главным» не проницаемым разломом (Рисунок 8).

На данном участке рекомендуется перевести добывающую скважину № 9806 в нагнетательный режим работы с целью восстановления энергетического состояния участка с последующей одновременной закачкой гелеобразующих составов в скважину № 9806 и в предположительно реагирующих добывающих скважинах № 9802, № 9805 и № 9812 для выравнивания профиля приемистости нагнетательной скважины и снижения обводненности в добывающих скважинах. Для уточнения наличия гидродинамической связи необходимо проведение гидропрослушивания пласта или трассерных исследований скважин №№ 9809, 9805, 9802, 9806, 9812. Скважина № 9806 является низкодебитной по нефти (текущий дебит нефти 0,63 т/сут.), в радиусе действия скважины низкое пластовое давление (12,4 МПа), поэтому скважина № 9806 – наиболее благоприятный кандидат для перевода в нагнетательный фонд.

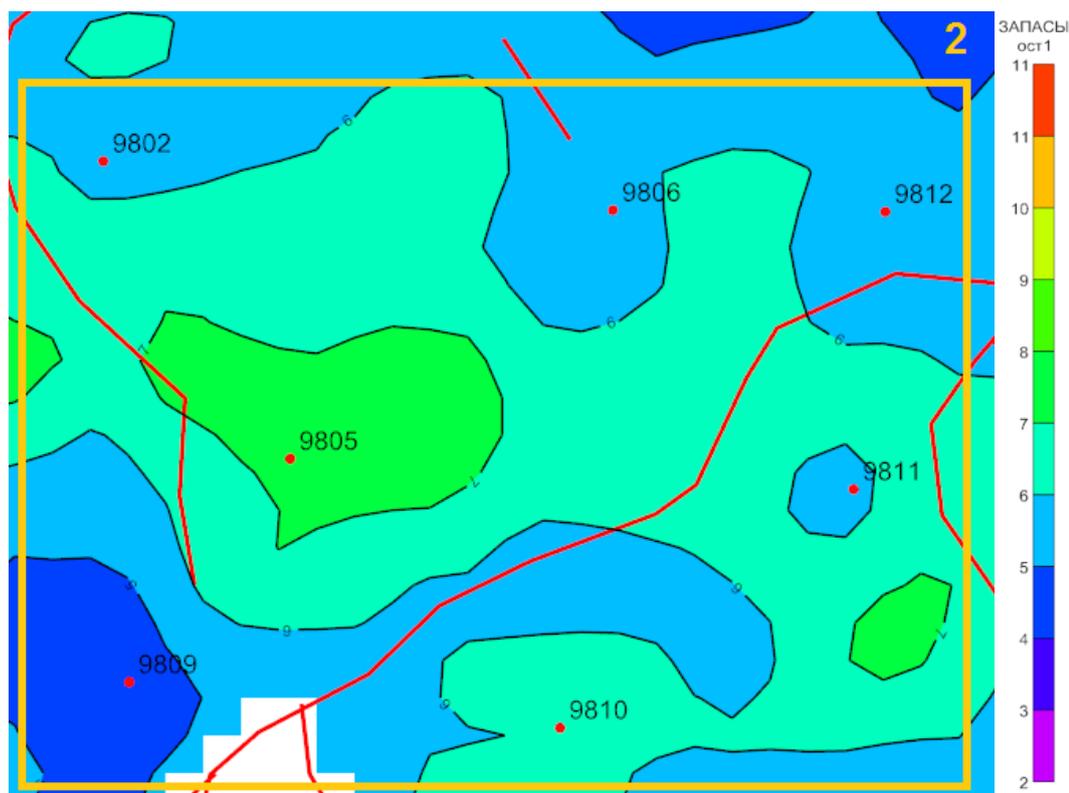


Рисунок 8 – Участок № 1 на карте остаточных запасов, тыс. т/га

Обоснование наиболее эффективных мероприятий для выработки запасов залежей низкого пластового давления

Скважина № 4102 переведена в нагнетание в феврале 2006 года и работает в настоящее время с приемистостью 87,3 м³/сут. Эффективная нефтенасыщенная толщина в районе скважины 4102 составляет 6,5 м.

В районе нагнетательной скважины № 4102 добычу осуществляют скважины №№ 4104, 9878, 4106, 9888. Текущий дебит нефти и обводненность скважины № 4104 составляют соответственно 0,4 т/сут. и 96,8 %. Накопленная добыча нефти – 12955,6 т, жидкости – 54246,2 т. Текущий дебит нефти и обводненность скважины № 9878 по состоянию на 01.07.2019 г. составляют соответственно 0,5 т/сут и 90,37 %. Накопленная добыча нефти – 377,1 т, жидкости – 3511,8 т. Текущий дебит нефти и обводненность скважины № 9888 по состоянию на 01.07.2019 г. составляют соответственно 5,4 т/сут. и 8,3 %. Накопленная добыча нефти – 8375,5 т, жидкости – 10600,4 т (Рисунок 9).

Рекомендуется провести закачку СОТ-12 в нагнетательную скважину для перераспределения фильтрационных потоков и вытеснения остаточных подвижных запасов нефти.

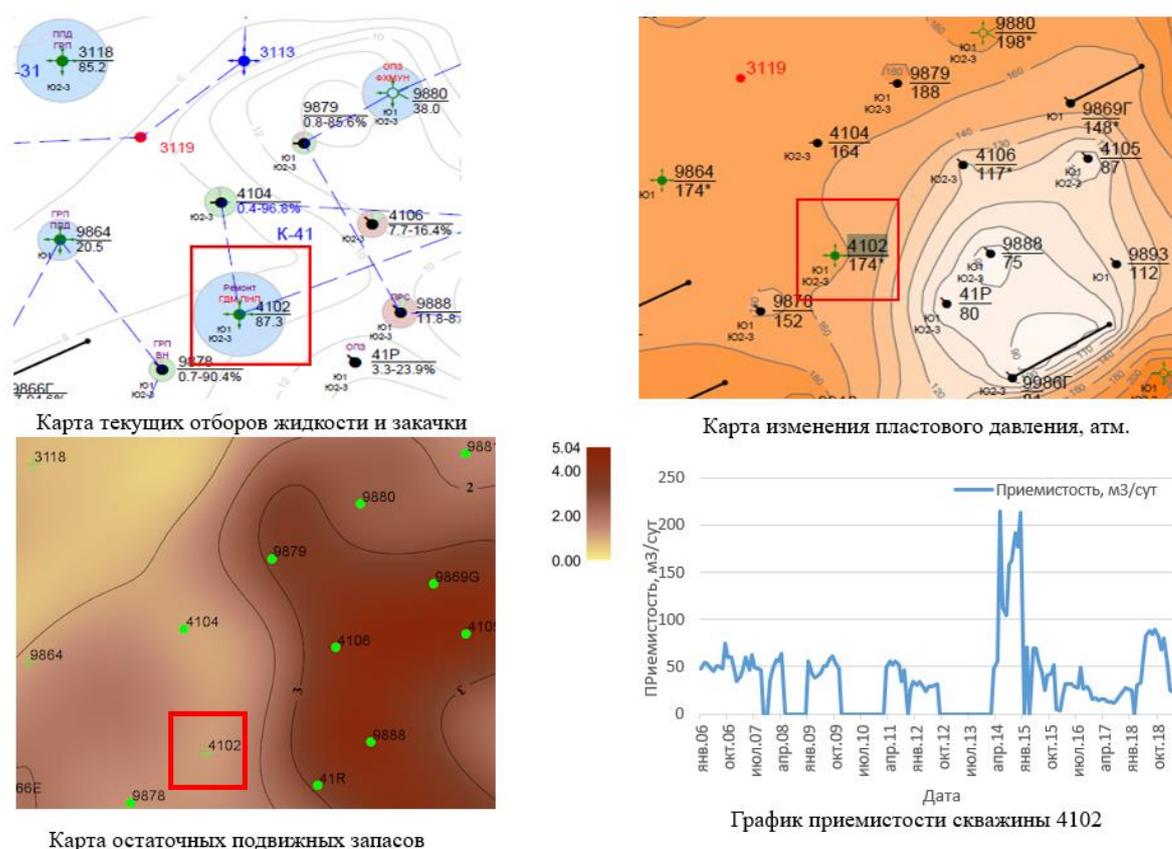


Рисунок 9 – Геолого-промысловая характеристика скважины № 4102. Потанай-Картопьянское месторождение

В четвертой главе рассмотрено общее представление о формировании коры выветривания, рассмотрены уже открытые залежи.

На изучаемой территории залежи коры выветривания обнаружены на Потанай-Картопьянском, Толумском, Тальниковом, а также Лазаревском (единичные притоки при совместном опробовании юрских пластов) месторождениях.

В пределах Потанайской площади первого месторождения обнаружено 9 залежей нефти. Образования коры выветривания вскрыты в 238 скважинах месторождения, эффективные толщины пласта установлены в 38 скважинах, нефтенасыщенные – в 17 скважинах, вскрывших ЧНЗ залежей.

Исходя из изучения описания керна по скважинам Потанай-Картопьянского месторождения видно, что они имеют различные исходные породы, вследствие чего и разную степень преобразованности.

Для изучения закономерностей распределения залежей углеводородов в КВ построены структурные карты по кровле фундамента (отражающий горизонт А) для Толумского и Потанай-Картопьянского месторождений. Также на этой карте отображены зоны распространения залежей КВ и тектонические нарушения (Рисунок 10).

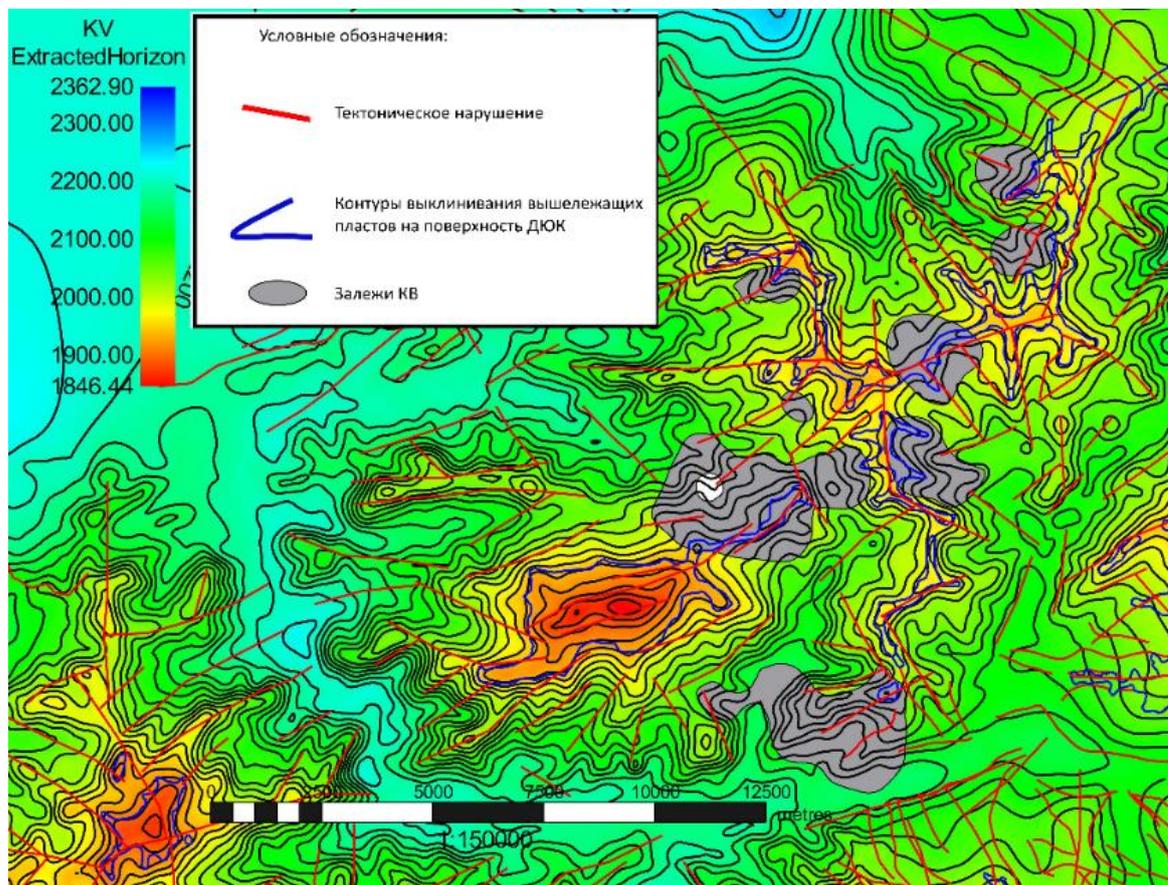


Рисунок 10 – Структурная карта кровли доюрского комплекса. Потанай-Картопьянское месторождение

Исходя из анализа данных карт, можно увидеть, что все залежи Потанай-Картопьянского месторождения связаны с зонами тектонических нарушений и находятся вблизи областей выклинивания вышележащих пластов. Все залежи КВ связаны с повышенными частями структурных планов кровли доюрского комплекса.

Анализ геологических условий нефтегазоносности на открытых залежах ДЮК позволил сформировать следующие критерии нефтегазоносности доюрского комплекса в пределах исследуемого региона:

- 1) Близость к контурам выклинивания пластов;
- 2) Наличие разломной тектоники;
- 3) Наличие повышенных частей доюрского фундамента;
- 4) Наличие выдержанного флюидоупора.

Исходя из этого, можно выделить перспективную зону для поиска новых залежей УВ на Потанай-Картопьянском месторождении (Рисунок 11).

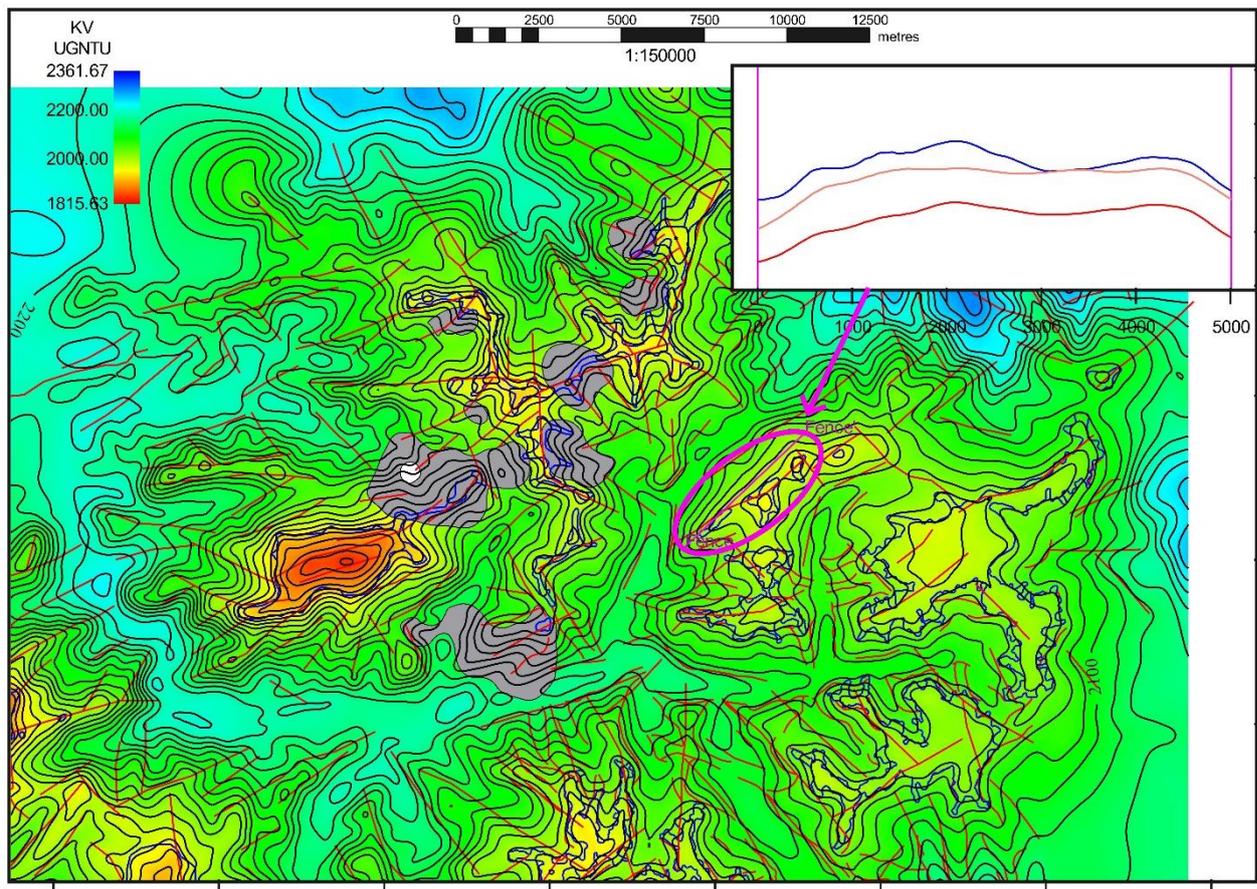


Рисунок 11 – Предполагаемая зона для открытия новых залежей УВ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В строении Западной-Сибирской плиты на данной территории выделяются три структурных этажа: складчатый фундамент палеозойского возраста (нижний), вулканогенные породы триасового возраста (средний) и мезозойско-кайнозойский осадочный чехол (верхний). Нижний и средний этажи объединены в доюрский комплекс отложений, в кровле которого выделяются отложения коры выветривания. В разрезе выделяется два нефтеносных комплекса, связанных с доюрским комплексом (в трещиноватых породах фундамента и его коре выветривания) и юрскими нижнемеловыми отложениями осадочного чехла (тюменская, вогулкинская и абалакская свиты).

Залежи в юрских отложениях характеризуются сложным геологическим строением: невыдержанность эффективных толщин как по площади, так и по разрезу, изменчивость фильтрационно-емкостных характеристик, наличие тектонических нарушений, зон выклинивания на доюрский комплекс и замещений коллекторов непроницаемыми породами. В связи с этим, все месторождения относятся к типу сложных и очень сложных.

Отложения коры выветривания являются перспективными объектами для поиска и освоения запасов углеводородов. Обладают различными коллекторскими свойствами. Образуются за счёт процессов палеогипергенеза и тектонических процессов. По типу коллектора – порово-кавернозный, порово-трещинный и кавернозно-порово-трещинный. Высокие значения проницаемости связаны с трещиноватыми коллекторами.

2. Проведен анализ геологического строения месторождений и получены актуальные геолого-гидродинамические модели месторождения. В качестве особенностей геологического строения месторождений можно выделить следующие: многопластовые залежи, невыдержанность по площади и разрезу, наличие тектонических нарушений и полифациальное строение.

Выделены причины образования зон остаточных запасов нефти: геологические (первичные) и технологические (вторичные). Первичные причины можно разделить на две подгруппы, непосредственно связанные с геологическим строением пласта – конседиментационные и постседиментационные, а также на подгруппу по физико-химическим свойствам флюидов.

По результатам проведенного анализа влияния фациальных особенностей формирования продуктивных отложений на выработку запасов, можно утверждать, что в зонах развития русловых отложений выработка происходит равномерно. Образование зон с остаточными запасами объясняется сложным строением коллектора как по площади, так и по разрезу, которое выражается резкой сменой фациальных обстановок формирования отложений, как по латерали, так и по вертикали. Таким образом, лучше вырабатываются области, соответствующие русловым фациям, имеющим более высокие значения ФЕС, запасы нефти в области внерусловой фации разрабатываются слабо из-за умеренных ФЕС и своей невыдержанности по площади и по разрезу.

По результатам прямых (трассерные исследования) и косвенных (корреляционный анализ между добывающими и добывающими/нагнетательными скважинами) методов часть разломов является непроницаемыми, что приводит к образованию зон остаточных запасов, приуроченных к тектоническим экранам.

Формирование зон остаточных запасов связано с технологическими факторами, к ним относится несформированность системы разработки месторождений, а также нерациональное использование естественной энергии залежей. Это приводит к образованию промытых зон, понижению пластового давления, выделению растворенного газа.

3. Подобран комплекс наиболее эффективных геолого-технических мероприятий по освоению углеводородного потенциала юрских отложений:

– Для новых месторождений основной рекомендацией является детальное изучение месторождения, выделение особенностей его геологического строения, связанных с процессом образования продуктивных отложений и ловушек. Исходя из изученного строения – подбор оптимальной системы разработки с учётом литолого-фациальных и тектонических особенностей строения пласта.

– Для разрабатываемых месторождений подобран комплекс технологий, направленных на повышение нефтеотдачи продуктивных пластов в результате увеличения степени их охвата. Основные рекомендации заключаются в адаптации текущей системы разработки с учётом детального геологического строения, а также в проведении необходимых геолого-технологических мероприятий, таких как: потокоотклоняющие технологии, водоизоляционные работы, выравнивание профиля приток, бурение боковых стволов, перевод

скважин из добывающего в нагнетательный фонд, переход к очаговому и избирательному заводнению.

4. По результатам детального изучения геологического строения ранее открытых залежей в коре выветривания подобраны наиболее благоприятные факторы, которые могут рассматриваться, как критерии нефтегазоносности:

- Наличие структурных выступов поверхности ДЮК.
- Наличие коры выветривания в апикальных и склоновых частях структурных выступов.
- Наличие зон разуплотнения, сопровождающих зоны разрывных нарушений верхней части ДЮК.
- Наличие покрывки, залегающей непосредственно, либо с маломощными подстилающими осадками на породах доюрского комплекса.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий ВАК при Министерстве науки и высшего образования:

1. Шабрин, Н. В. Влияние фациальных обстановок осадконакопления тюменской свиты на эффективность извлечения и выработку запасов углеводородов / Н. В. Шабрин, А. В. Стенькин, А. Ю. Котенев // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. – 2022. – Т. 43, № 2(106). – С. 36-45.

2. Шабрин, Н. В. Особенности выработки запасов нефти юрско-нижнемеловых отложений на основании уточнения литолого-фациального строения месторождения / С. В. Арефьев, В. В. Никифоров, Ю. А. Котенев и др. // Нефть. Газ. Новации. – 2022. – № 3(256). – С. 26-31.

3. Шабрин, Н. В. Обоснование геологических критериев распределения остаточных запасов нефти юрских отложений и технологии их освоения / Н. В. Шабрин, Ю. А. Котенев, Ш. Х. Султанов [и др.] // Нефть. Газ. Новации. – 2022. – № 12(265). – С. 20-26.

В изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и систем цитирования Scopus:

4. Shabrin N. V. Influence of facies and tectonic structure on the reservoir properties distribution / V. V. Nikiforov, Sh. H. Sultanov, Yu. A. Kotenev, N. V. Shabrin, A. R. Sharafutdinov // SOCAR Proceedings. – 2023. – No. 2. – P. 7-13.

Публикации в прочих изданиях:

5. Шабрин, Н. В. Оптимизация процесса обработки данных при 3D моделировании в геологии / Н. В. Шабрин, В. В. Никифоров // Нефтегазовые технологии и новые материалы. Проблемы и решения: Сборник научных трудов. Том Выпуск 6 (11). – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство научно-технической литературы «Монография», 2017. – С. 72-78.

6. Шабрин, Н. В. Анализ системы разработки нефтяного месторождения со сложным тектоническим строением / А. А. Мирсаева, Н. В. Шабрин, В. В. Никифоров // Нефтегазовые технологии и новые материалы. Проблемы и решения. Сборник научных трудов. Уфа – 2018. – С. 221-229.

7. Шабрин, Н. В. Использование корреляционного анализа для оценки взаимодействия скважин на месторождении со сложной тектонической обстановкой / Н. В. Шабрин, А. Н. Гарайшин // Тезисы докладов. 72-я международная молодежная научная конференция «Нефть и газ – 2018». РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина. – 2018. – Т. 1. – С. 112.

8. Шабрин, Н. В. Создание гидродинамической модели месторождения нефти и газа / Н. В. Шабрин, В. В. Никифоров // Трудноизвлекаемые запасы нефти и газа – 2019. Сборник статей, докладов и выступлений Всероссийской научно-технической конференции. Уфимский государственный нефтяной технический университет. – 2019. – С. 99-100.

9. Шабрин, Н. В. Применение циклического заводнения на месторождении нефти и газа / В. В. Никифоров, А. А. Нуриев, Н. В. Шабрин // Трудноизвлекаемые запасы нефти и газа – 2019. Сборник статей, докладов и выступлений Всероссийской научно-технической конференции. Уфимский государственный нефтяной технический университет. – 2019. – С. 100-102.

10. Шабрин, Н. В. Обоснование применения ГРП на месторождении Западной Сибири / Н. В. Шабрин, И. Ф. Файзуллин, А. Н. Халиков // Материалы 71-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ – 2020. – Т. 1 – С. 58.

11. Шабрин, Н. В. Геолого-промысловый анализ энергетического состояния юрских отложений месторождения Шаимского региона / Н. В. Шабрин, И. Ф. Файзуллин // Материалы 71-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ – 2020. – Т. 1 – С. 61.

12. Шабрин, Н. В. Оптимизация системы поддержания пластового давления в условиях падающей добычи / Н. В. Шабрин, В. В. Никифоров // Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы науки и техники – 2021», 2021. – С. 135.

13. Шабрин, Н. В. Увеличение темпов выработки запасов путем искусственного воздействия на пласт / К. Д. Быченков, Н. В. Шабрин, Д. И. Северов // Материалы 72-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ – 2021. – Т. 1. – С. 48.

14. Шабрин, Н. В. Компенсационное регулирование системы поддержания пластового давления / М. Л. Грачев, В. В. Никифоров, Н. В. Шабрин // Материалы 72-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ – 2021. – Т. 1. – С. 56.

15. Шабрин, Н. В. Тектонические особенности тюменской свиты / Н. В. Шабрин, В. В. Никифоров // Материалы 72-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ, 2021 – Т. 1. – С. 66.

16. Шабрин, Н. В. Выработка запасов нефти в условиях массового применения гидроразрыва пласта / Н. В. Шабрин, А. Н. Халиков, Д. Ю. Чудинова // Материалы 72-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ. – 2021 г. Т. 1 – С. 75.

17. Шабрин, Н. В. Геолого-промысловое обоснование совершенствования системы заводнения юрских отложений месторождений Шаимского района /

Н. В. Шабрин, М. Ю. Котенев, В. В. Никифоров // Современные технологии в нефтегазовом деле – 2022: Сборник трудов международной научно-технической конференции, Октябрьский, 25 марта 2022 года. – Октябрьский: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2022. – С. 293-297.

18. Шабрин, Н. В. Подбор эффективных геолого-технических мероприятий с учетом литолого-фациальных особенностей осадконакопления продуктивных отложений / В. В. Никифоров, Н. В. Шабрин, А. Р. Шарафутдинов, Е. М. Махныткин, А. С. Шабутдинов // Современные технологии в нефтегазовом деле – 2022: Сборник трудов международной научно-технической конференции, Октябрьский, 25 марта 2022 года. – Октябрьский: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2022. – С. 191-195.

19. Шабрин, Н. В. Перспективы повышения эффективности выработки запасов юрских отложений Шаимского региона / Н. В. Шабрин, М. Ю. Котенев // Прорывные технологии в разведке, разработке и добыче углеводородного сырья: тезисы докладов международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 15-16 ноября 2022 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет, 2022. – С. 147.

20. Шабрин, Н. В. Образование трещиноватых коллекторов, генетически связанных с тектоническими нарушениями / В. В. Никифоров, А. Р. Шарафутдинов, Н. В. Шабрин // Актуальные проблемы науки и техники – 2023: сб. материалов XVI Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов (Уфа, 27-31 марта 2023 г.): в 2 т. / под общ. ред. канд. техн. наук Рабаева Р. У. – Уфа: УНПЦ «Изд-во УГНТУ», 2023. – С. 97-99.

21. Шабрин, Н. В. Влияние технологических факторов на выработку запасов на примере месторождения Шаимского региона / Н. В. Шабрин, В. В. Никифоров, А. Р. Шарафутдинов // Актуальные проблемы науки и техники – 2023: сб. материалов XVI Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов (Уфа, 27-31 марта 2023 г.): в 2 т. / под общ. ред. канд. техн. наук Рабаева Р. У. – Уфа: УНПЦ «Изд-во УГНТУ», 2023. – С. 119-120.

22. Шабрин, Н. В. Особенности условий обстановок осадконакопления северо-восточной части Шаимского нефтегазоносного района / Н. В. Шабрин, В. В. Никифоров, А. Р. Шарафутдинов // Актуальные проблемы науки и техники – 2023: сб. материалов XVI Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов (Уфа, 27-31 марта 2023 г.): в 2 т. / под общ. ред. канд. техн. наук Рабаева Р. У. – Уфа: УНПЦ «Изд-во УГНТУ», 2023. – С. 120-122.

23. Шабрин, Н. В. Расчленение и корреляция юрских отложений северо-восточной части Шаимского нефтегазоносного района / А. Р. Шарафутдинов, Е. М. Махныткин, Н. В. Шабрин, А. Н. Халиков // Материалы 74-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ, 2023 г., – С. 64.

24. Шабрин, Н. В. Критерии поиска новых залежей нефти в коре выветривания доюрского фундамента Шаимского НГР / Н. В. Шабрин, В. В. Никифоров, А. Р. Шарафутдинов и др. // Геология. Известия Отделение наук о Земле и природных ресурсах. – 2023. – № 32. – С. 52-67.

25. Шабрин, Н. В. К вопросу о выделении залежей углеводородов коры выветривания / Н. В. Шабрин, В. В. Никифоров, А. Р. Шарафутдинов //

Международная научно-практическая конференция, посвященная 75-летию горно-нефтяного факультета УГНТУ и 100-летию ученого Спивака Александра Ивановича: сборник материалов, Уфа, 23-24 ноября 2023 года. – Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2023. – С. 209.

26. Шабрин, Н. В. Геометризация геологических тел продуктивных отложений северо-восточной части ШНГР / А. Р. Шарафутдинов, В. В. Никифоров, Н. В. Шабрин и др. // Международная научно-практическая конференция, посвященная 75-летию горно-нефтяного факультета УГНТУ и 100-летию ученого Спивака Александра Ивановича: сборник материалов, Уфа, 23-24 ноября 2023 года. – Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2023. – С. 210-211.

27. Шабрин, Н. В. Применение атрибутивного анализа данных сейсморазведочных работ для поиска ловушек литологического типа / А. Р. Шарафутдинов, В. В. Никифоров, Н. В. Шабрин // Международная научно-практическая конференция, посвященная 75-летию горно-нефтяного факультета УГНТУ и 100-летию ученого Спивака Александра Ивановича: сборник материалов, Уфа, 23-24 ноября 2023 года. – Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2023. – С. 215-216.