

На правах рукописи



КАЗАНСКАЯ ДИАНА АНДРЕЕВНА

**ДЕТАЛИЗАЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ
СЛОЖНОПОСТРОЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ
КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ С ЦЕЛЬЮ
ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ (НА ПРИМЕРЕ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАПАДНОЙ И ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ)**

Специальность 25.00.12 – Геология, поиски и разведка нефтяных и
газовых месторождений

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Тюмень - 2020

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Тюменский индустриальный университет».

Научный руководитель: **Белкина Валентина Александровна**
кандидат физико-математических наук, профессор
кафедры «Геология месторождений нефти и газа»
ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»

Официальные оппоненты: **Вахромеев Андрей Гелиевич**
доктор геолого-минералогических наук, начальник
геологического отдела ООО «РН-БУРЕНИЕ»,
Иркутский филиал

Сапожников Вадим Михайлович
доктор геолого-минералогических наук, профессор
кафедры геофизики ФГБОУ ВО «Уральский
государственный горный университет»

Ведущая организация: Федеральное автономное учреждение
«Западно-Сибирский научно-исследовательский
институт геологии и геофизики» (ЗапСибНИИГГ),
г. Тюмень

Защита диссертации состоится 24 ноября в 16 часов на заседании диссертационного совета Д 212.273.05 при Тюменском индустриальном университете (ТИУ) по адресу: 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 56, Институт геологии и нефтегазодобычи, аудитория 113.

С диссертацией можно ознакомиться на сайте ФГБУ ВО «Тюменский индустриальный университет» www.tyuiu.ru и в библиотечно-информационном центре ТИУ по адресу: 625039, г. Тюмень, ул. Мельникайте, 72.

Отзывы, заверенные печатью учреждения, в 2 экземплярах просим направлять по адресу 625000, г. Тюмень, ул. Володарского 56, Тюменский индустриальный университет, ученому секретарю диссертационного совета Д 212.273.05, Семеновой Татьяне Владимировне. Тел. 8(3452)39-03-39
e-mail: semenovatv@tyuiu.ru

Автореферат диссертации разослан 10 октября 2020 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Т.В. Семенова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования и степень ее разработанности.

Активно дренируемые запасы углеводородов Западной и Восточной Сибири неуклонно истощаются. Простые с точки зрения их обнаружения структурные ловушки разбурены и разрабатываются, что влечет снижение прироста запасов и уровней добычи нефти и газа. Для поддержания ресурсной базы данный факт вынуждает нефтяные компании заниматься поиском, разведкой и разработкой месторождений со сложным геологическим строением.

Задачи поисков, разведки, оценки ресурсов и запасов, проектирования, разработки в настоящее время решаются на основе трехмерных геологических моделей (3D ГМ). Развитие технологий построения 3D ГМ в первую очередь связано с усложнением геологического строения изучаемых залежей, увеличением объема и видов используемой геолого-геофизической информации, а также необходимостью детального моделирования неоднородного строения пород коллекторов. Детализация месторождений со сложным геологическим строением невозможна без привлечения для построения геологических моделей, кроме эмпирических данных, всех видов априорной и косвенной информации – в частности, концептуальной седиментологической модели.

Вопросами фациального анализа, палеографических реконструкций и седиментологии продуктивных пластов занимались такие исследователи, как В.П. Алексеев, Е.Ю. Барабошкин, Р.М. Бембель, С.Р. Бембель, В.Н. Бородкин, И.И. Нестеров, В.С. Муромцев, А.Г. Мухер, Л.С. Чернова, Г.Г. Шемин и др. В их работах заложены методологические основы фациального моделирования продуктивных пластов месторождений Западной и Восточной Сибири.

Накопленный опыт в области геологического моделирования убедительно показал, что только адекватная гипотеза о седиментологии отложений и тектоническом строении представляет объективную основу для интерпретации разных видов данных. Концептуальная ГМ представляет возможным обоснование параметров и типов сеток, а также правильно настроить параметры алго-

ритмов моделирования. Знание седиментологического и тектонического строения в региональном плане позволяет обосновать методику моделирования и, тем самым, уменьшить число итераций при создании 3D ГМ. Важной частью концептуальной ГМ является седиментологическая модель. Адекватно построенная седиментологическая модель обладает определенным прогнозным потенциалом, позволяя построить 3D ГМ даже в условиях ограниченного набора данных при редкой сетке скважин на большей части области продуктивности.

В настоящее время 3D геологическое моделирование активно развивается и продолжает оставаться важным направлением нефтегазовой геологии. Существует значительное число работ, посвященных теоретическим и практическим аспектам 3D моделирования отечественных исследователей – В.М. Александрова, В.А. Бадьянова, В.А. Белкиной, С.И. Билибина, А.М. Волкова, В.А. Волкова, А.И. Деминой, А.А. Дорошенко, А.А. Забоевой, К.Е. Закревского, А.Б. Сметанина, Е.А. Щергиной и др., а также иностранных – Л.П. Дейк, К.В. Дойч, О. Дюбрьюль, Л. Косентино, Ж. Матерона и др.

Не смотря на разнообразие методов и алгоритмов геологического моделирования, данное направление нуждается в научно-методическом развитии. В первую очередь это связано с изучением сложнопостроенных залежей. В данной работе сформулированы и описаны методические подходы по построению 3D ГМ залежей сложного строения. В работе предложена методика внешней проверки качества полученных моделей и дифференцированной оценки начальных геологических запасов. Предложенные подходы апробированы на примере двух разновозрастных месторождений разных нефтегазоносных провинций (НПП).

Цель работы – разработка методики построения седиментологических и трехмерных геологических моделей для отложений сложнопостроенных залежей морского генезиса, которые формировались в сложных палеогеографических и палеотектонических условиях, характеризующихся резкой изменчивостью литологического строения и фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС).

Методика основана на использовании комплекса геолого-геофизической информации с учетом концептуальных седиментологических моделей.

Основные задачи исследований:

1. Изучить особенности литологического строения на основе анализа данных керна и диаграмм геофизических исследований скважин (ГИС) для диагностики условий осадконакопления продуктивных отложений месторождений углеводородов разных по геологическому строению нефтегазоносных провинций (НГП).

2. Создать концептуальные седиментологические модели терригенных отложений объектов гетерогенного строения, сформированных под влиянием штормовых процессов (викуловская свита Ем-Еговского лицензионного участка (ЛУ) Западно-Сибирской НГП) и аллювильной деятельности палеорек (ярактинский горизонт Дулисьминского нефтегазоконденсатного месторождения Лено-Тунгусской НГП).

3. Разработать методику создания 3D ГМ на основе комплекса геолого-геофизической информации с учетом концептуальной модели для залежей с резкой изменчивостью литологического строения и фильтрационно-емкостных свойств на примере Дулисьминского месторождения и Ем-Еговского ЛУ.

4. Построить детальные 3D ГМ пластов I, II ярактинского горизонта Дулисьминского месторождения и пластов ВК₁₋₃ отложений викуловской свиты Ем-Еговского ЛУ с использованием концептуальных моделей, обосновать адекватность построенных моделей и выполнить дифференцированную оценку запасов по зонам седиментации.

Научная новизна:

1. Впервые созданы детальные концептуальные седиментологические модели для сложнопостроенных продуктивных пластов терригенных отложений Лено-Тунгусской и Западно-Сибирской НГП - ярактинского горизонта Дулисьминского месторождения и викуловской свиты Ем-Еговского ЛУ. В отложения викуловской свиты на данном ЛУ впервые выделены и четко обоснова-

ны породы штормового генезиса. В ярактинском горизонте Дулисьминского месторождения обоснованы палеоврезы субширотного простирания.

2. Разработана методика построения трехмерных геологических моделей сложнопостроенных залежей, позволяющая использовать комплекс геолого-геофизических данных с учетом концептуальной седиментологической модели. В методике используются различные одномерные и двумерные тренды для каждой фации и по пластам.

3. Впервые построены трехмерные геологические модели пластов I, II ярактинского горизонта Дулисьминского месторождения и пластов ВК₁₋₃ викуловской свиты Ем-Еговского ЛУ.

4. Впервые обоснована и проведена внешняя проверка оценки качества построенных трехмерных геологических моделей. Проведена дифференцированная оценка начальных геологических запасов нефти и газа по зонам седиментации, что позволило обосновать более детальную их структуру.

Теоретическая и практическая ценность работы:

Разработанные автором геологические модели пластов I, II ярактинского горизонта и пластов ВК₁₋₃ викуловской свиты уточнили представление о геологическом строении Дулисьминского месторождения и Ем-Еговского ЛУ. Проекты разработки составлены на основе выявленных особенностей геологического строения данных пластов. Результаты работы использованы при построении гидродинамических моделей Дулисьминского месторождения и Ем-Еговского ЛУ и прошли успешную апробацию в ФБУ «ГКЗ» Роснедра РФ.

Впервые обоснована необходимость внешней проверки полученных результатов - сопоставление начальных дебитов нефти с эффективными нефтенасыщенными толщинами. Проведена дифференцированная оценка запасов углеводородов рассматриваемых объектов по зонам седиментации, характеризующихся разной степенью контактности и активности запасов.

Выводы и рекомендации, изложенные в диссертационной работе, опубликованы в двух научно-исследовательских отчетах, в 11 научных статьях и

докладывались на 4 научно-технических конференциях. Применение методики построения 3D ГМ с использованием концептуальных моделей рекомендуется на других месторождениях с аналогичным строением.

Методология и методы исследования:

В работе использованы результаты геолого-геофизических и сейсморазведочных исследований (Дулисьминский ЛУ - данные по 236 скважинам, данные сейсморазведки МОГТ-3D в объеме 164 км² и МОГТ-2D в объеме 952,4 пог. км.; Ем-Еговский ЛУ - данные по 1322 скважинам). Кроме результатов личных исследований, использованы фактические материалы научно-исследовательских институтов и производственных организаций.

Теоретические методы исследования включают в себя анализ и обобщение отечественных и зарубежных источников в области седиментационного анализа, геологического моделирования, а также дифференцированной оценки запасов. К экспериментальным исследованиям относится построение трехмерных геологических моделей на основе концептуальных моделей.

Положения, выносимые на защиту:

1. Концептуальные седиментологические модели:
 - пластов I и II ярактинского горизонта Дулисьминского месторождения, сформированных под сильным влиянием аллювильной деятельности палеорек субширотного простирания в сложных палеогеографических и палеотектонических условиях;
 - пластов ВК₁₋₃ викуловской свиты Ем-Еговского ЛУ, накопившихся с участием штормовых процессов в переходной зоне осадконакопления.
2. Детальные трехмерные геологические модели терригенных отложений ярактинского горизонта Дулисьминского месторождения и викуловской свиты Ем-Еговского ЛУ, характеризующиеся изменчивостью литологических параметров и фильтрационно-емкостных свойств в соответствии с использованными концептуальными моделями. Адекватность построенных моделей

подтверждена не только внутренней, но и внешней проверкой - сопоставлением входных дебитов нефти с эффективными нефтенасыщенными толщинами.

3. Дифференцированная структура начальных геологических запасов углеводородов по зонам седиментации I и II ярактинского горизонта Дулисьминского месторождения и пластов ВК₁₋₃ викуловской свиты Ем-Еговского ЛУ.

Степень достоверности и апробация результатов. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались на 8 Всероссийской научно-технической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения В.И. Муравленко, (г. Тюмень 2012 г.); на Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 50-летию Тюменского индустриального института (г. Тюмень, 2013 г.); на научно-практической конференции с международным участием «Науки о Земле: современное состояние и приоритеты развития» (г. Тюмень, 2013 г.); на Государственной Комиссии по Запасам (ГКЗ) и были утверждены (г. Москва, 2015 г.); на научно-технической конференции молодых ученых и специалистов «СургутНИПИнефть» (г. Тюмень, 2018 г.).

По теме диссертации опубликовано 10 печатных работ, в том числе 6 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 1 статья в издании, индексируемом Scopus и 3 тезиса докладов на всероссийских и международных конференциях.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения и списка литературы. Содержание работы изложено на 136 страницах. Работа содержит 56 рисунков, 8 таблиц, библиография включает 106 наименований.

Благодарности. Диссертация подготовлена под научным руководством кандидата физико-математических наук Белкиной В.А., которой автор благодарен за ценные рекомендации и советы по выполнению работы.

Автор выражает глубокую благодарность В.М. Александрову, который заложил теоретическую основу для написания диссертационной работы, а так-

же Н.В. Саньковой, С.Р. Бембелю за ценные советы, консультации и обсуждение результатов исследований, замечания по работе.

Автор признателен руководителям и сотрудникам АО «ТАНДЕМ», участвовавшим в обсуждении работы: С.В. Манухину, М.С. Назаровой, А.Ю. Никитину.

Содержание работы

Во **введении** обосновывается актуальность выбранной темы, ставятся цель и задачи исследований, раскрывается научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертационной работы, формулируются положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Обзор методик построения трехмерных геологических моделей» описаны основные задачи, решаемые на основе 3D ГМ, технология создания 3D ГМ и основные этапы создания. Рассмотрены основные используемые подходы к построению литофациальной модели – детерминированные и стохастические.

Несмотря на разнообразие методов и алгоритмов геологического моделирования, данная дисциплина нуждается в научно-методическом развитии, а также существуют задачи, требующие нестандартных решений. Задача построения 3D ГМ, учитывающей полный объем геолого-геофизической и промысловой информации, неоднородной по качеству и масштабу и неравномерно распределенной по площади и разрезу, остается актуальной в настоящее время. Для успешного прогнозирования размеров и форм природного резервуара УВ и построения адекватной 3D ГМ необходимо изучение генезиса и тектонического развития изучаемого участка (концептуальная ГМ).

Концептуальная ГМ отражает представление о стратиграфии, тектонике, условий осадконакопления изучаемых отложений и закономерностях пространственного изменения пород с учетом постседиментационного преобразования. Наиболее важными частями концептуальной модели являются седимен-

тационная и тектоническая составляющие. Адекватно построенная седиментационная модель обладает хорошим прогнозным потенциалом.

Во второй главе «Построение концептуальной седиментологической модели на основе комплексирования данных керна, ГИС и сейсморазведки» описывается создание концептуальной ГМ Дулисьминского месторождения Лено-Тунгусской НГП, расположенного на территории Киренского района Иркутской области, является многокупольным и многопластовым. По запасам месторождение оценено как крупное, нефтегазоносность выявлена в отложениях венда (пласты I и II ярактинского горизонта).

По ярактинскому горизонту произведена палеореконструкция обстановок осадконакопления с использованием генетической интерпретации условий формирования пород-коллекторов с использованием данных исследований керна, гранулометрического и структурно-генетического анализа, а также обработки данных ГИС (с использованием методик В.С. Муромцева, Л.С. Черновой, Н.В. Саньковой). По особенностям условий осадконакопления отложений ярактинского горизонта изучаемую территорию можно разделить на три генетические зоны: западную более континентального генезиса, переходную центральную и более мористую восточную (рис. 1). В указанных зонах развитие процессов осадконакопления происходило по разным «природным сценариям» с различными последствиями.

Осадочный материал, переносимый временными потоками, осаждался и накапливался в центре, так как западная часть ЛУ была приподнята относительно центральной части. В центральной части района наблюдается ярко выраженный выступ фундамента (амплитуда около 15-20 м). Образовавшийся выступ послужил не только препятствием для распределения переносимого с северо-запада обломочного материала в восточную часть месторождения, но также и объектом для сноса новых порций осадков. В результате сформировался мощный конус выноса общей толщиной более 33 м. Центральная часть исследуемого участка представляла собой зону переходной континентально-морской

фации. Восточная зона лицензионного участка имеет минимальные абсолютные отметки по кровле фундамента. В пределах данного участка в формировании отложений главную роль играла деятельность морских вод. В эту часть разреза море наступило в первую очередь. По условиям и особенностям осадконакопления, а также текстурно-структурным признакам пород можно выделить 2 песчаных пласта. Снизу-вверх пласты проиндексированы, соответственно, как пласт II ярактинский и пласт I ярактинский.

По результатам гранулометрического анализа по 106 образцам керна ярактинского горизонта (скв. №№ 105PL, 201PL, 308 и 1801PL, рис. 2) и материалам ГИС (формы диаграмм ГК и НГК) центральную часть Дулисьминского участка можно отнести к осадкам пляжевых отмелей, конечной надводной и начальной подводной дельтовой равнины, а также дельтового склона.

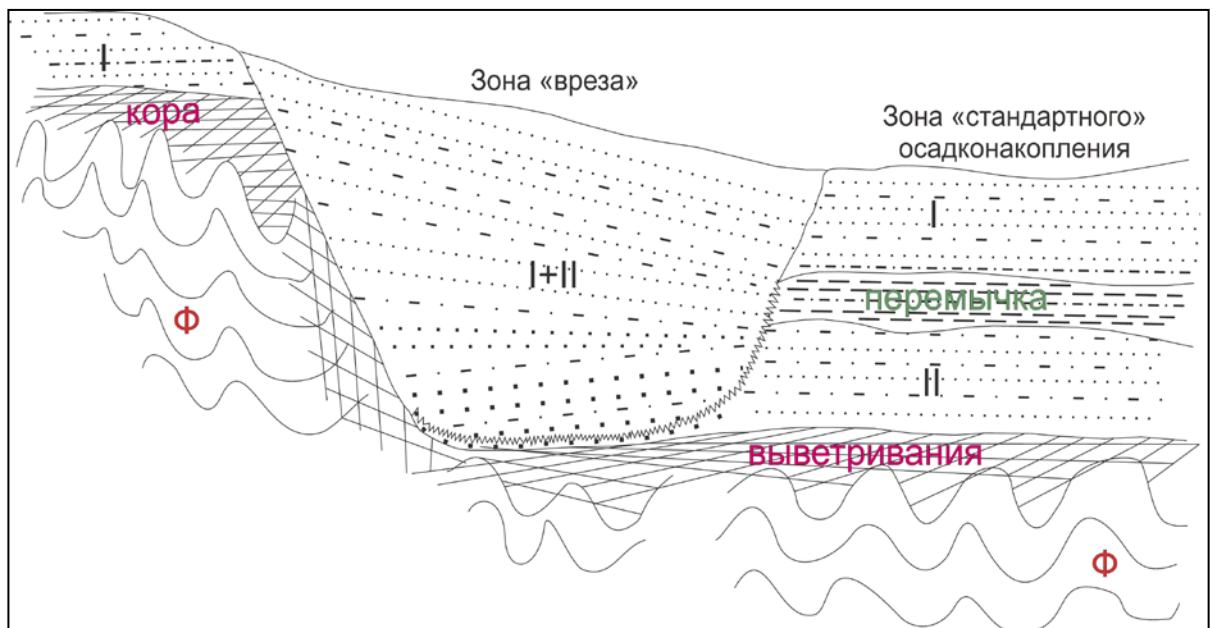


Рисунок 1 - Схема геологического строения ярактинского горизонта

Дулисьминского месторождения

Формирование отложений в районе скв. №№ 105 и 201 происходило только в I и II фациальных обстановках, о чем можно сделать вывод по диаграмме К.К. Гостинцева.

Рассмотрены типы диаграмм РК (ГК, НГК) в интервале отложений ярактинского горизонта с целью более детального литологического и фациального

анализа. В процессе анализа данных ГИС выделены несколько характерных типов осадочных субфаций.

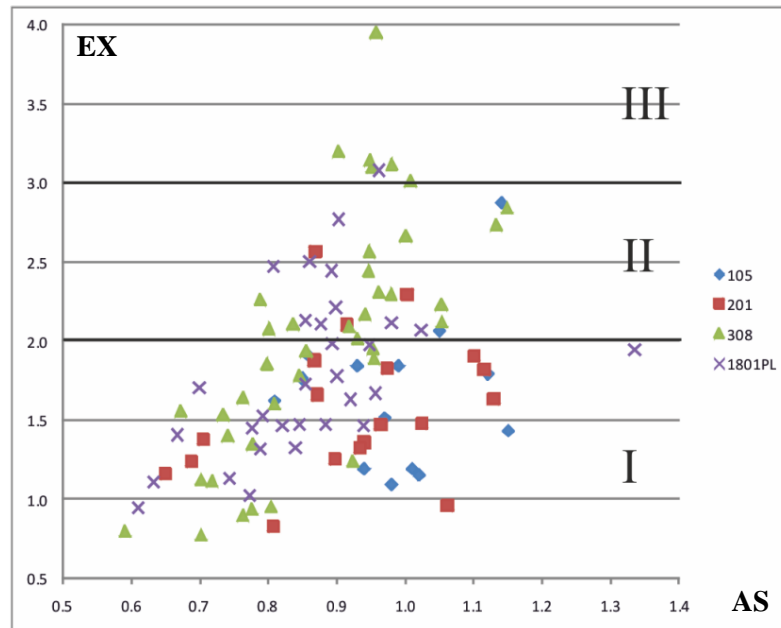


Рисунок 2 – Обобщенная динамогенетическая диаграмма К.К. Гостинцева по скважинам Дулисьминского месторождения. Фации: I – широкие участки устьев рек, мелководье, речные плесы; II – осадки рек и пойм; III – морские осадки, активное волновое воздействие

К первому типу субфаций можно отнести области с разрезами, характеризующиеся минимальными значениями диаграмм ГК с незначительными отклонениями от вертикальной боковой линии, что соответствует преимущественно песчаным отложениям с низким содержанием глинистых примесей (рис. 3а). Область развития первого типа субфаций в морфологическом плане приурочена к палеовпадине фундамента в восточной части ЛУ (толщина ярактинского горизонта в данной области составляет более 20 м).

Ко второму типу субфаций относятся области с такими разрезами скважин, для которых характерны преимущественно низкие значения и изрезанная форма диаграммы ГК в верхней части интервала (рис. 3б). Область распространения литофаций второго типа охватывает центральную и северную части исследуемой территории, которые занимают промежуточное положение между

впадиной и повышенными участками рельефа фундамента в палеоморфологическом плане.

К третьему типу относятся области с разрезами скважин, которые характеризуются в изучаемом интервале сильно изрезанной формой диаграммы ГК. (рис. 3в). Третий тип осадков приурочен к северо-восточной переклинали палеоподнятия в юго-западной части ЛУ в геоморфологическом плане. Область третьего типа во время накопления ярактинского горизонта занимала более высокое положение. Обломочный материал, переносимый временными потоками, накапливался в пределах указанного участка в меньшем количестве, чем в понижениях рельефа.

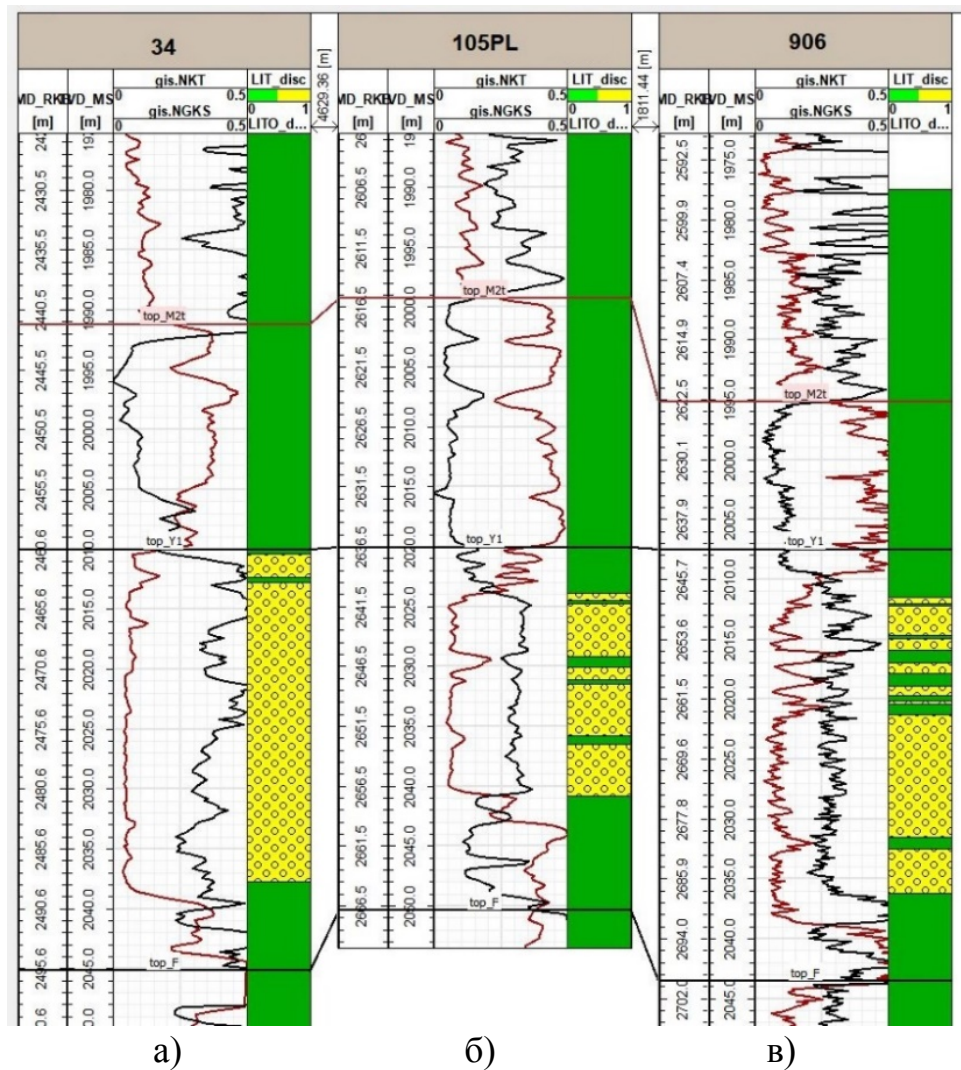


Рис. 3 – Схема корреляции по скважинам ярактинского горизонта

В третьей главе «Особенности геологического строения темпеститов в отложениях викуловской свиты» описано создание концептуальной ГМ Ем-Еговского ЛУ Западно-Сибирской НГП.

С целью изучения условий образования продуктивных отложений викуловской свиты рассмотрен имеющийся керновый материал по 8 скважинам, расположенным в различных участках Ем-Еговского ЛУ. Породы продуктивных пластов $ВК_{1-3}$ викуловской свиты в пределах изучаемой области представлены тонко-мелкозернистыми песчаниками, крупнозернистыми алевролитами, часто с прослоями и линзами мелкозернистых алевролитов.

Принятая в данной работе схема мелководно-морских обстановок заимствована из работ Л.Н. Ботвинкиной и др. Она основана на положении базисов штормовых и спокойных волн и средних уровней высокой и низкой воды. Согласно этой схеме, среди мелководно-морских обстановок выделяются фации дальней, переходной и предфронтальной зон пляжа и собственно пляж (нижний и верхний). С использованием электрометрической методики Муромцева В.С. и результатами исследования кернового материала по данным ГИС в пределах изучаемого месторождения по обоснованным признакам выделены следующие группы фаций пласта $ВК_1$ викуловской свиты: дальняя зона пляжа, переходная зона пляжа и предфронтальная зона пляжа. Линия предфронтальной зоны пляжа проведена условно и не использовалась при трехмерном геологическом моделировании в виду малого объема исходной информации.

Отложения дальней зоны пляжа представлены градационно-слоистым переслаиванием пород от аргиллитов до алевролитов и тонкозернистых песчаников. Они формируются ниже уровня штормовых волн. При выпадении в осадок материала, поднятого во взвесь при штормах в приближенных к берегу зонах пляжа, образуется прямая градационная слоистость (рисунки 4-5). Невыдержанные тонкие линзовидные скопления (частичные проявления штормовых отложений или «темпеститы») формируют зерна кварца. Это

происходит благодаря тому, что терригенный материал поступает с расположенных южнее отмелей и взмучивается из ранее накопившихся осадков.

Модель фации дальней зоны пляжа в формализованном виде представляет собой аномалию ПС в форме треугольника, расположенную в зоне отрицательных отклонений диаграммы. Кровельная линия ПС наклонная, чаще всего зубчатая или рассеченная, но может быть и прямой. Подошвенная линия также наклонная зубчатая, рассеченная или прямая. Значение $\alpha_{ПС}$ достигает 1,0—0,6 д. ед. Кровельная линия ИК наклонная волнистая, боковая и подошвенная – наклонные, волнистые. Кровельная линия ГК зубчатая наклонная, боковая – зубчатая или рассеченная, подошвенная линия также наклонная зубчатая или рассеченная. Типовая электрометрическая модель этой субфации представлена на рисунке 6.

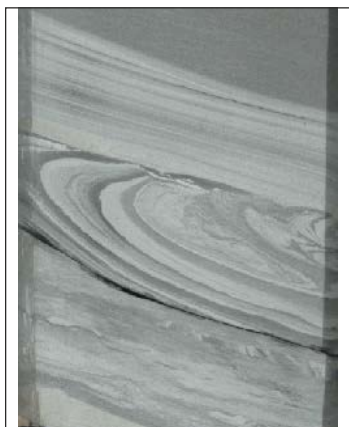


Рисунок 4 - Переслаивание градационное аргиллита и песчаника тонкозернистого алевритового. Фиксируется текстура нарушения слоистости - «песчаные роллы». Фация дальней зоны пляжа. Ем-Еговская площадь, скв. № 3682, пласт ВК₁, инт. 1471,10 - 1471,25 м.



Рисунок 5- Аргиллит алевритовый градационно слоистый. Развиты тонкие линзы песчаника. Фация дальней зоны пляжа (альтернативная обстановка - центральная часть крупной изолированной лагуны). Ем-Еговская площадь, скв. № 3665, пласт ВК₂, инт. 1462,23 - 1462,27 м.

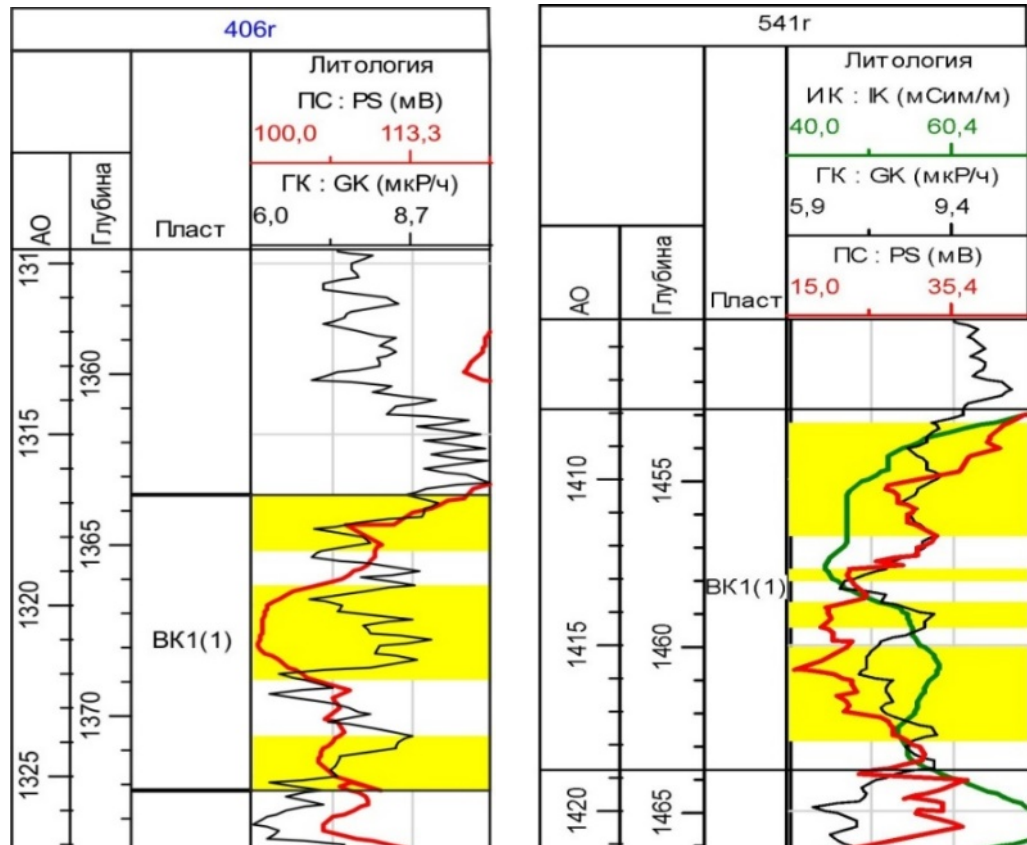


Рисунок 6 – Типовая электрометрическая модель дальней зоны пляжа (скв. №№ 406r, 541r) Ем-Еговского ЛУ

Переходная зона пляжа характеризуется чередованием условий высокой и низкой энергии волн и располагается между средними базами штормовых и спокойных волн. Текстуры взмучивания продуцируются чаще всего штормами (рисунки 7-8).

Отложения переходной зоны пляжа образовывались в периоды спокойной погоды и в периоды штормов и волнений, то есть между базисом слабых и штормовых волн. Они представлены чередованием глинисто-алевритовых и песчаных прослоев. Штормовые песчаники характеризуются плохой сортировкой, либо имеют облик градационных ритмов.

Электрометрическая модель фации переходной зоны представляет собой неравнобедренную трапецию, расположенную в зоне положительных отклонений диаграммы ПС ($\alpha_{ПС} - 0,4$ д. ед.). Кровельные линии моделей ГК и ИК наклонные прямые, боковые - зубчатые, подошвенные - наклонные волнистые.

Ширина, аномалии достигает единиц, иногда десятков метров. Типовая электрометрическая модель этой субфации представлена на рисунок 9.



Рисунок 7 - Текстура конседиментационной деформации, развитая во время отложения алевритопесчаного осадка (конволютная слоистость, возможно оползание). Ем-Еговская площадь, скв. № 30034р, пласт ВК₁, инт. 1496,65 - 1496,80 м.



Рисунок 8 - Текстура оплывания, образованная в результате перемещения пластичного слоистого песчано-глинистого осадка. Ем-Еговская площадь, скв. № 30034р, пласт ВК₂, инт. 1510,40-1510,55 м.

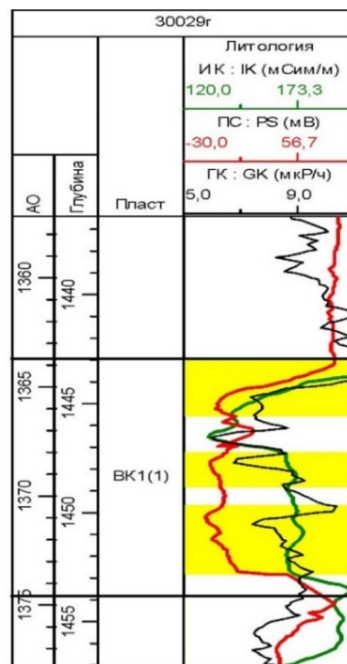


Рисунок 9 – Типовая электрометрическая модель переходной зоны пляжа (скв. № 30029r)

Предфронтальная зона пляжа (береговой склон) располагается между средним уровнем низкой воды и базисом спокойных волн. Данные отложения представлены почти полностью мелкозернистыми песчаниками с косою разнонаправленной слоистостью ряби волнения, а также волнистой, косоволнистой и горизонтальной (рисунок 10).

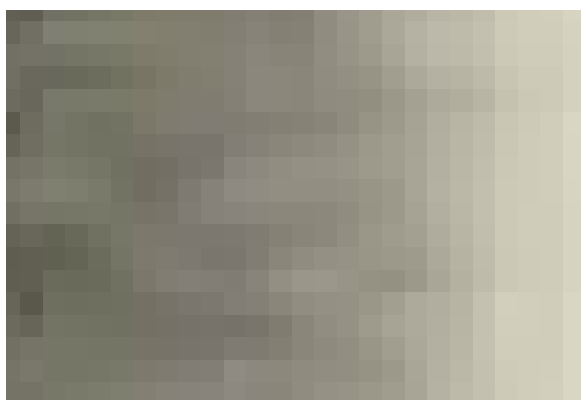


Рисунок 10 - Переслаивание песчаника тонко-мелкозернистого косослойчатого и аргиллита алевролитистого со следами биотурбации (на глубине 1494,63 м отмечается ход илоеда). Субфация предфронтальной зоны пляжа. Ем-Еговский ЛУ, скв. № 30034р, пласт ВК₁, инт. 1494,57 - 1494,65 м.

В четвертой главе «Методика построения трехмерных геологических моделей сложнопостроенных объектов с учетом концептуальных моделей» детально описано построение 3D ГМ продуктивных пластов ярактинского горизонта (I+II, I и II) Дулисьминского месторождения, а также викуловской свиты Ем-Еговского ЛУ.

Авторская концептуальная геологическая модель ярактинского горизонта Дулисьминского месторождения и викуловской свиты на территории Ем-Еговского ЛУ, а также расчленение пласта ВК₁ на три цикла использованы при трехмерном геологическом моделировании.

Структурный каркас Дулисьминского месторождения построен на основе а.о. стратиграфических границ, полученных по результатам корреляции пластов в соответствии с новой авторской концептуальной моделью по данным 187 скважин, а также поверхности отражающих горизонтов (ОГ «M2t» и «F») дан-

ных сейсмики МОГТ 3D. Построенный стратиграфический каркас значительно отличается от использованного ранее в двумерной модели (2D) подсчета запасов (ПЗ) в 2004 г. Нарезка трехмерной сетки выполнена от кровли пласта к подошве в связи с наличием увеличенных толщин песчано-алевритовой пачки в зонах развития прорывных течений.

Структурный каркас Ем-Еговского ЛУ построен на основе а.о. стратиграфической кровли и подошвы, полученных в результате детальной корреляции пластов по данным скважин в соответствии с новой авторской концептуальной моделью, а также структурной поверхности отражающего горизонта «M1», полученной по данным 3D сейсморазведки, ранее не использованной.

При построении 3D модели литологии ($K_{\text{лит}}$) в качестве тренда в соответствии с обоснованной концептуальной моделью использованы геологостатистические разрезы (ГСР) и 2D карты $K_{\text{пес}}$ по выделенным обоснованным зонам моделируемого участка: восточной, западной+центральной зоны для Дулисьминского месторождения и дальняя зона пляжа (внешний шельф), переходная зона пляжа (внутренний шельф) для Ем-Еговского ЛУ.

Интерполяция коэффициента пористости ($K_{\text{п}}$) на трехмерную сетку осуществлена также с использованием 2D трендов – карт коэффициента пористости, построенных по каждому пласту и зоне седиментации. Карты $K_{\text{п}}$ строились для каждой зоны седиментации внутри заданного полигона, затем «сшивались» со сглаживанием в зоне границ фаций. Куб проницаемости $K_{\text{пр}}$ рассчитан от куба пористости по петрофизическим зависимостям, которые получены по данным керн. Построение параметра начальной нефте-газонасыщенности ($K_{\text{нн}}$ и $K_{\text{нг}}$) производилось с использованием 2D трендов аналогично построению $K_{\text{п}}$.

Проведена внешняя проверка качества построенных моделей. На рис. 11-12 приведены графики зависимости изменения начального дебита нефти ($q_{\text{н}}$) от эффективной нефтенасыщенной ($h_{\text{эф.нн.}}$) толщины. Из графиков видно, что имеются тренды изменения $q_{\text{н}}$ от $h_{\text{эф.нн.}}$. Наличие тренда в условиях редкой сети наблюдений говорит о неплохой внешней сходимости. Коэффициент детерми-

нации составляет 0,68 и 0,82 по Дулисьминскому месторождению и Ем-Еговскому ЛУ соответственно.

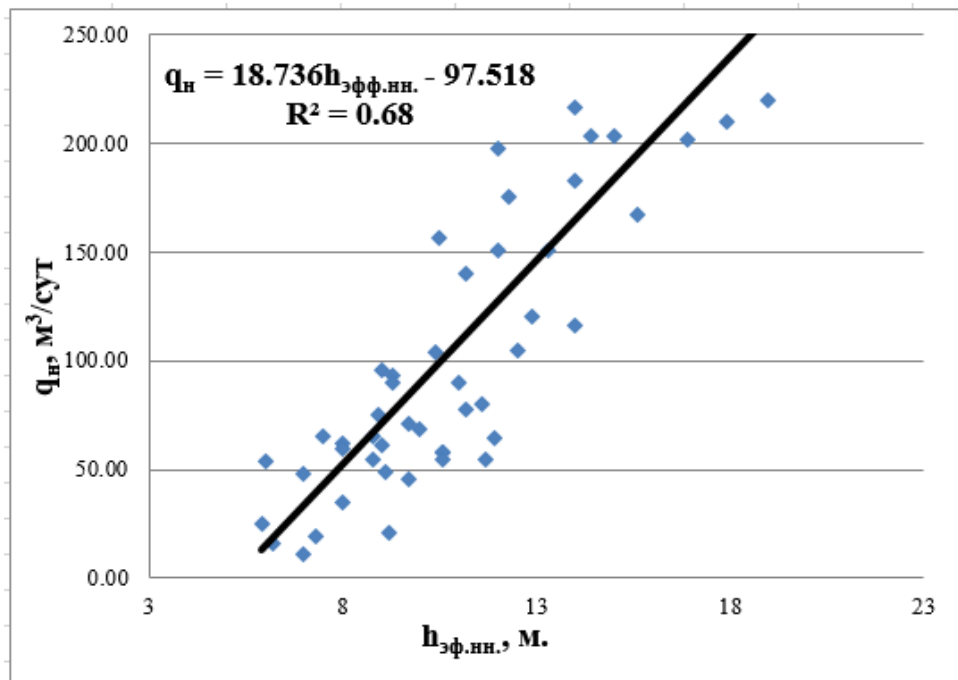


Рисунок 11 – Зависимость начального дебита нефти от эффективной нефтенасыщенной толщины. Пласт I+II Дулисьминского месторождения

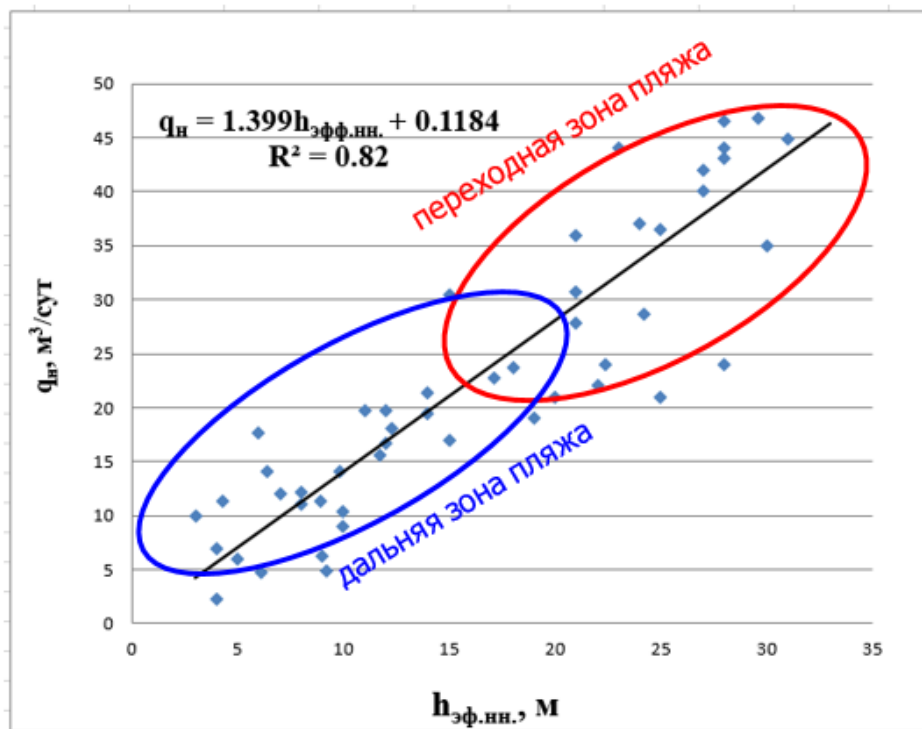


Рисунок 12 – Зависимость начального дебита нефти от эффективной нефтенасыщенной толщины. Викуловская свита Ем-Еговского ЛУ

Согласно построенным трехмерным геологическим моделям пластов I-II Дулисьминского месторождения и пластов группы ВК Ем-Еговского ЛУ, представления о геологическом строении залежей изменилось значимо.

Согласно построенной модели уточнены значения K_p , K_{nn} и K_{ng} по Дулисьминскому месторождению. Ранее данные подсчетные параметры были рассчитаны как средневзвешенные по нефтенасыщенным толщинам по скважинам. Значение коэффициента начальной нефтенасыщенности увеличилось на 4%, значение коэффициента начальной газонасыщенности по ряду залежей уменьшилось на 6-10%. K_p изменился незначительно в пределах 2%.

В связи с детализацией геологического строения Ем-Еговского ЛУ уточнены подсчетные параметры – коэффициенты пористости и начальной нефтенасыщенности. Данные параметры определены в работе на основе 3D ГМ, в отличие от предыдущей работы, где использованы средневзвешенные значения по ГИС. Наибольшие технологические показатели разработки ожидаются в переходной зоне пляжа, характеризующаяся заметно большими значениями эффективной нефтенасыщенной толщины и коэффициента проницаемости.

Уточнены геологические запасы нефти и газа и структура изучаемых объектов. Запасы нефти Дулисьминского месторождения приросли на 27%, а газа уменьшились на 11%. Запасы нефти Ем-Еговского ЛУ уменьшились на 17%. Геологические запасы по данным месторождениям прошли апробацию в ФБУ «ГКЗ» Роснедра РФ. Также геологические запасы нефти впервые посчитаны отдельно по зонам седиментации: на дальнюю зону пляжа Ем-Еговского ЛУ приходится 66% начальных геологических запасов, на переходную зону с более высокими ФЕС – 34%. По зонам седиментации первоначальные дебиты различаются значимо.

На западную и центральную зоны Дулисьминского ЛУ, с более высокими ФЕС, приходится 61% начальных геологических запасов углеводородов, на восточную – 39%.

Заключение

В результате выполненных исследований:

1. Адаптирована электрометрическая методика структурно-генетического анализа и обработки данных ГИС Муромцева В.С. (стандартная методика расширена использованием радиоактивных методов) для пород коллекторов сложного генезиса. Методика применена к отложениям ярактинского горизонта Дулисьминского месторождения и викуловской свиты Ем-Еговского ЛУ.

2. Впервые созданы концептуальные геологические модели отложений ярактинского горизонта Дулисьминского месторождения и викуловской свиты Ем-Еговского ЛУ с учетом вновь пробуренных скважин. По особенностям условий формирования отложений ярактинского горизонта изучаемую территорию можно разделить на три основные генетические зоны – центральную, западную и восточную. По особенностям условий формирования отложений викуловской свиты пласт $ВК_1$ можно разделить на три основные генетические зоны: дальняя зона пляжа, переходная зона пляжа и предфронтальная зона пляжа. В данных зонах развитие процессов осадконакопления происходило в различных природных условиях с разными последствиями.

3. Разработана методика трехмерного дискретно-непрерывного геологического моделирования с использованием концептуальных моделей как основы дискретной геологической модели. Авторские концептуальные геологические модели ярактинского горизонта Дулисьминского месторождения и викуловской свиты Ем-Еговского ЛУ использованы при трехмерном геологическом моделировании.

4. Детализировано геологическое строение пластов I, II ярактинского горизонта на основе трехмерных геологических моделей Дулисьминского месторождения, что позволило уточнить коэффициенты пористости, начальной нефтенасыщенности и начальной газонасыщенности. По сравнению с запасами, числящимися на государственном балансе, показано увеличение нефти в пре-

делах Дулисьминского ЛУ на 27 %. Оценка запасов газа газовой шапки в сумме по залежам показала снижение на 11 %.

5. Детализировано геологическое строение продуктивных пластов ВК₁₋₃ викуловской свиты на основе трехмерных геологических моделей Ем-Еговского ЛУ, согласно которому уточнены коэффициенты пористости и начальной нефтенасыщенности. Относительно запасов, числящихся на государственном балансе, снижение запасов нефти составило до 17 %.

6. Впервые получена дифференцированная оценка начальных геологических запасов нефти и газа Дулисьминского месторождения и Ем-Еговского ЛУ по зонам седиментации. На западную и центральную зоны, с более высокими ФЕС, Дулисьминского ЛУ приходится 61% начальных геологических запасов углеводородов, на восточную – 39%. На дальнюю зону пляжа Ем-Еговского ЛУ приходится 66% начальных геологических запасов, на переходную зону с более высокими ФЕС – 34%.

7. Достоверность 3D ГМ подтверждена не только внутренней, но и, что еще более важно, внешней проверкой их качества путем сопоставления начальных дебитов нефти с эффективными нефтенасыщенными толщинами.

8. Построенные дискретно-непрерывные геологические модели Дулисьминского месторождения и Ем-Еговского ЛУ, обладающие высокими прогностическими свойствами, использованы: при построении гидродинамических моделей данных объектов, при составлении проектов разработки. Модели прошли апробацию в ГКЗ и ЦКР Роснедра РФ.

9. Применение методики построения 3D ГМ с использованием комплекса геолого-геофизической информации и учета концептуальных моделей рекомендуется на других месторождениях с аналогичным строением, в частности для продуктивных пластов ярактинского горизонта Непско-Ботубинской антеклизы и викуловской свиты Красноленинского свода.

Основные результаты диссертации изложены в следующих работах:**Публикации в рекомендуемых изданиях ВАК РФ:**

1. Казанская Д.А. Генетическая классификация темпеститов / Александров В.М., Белкина В.А., Казанская Д.А. // Территория Нефтегаз – № 6. Москва, 2014. - С. 40-43.

2. Казанская Д.А. Особенности геологического строения темпеститов в отложениях викуловской свиты / Александров В.М., Белкина В.А., Казанская Д.А. // Территория Нефтегаз – № 2. Москва, 2015. - С. 36-43.

3. Казанская Д.А. Особенности формирования темпеститов в отложениях викуловской свиты / Александров В.М., Белкина В.А., Казанская Д.А. // Известия ВУЗов. Нефть и газ. – № 5. Тюмень, 2015. - С. 10-15.

4. Казанская Д.А. Концептуальная геологическая модель продуктивных отложений ярактинского горизонта / Александров В.М., Белкина В.А., Казанская Д.А. // Территория Нефтегаз – № 6. Москва, 2016. С. 30-39.

5. Казанская Д.А. Моделирование геологического строения продуктивных отложений ярактинского горизонта / Казанская Д.А., Александров В.М., Белкина В.А. // Территория Нефтегаз. - № 9. Москва, 2016. С. 54-60.

6. Казанская Д.А. Моделирование геологического строения продуктивных отложений ярактинского горизонта // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXI Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 130-летию со дня рождения профессора М.И. Кучина, Томск, 3-7 апреля, 2017 г.: в 2 т. – Томск: Изд-во ТПУ, 2017. – Т.1. – С. 263 – 264.

Публикации в изданиях, индексируемых Scopus:

7. Казанская Д.А. Моделирование геологического строения продуктивных отложений викуловской свиты / Александров В.М., Белкина В.А., Казанская Д.А. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов – 2019. – Т. 330. - №7, с.195-207.

Статьи в научных сборниках и материалах конференций:

8. Казанская Д.А. Особенности построения трехмерных геологических моделей рифовых тел (на примере Мусюршорского месторождения) // Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна (Опыт, инновации). - Т. II. - [Текст]: Материалы восьмой Всероссийской научно-технической конференции (посвященной 100-летию со дня рождения В.И. Муравленко). - Тюмень, ТюмГНГУ, 2012. - С. 50 - 54.

9. Казанская Д.А. Трехмерное генетическое моделирование карбонатных рифовых отложений / Александров В.М., Белкина В.А., Казанская Д.А. // Академический журнал Западной Сибири ТюмГНГУ – Т. 9 – [Текст]: Материалы научно-практической конференции с международным участием «Науки о Земле: современное состояние и приоритеты развития» - Тюмень, ТюмГНГУ, 2013. – С. 7-8.

10. Казанская Д.А. Особенности трехмерного геологического моделирования сложнопостроенных карбонатных (рифовых) объектов / Александров В.М., Казанская Д.А. // Новые технологии - нефтегазовому региону). - Т. I. - [Текст]: Материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 50-летию Тюменского индустриального института. - Тюмень, ТюмГНГУ, 2013. - С. 50 - 52.