

На правах рукописи



БЕМБЕЛЬ СЕРГЕЙ РОБЕРТОВИЧ

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНОПОСТРОЕННЫХ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ И
ГАЗА В СВЯЗИ С РАЗВЕДКОЙ И РАЗРАБОТКОЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

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

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук

Тюмень 2011

Работа выполнена в Тюменском Государственном нефтегазовом университете (ТюмГНГУ)

Научный консультант: доктор геолого-минералогических наук
Алексей Алексеевич Нежданов
ООО «ТюменНИИгипрогаз», г.Тюмень

Официальные оппоненты: член-корреспондент РАН, доктор геолого-минералогических наук, профессор
Иван Иванович Нестеров
ТюмГНГУ, г. Тюмень

доктор геолого-минералогических наук, профессор
Олег Мкртычевич Мкртчян
ВНИГНИ, г.Москва

доктор геолого-минералогических наук, доцент
Владимир Борисович Писецкий
УГГУ, г. Екатеринбург

Ведущая организация: Институт проблем нефти и газа РАН, г.Москва

Защита диссертации состоится «1» декабря 2011 г. в 14-00 часов на заседании диссертационного совета Д212.273.05 при Тюменском государственном нефтегазовом университете по адресу: 625000, Тюмень, ул. Володарского, 56, ауд. 113.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотечно-информационном центре ТюмГНГУ по адресу: 625039, г.Тюмень, ул.Мельникайте, 72.

Отзывы, заверенные печатью в 2-х экземплярах, просим направлять по адресу: 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38, ТюмГНГУ, ученому секретарю диссертационного совета. Факс: 8 (3452) 46-30-10.

e-mail: t_v_semenova@list.ru

bembel_gsr@mail.ru

Автореферат разослан «28» октября 2011 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета,
кандидат геолого-минералогических наук, доцент



Семенова Т.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Современные проблемы нефтяной геологии обусловлены повсеместным переходом к освоению месторождений нефти и газа со сложной пространственной морфологией границ залежей и, на первый взгляд, произвольным распределением фильтрационно-емкостных свойств. Повышенная латеральная неоднородность в пределах отдельных разрабатываемых залежей приводит к более быстрому падению добычи и росту себестоимости продукции. Для поддержания уровня добычи и обеспечения максимального коэффициента нефтеотдачи на таких месторождениях возникает необходимость детализационной доразведки межскважинного пространства для уточнения реальной пространственной структуры запасов на месторождении. Такой подход требует разрешения целого ряда проблем теоретического и технологического порядка с целью разработки как теории и механизмов образования мозаичных структур запасов, так и адекватных этой теории методов и технологий их разведки и разработки.

Объектом исследования являются сейсмоморфологические и сейсмofациальные особенности геологического строения залежей Западно-Сибирского НГБ; характер проявления активных геодинамических и флюидодинамических процессов в геофизических полях и их связь с нефтегазоносностью; геологические модели продуктивных объектов на различных стадиях работ: от разведки до ввода в разработку и мониторинга при длительной эксплуатации залежей нефти и газа.

Цель работы - оптимизация поисков и разведки ловушек и залежей нефти и газа; совершенствование технологии их доразведки и разработки.

Задачи исследований:

1. Выявление основных свойств и закономерностей геологического строения сложнопостроенных залежей нефти и газа на месторождениях Западной Сибири.
2. Разработка приемов и методики картирования сложнопостроенных ловушек и залежей УВ по комплексу геолого-геофизических методов, в первую очередь, по данным сейсморазведки МОГТ и бурения.
3. Изучение нефтегазоносности малоразмерных поднятий на месторождениях с высокой плотностью запасов УВ, их взаимосвязи с субвертикальными зонами деструкции (СЗД).
4. Оценка перспектив нефтегазоносности отдельных районов Западно-Сибирского нефтегазового бассейна, обоснование методики геологоразведочных работ.
5. Создание физико-геологических моделей различного типа (обобщенных, частных) для решения задачи прогнозирования емкостных характеристик коллекторов на нефтегазовых месторождениях Западной Сибири.
6. Изучение влияния структурных и геометрических характеристик геологической среды на динамику разработки залежей нефти и газа.

Фактический материал и методы исследований. В основу диссертационной работы положены результаты производственной и научной деятельности в ОАО

«Хантымансийскгеофизика», СибНИИНП, ТО «СургутНИПИнефть».

В работе использованы результаты интерпретации сейсмических, грави- и магнитных исследований, материалы промыслово-геофизических и керновых исследований, динамики работы скважин. Кроме результатов личных исследований в работе использованы фактические материалы научно-исследовательских (ЗапСибНИГНИ, СибНИИНП) и производственных организаций, а также публикации по профилю проблемы. Использованы данные ГИС по 5000 разрезам разведочных и эксплуатационных скважин на Нижневартовском своде, около 15000 скважин на Сургутском своде, проанализировано около 10000 км² площадей 3D-сейсмической съемки и 10000 пог.км 2D-сейсмических профилей. Интерпретация материалов по ряду сейсмопартий выполнена при участии или под руководством автора.

В комплексе проведенных исследований использованы приемы сейсмостратиграфического, геолого-промыслового и геодинамического видов анализа. При выполнении работы использован системный анализ, основанный на комплексном изучении объектов, выявлении причинно-следственных связей между разнородными геологическими явлениями.

Научная новизна

1. Установлена фрактальность большинства залежей и месторождений нефти и газа Западно-Сибирского НГБ.

2. Уточнены закономерности расположения малоразмерных залежей для отложений юрского и мелового комплекса относительно активных геодинамических очагов, проявляющихся на материалах сейсморазведки в виде «субвертикальных зон деструкции».

3. Усовершенствована методика изучения малоразмерных объектов с применением объемной сейсморазведки (3D) на месторождениях Западной Сибири. Разработаны принципы повышения эффективности применения методов 3D сейсморазведки в области повышения разрешающей способности.

4. Установлены вероятностные связи между локальными аномалиями динамических параметров волнового поля, активностью гео- и флюидодинамических локальных процессов и емкостными характеристиками нефтегазоносных горизонтов в терригенном комплексе.

5. Созданы геологические модели нефтяных и газонефтяных залежей нескольких месторождений ХМАО-Югры с позиции геосолитонной концепции. На основе моделей разработаны методы и критерии выделения аномалий волнового поля, связанных с продуктивностью коллекторов.

6. По результатам обобщения детальных сейсморазведочных работ 2D/3D на большинстве рассмотренных месторождений открыты новые перспективные участки для дальнейшего проведения ГРП, бурения разведочных и эксплуатационных скважин.

Личный вклад. Сбор, анализ, интерпретация и обобщение, представленных в

диссертации геолого-геофизических материалов, производились лично автором по результатам работ 1983-2011 гг., выполненных с его непосредственным участием в ОАО «Хантымансийскгеофизика», ОАО «СибНИИНП», ТО «СургутНИПИнефть». Автором осуществлялась постановка работ и интерпретация материалов сейсморазведки 3D на разрабатываемых нефтяных и нефтегазовых месторождениях ОАО «Варьеганнефтегаз», ОАО «Сургутнефтегаз», ОАО «Нижневартовскнефтегаз», ОАО «Ноябрьскнефтегаз», ООО «Белые ночи». При непосредственном участии автора построены геологические модели продуктивных объектов около 20 многопластовых месторождений нефти и газа (Ван-Еганское, Тагринское, Покачевское, Бахилловское, Лянторское и др.), явившиеся основой проектирования разработки.

Защищаемые положения

1. Фрактальность залежей нефти и газа месторождений Западной Сибири и закономерная их приуроченность к активным фрактальным очагам геодинамики.

2. Системный подход к моделированию залежей нефти и газа - единая технологическая цепочка исследовательских работ от постановки геологической задачи, выбора оптимальной методики и метода геофизических исследований, включая высокоразрешающую 3D и 4D сейсморазведку, обработки и интерпретации результатов, анализа геолого-промысловой информации, динамики работы скважин до создания цифровых геолого-фильтрационных моделей залежей нефти и газа разрабатываемых месторождений.

3. Методика поисков и разведки малоразмерных и сложнопостроенных залежей нефти и газа, основанная на фрактальности строения этих объектов и применении в качестве поискового признака локальных очагов зон деструкции, как проявление следов активности геосреды, возможных путей флюидомиграции и т.д. Технология анализа отраженных волн для прогнозирования геологического разреза опирается на обязательное применение высокоразрешающей методики 3D-сейсморазведки.

4. Практические рекомендации по доразведке и разработке месторождений Западной Сибири на основе предложенной методики. На основе новых технологий интерпретации сейсмических данных созданы геолого-геофизические модели, по которым уточнено размещение новых скважин на Тагринском, Западно-Варьеганском, Мишаевском и других месторождениях в Западной Сибири. На целом ряде сложнопостроенных месторождений Среднеобской, Надым-Пурской, Васюганской, Фроловской и других НГО Западной Сибири установлен многопластовый характер ловушек, обусловленный действием механизма дегазации.

Практическая значимость и реализация результатов работы.

Практическая значимость заключается в ее непосредственной направленности на расширение поиска и разведки малоразмерных залежей, на эффективность освоения сложнопостроенных месторождений нефти и газа, на оптимизацию технологических схем разработки. Разработанные при участии и под руководством автора технология

интегрированной интерпретации данных 2D/3D-сейсморазведки, ГИС, динамики работы скважин использовалась для геолого-геофизического моделирования и проектирования разработки Ай-Еганского, Бахиловского, Ван-Еганского, Варынского, Западно-Варьеганского, Лянторского, Покачевского, Северо-Хохряковского, Тагринского и других нефтяных и нефтегазовых месторождений. Полученные данные использованы при обосновании размещения новых скважин, проектировании комплекса геолого-технических мероприятий (ГТМ) по повышению эффективности разработки и увеличения нефтеотдачи. Выполненный комплекс ГТМ и результаты бурения подтверждают эффективность предложенных решений.

Результаты диссертации используются в курсах «Математические методы моделирования в геологии», «Основы компьютерных технологий при решении геологических задач» и «Геологическая интерпретация данных наземной геофизики».

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на 15 международных конференциях: по разведочной геофизике SEG/Москва-92 (г.Москва, 1992), «Биниология, симметрология и синергетика в естественных науках» (г.Тюмень, 2001, 2004-2007), «Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть и газ» (г.Москва, 2002), «Интенсификация добычи нефти и газа» (г.Москва, 2003), «Состояние, тенденции и проблемы развития нефтегазового потенциала Западной Сибири» (г.Тюмень, 2008), «Геомодель-2010» (г.Геленджик, 2010), «Геология и геофизика нефтегазовых бассейнов и резервуаров» (г.Сочи, 2011); «Геоинформатика-2011: теоретические и прикладные аспекты» (Украина, г.Киев, 2011) и др.; на 22 Всероссийских и региональных научных и научно-практических конференциях: «Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна» (г.Тюмень, 2002, 2004), «Геофизические методы при разведке недр и экологических исследованиях» (г.Томск, 2003), «Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы» (г.Москва, 2008), «Дегазация Земли: геотектоника, геодинамика, геофлюиды; нефть, газ; углеводороды и жизнь» (г.Москва, 2010) и др. Созданные при непосредственном участии автора геологические (и гидродинамические) модели успешно апробированы в течение более 10-15 лет при оценке запасов и разработке нефтяных, нефтегазоконденсатных месторождений (прошли государственную экспертизу с защитой на ГКЗ РФ, ЦКР Роснедр): Западно-Варьеганском, Тагринском, Варыньском, Сусликовском, Бахиловском, Северо-Хохряковском, Ван-Еганском, Ай-Еганском, Покачевском, Лянторском и др.

Публикации. Основные теоретические и практические результаты диссертации опубликованы в 90 статьях и докладах, из них по теме диссертации 72, среди которых 18 публикаций в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендованных в действующем перечне ВАК РФ, в двух монографиях. По тематическим и производственным сейсморазведочным работам, построению геологических моделей, подсчету запасов нефти и газа, обоснованию КИН, анализу и проектированию разработки нефтегазовых месторождений с непосредственным участием автора

защищено более 50 отчетов.

Благодарности. Работа выполнена в тесном контакте и совместной работе с сотрудниками ЗАО «Геотек Холдинг» Р.М. Бембелем и В.М. Мегерей.

Автор хотел бы отметить поддержку и ценные советы научного консультанта работы д.г.-м.н., Заслуженного геолога РФ А.А. Нежданова. За большое внимание к работе и постоянные советы автор глубоко признателен д.г.-м.н. Р.М. Бембелю.

Важную роль сыграли критические замечания, высказанные при обсуждении работы на разных этапах ее выполнения: И.И. Нестеровым, Ю.Я. Большаковым, Н.П. Запиваловым, Г.П. Мясниковой, И.П. Поповым, А.М. Волковым и др. Автор признателен коллективу кафедры промышленной геологии нефти и газа ТюмГНГУ и коллегам за помощь в работе. Огромную поддержку в реализации идей автора в разное время оказали главные геологи ОАО «Варьганнефтегаз» и ООО «Белые ночи» А.Ю. Коршунов, Г.В. Пимичев, В.Н. Гайдуков, В.И. Репин, С.А. Букреев, С.К. Михалев С.К., С.И. Неймышев, А.А. Луценко. Автор благодарит за постоянное внимание, оказанное содействие и поддержку М.Е. Долгих, В.А. Ревнивых.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения. Содержит 297 страниц текста, включая 56 рисунков, библиография содержит 241 работу.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, определена цель и сформулированы основные задачи, дан краткий обзор содержательной части диссертации.

ГЛАВА 1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В комплексе проведенных исследований использованы приемы сейсмостратиграфического, геолого-промыслового и геодинамического видов анализа. При выполнении работы использован системный подход, предполагающий формулировку решаемых геологических задач; оценку физико-геологических условий района и установление связей геолого-геофизических свойств; выбор рациональной методики, техники, систем наблюдения, масштаба, точности всей совокупности геолого-геофизических работ, необходимых для достижения целей и решения поставленных задач; разработку стадийности, последовательности геологоразведочных работ, построение физико-геологических моделей, их последовательное уточнение в ходе интерпретации; с оценкой их точности, геологической и экономической эффективности и т.п.

Применительно к проблеме изучения нефтегазоносных отложений и моделирования сложнопостроенных залежей нефти и газа в связи с их поиском, разведкой и разработкой в Западной Сибири, методология исследований базировалась на следующих принципах:

1. Использование интенсивно развивающегося в науках о Земле направления исследований неупорядоченных (гетерогенных) сред, основанного на применении

теории фракталов, математический аппарат которой описывает закономерности, действующие в объектах, геометрическая структура которых сохраняет свои главные черты при ее рассмотрении в разных масштабах длин, т.е. обладает свойством самоподобия. Исследования в этой области связаны с трудами П. Бака, П.М. Горяинова, В.А. Ефимова, Н.П. Запивалова, В.В. Кузнецова, Н.Н. Курдина, А.В. Мальшакова, В.Ф. Писаренко, В.Б. Писецкого, М.А. Садовского, Г.И. Смирнова, Т.Ю. Тверитиновой и др.

2. Применение системного подхода — выделение в геологическом разрезе взаимосвязей (либо детерминистских закономерно обусловленных, либо вероятностных связей) источников геофизических аномалий (оценка физико-геометрических параметров аномалосоздающих объектов) и геологических неоднородностей земной коры (структурно-геологических, литолого-петрографических).

3. Использование современных научных теорий и парадигм, в первую очередь, гео- и флюидодинамического подхода к обоснованию генезиса образования месторождений нефти и газа, концепции дегазации Земли, идеи которой можно найти в работах Д.И. Менделеева, В.И. Вернадского, геосолитонной концепции образования углеводородов. Представление Земли как динамической системы, а подавляющее большинство взаимодействий в природных геологических процессах как нелинейных. Проблемам гео- и флюидодинамического подхода посвящены работы многих ученых, в т.ч. М.В. Багдасаровой, Р.М. Бембея, Б.М. Валяева, А.Н. Дмитриевского, Н.П. Запивалова, В.Б. Писецкого, Б.А. Соколова, В.И. Старостина, В.Е. Хаина и др.

4. Иерархический подход к выделению и изучению объектов. Создание геологических моделей строения нефтегазоносных отложений в региональном и локальном плане с использованием материалов региональных и площадных сейсморазведочных работ МОГТ 2D и сейсморазведки МОГТ 3D. Исследования в этой области проведены В.Н. Бородиным, А.А. Неждановым, Н.Я. Куниным, М.М. Элланским и др.

5. Комплексирование геолого-геофизической информации, использование приемов сейсмостратиграфического анализа, геодинамического и геолого-промыслового анализа при создании геолого-гидродинамических моделей залежей и последующей их адаптацией к истории разработки.

Именно комплексный (*системный*) подход к решению задач геологического моделирования с привлечением понятия «фрактала» и фрактальных свойств, как характерных особенностей залежей УВ сырья, необходим на всех этапах ГРП. Начиная с методики поиска и разведки с учетом фрактальности объектов поиска, построения геолого-геофизических моделей резервуара с учетом геофлюидодинамических и дегазационных концепций — как реализации динамического фрактального свойства процесса образования ловушек и их заполнения УВ, до разработки залежей и месторождений.

Интерес к вихревым структурам в литосфере, проявлению их в геологических и геофизических полях в Западной Сибири связан с концепцией геосолитонов, концепцией дегазации Земли и флюидодинамикой, определяющих как процессы образования, так и формирования месторождений нефти и газа, контролирующих характер распределения физико-гидродинамических свойств геологической среды.

Концепцию дегазации Земли и сами идеи глубинной дегазации мы находим в работах В.И. Вернадского. Проблемам дегазации Земли были посвящены конференции 2002, 2008 и 2010 гг., на которых обсуждались глобальные аспекты дегазации Земли и воздействие ее на процессы в приповерхностных слоях, геодинамические факторы, их роль в дегазации Земли; вопросы, связанные с генезисом нефти и газа, новые подходы при поисках скоплений нефти и газа.

Практически, большинство идей, которые были высказаны Г.В. Абихом и Д.И. Менделеевым в XIX - начале XX веков, находят свое продолжение в *геосолитонной концепции* дегазации Земли. Геосолитонная концепция глубинного образования УВ [2-10,19], предлагает практические рекомендации по технологии поисков, разведки и разработки месторождений, а также согласуется с большинством известных космогонических и геологических концепций, вносит определенный вклад в теорию геологических процессов и явлений.

Одним из интересных объектов, все чаще выделяемых в последнее время на сейсмических разрезах, являются так называемые *зоны деструкции* горных пород (динамически напряженные зоны, разуплотнения, ослабленные и т.д.) и связанные с ними геодинамически активные очаги, оказывающие влияние на формирование как ловушек, так и залежей нефти и газа, а также на распределение ФЕС продуктивных объектов и, как следствие, на характер поля продуктивности. Поперечные размеры *субвертикальных зон деструкции* (СЗД), составляют первые сотни метров, редко превышая 1 км. Сравнительный анализ временных сейсмических разрезов и промыслово-геологических данных по подавляющему большинству региональных и площадных сейсморазведочных работ Западной Сибири позволил выдвинуть гипотезу о закономерных связях между местоположениями очагов высокой концентрации зон деструкции и нефтегазоносностью [20].

Высокая степень локальности свойств среды, насыщенной системами СЗД, создает иные исходные условия и предпосылки для разведки и разработки месторождений нефти и газа, промыслово-геологические параметры которых тоже обладают существенно более дискретными коллекторскими свойствами. Такая система открыта для энергообмена с окружающей средой и имеет в своей структуре аномально активные области, прочность в которых меньше прочности окружающих блоков. Именно такими аномальными областями являются субвертикальные зоны деструкции.

Решение вопросов миграции нефти и газа из глубин через проводящие каналы и уточнение механизма этого процесса, неизбежно ведет к модернизации методики ГРП

и разработки месторождений.

Представление о строении и образовании залежей и месторождений нефти и газа основано на данных разведки и разработки месторождений. Геологическая модель залежи нефти и газа, наше мысленное представление о процессе формирования и строении залежи (воплощенное вербально, картографически, математически и компьютерно-программным способом), постоянно изменяется по мере получения информации (геофизической, геолого-промысловой и др.).

Принципиально новым элементом современной методологии разведки и освоения месторождений нефти и газа, предлагаемым в данной работе, является перманентное проведение высокоразрешающих сейсморазведочных работ 3D на этапе разработки месторождений с целью непрерывного уточнения модели изменяющейся его структуры и характера насыщения, коррекции и оптимизации добычи и увеличения нефтеотдачи и КИН.

ГЛАВА 2. ФРАКТАЛЬНОСТЬ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ И ГАЗА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Мировой опыт в нефтегазовой индустрии убедительно показывает, что во всех регионах истинная структура промышленных запасов нефти и газа, устанавливаемая в процессе освоения и длительной разработки месторождений, принципиально иная и более сложная, чем принятая изначально при проектировании систем разработки.

Система из гидродинамически слабо связанных тонкослоистых и линзовидных резервуаров обладает свойствами, принципиально отличающимися от свойств однородного мощного пласта с выдержанными верхней и нижней границами, и требует специфического подхода. Перечислим основные характерные свойства и следствия проявления таких объектов:

1. На этапе разведки при корреляции сейсморазведочных данных и промыслово-геофизических диаграмм необходимо выделить устойчивые реперные интервалы разреза. Последними, чаще всего, являются не сами нефтенасыщенные слоистые интервалы, а перекрывающие и подстилающие их существенно более выдержанные глинистые пласты, которые и должны быть использованы для структурных построений.

2. Быстрая латеральная изменчивость внутренней текстуры тонкослоистых залежей приводит к формированию неустойчивой формы отраженного импульса от них, что делает некорректными попытки стратиграфической увязки сейсморазведочных и промыслово-геофизических данных непосредственно в этих интервалах разреза.

3. Традиционный метод законтурного заводнения, корректный для пластовых моделей, теряет свою эффективность для систем, состоящих из тонких линзовидных пропластков из-за слабой латеральной проницаемости всей системы в целом.

4. Мозаичный характер пространственного распределения очагов с улучшенными коллекторскими свойствами в системах тонкослоистых линзовидных резервуаров вызывает необходимость постановки детальных ГРП с высокой степенью разрешения,

как по вертикали, так и по латерали (3D-сейсморазведки), по результатам которых и необходимо проектирование разработки месторождений.

5. Субвертикальные зоны деструкции горных пород, картируемые с помощью сейсморазведки 3D в Западной Сибири, контролируют не только очаги высокодебитной добычи, но и участки наиболее вероятного “кинжального” обводнения в подобных залежах.

Все большую роль приобретает задача картирования малоразмерных ловушек нефти и газа, связанных как структурным типом залежей, с литологическими, стратиграфическими и тектонически экранированными ловушками. Размеры таких объектов могут не превышать первых сотен метров. При стандартных методах поисков и разведки такие объекты либо вообще не картируются в силу редкой сети геофизических измерений, редкой системы скважин, либо вносят определенные искажения в морфологию структурных поверхностей, карты геофизических и расчетных параметров. Структурные построения по данным разведочного бурения без привлечения материалов сейсморазведки почти всегда искажены пространственным эйлиас-эффектом. Эти ложные построения могут приводить к ошибочным заключениям о геологическом строении изучаемых объектов.

Результаты численного эксперимента, показывающего действие эйлиас-эффекта, приведены на рис. 1. Структурная карта, полученная по материалам 3D-сейсморазведки (равномерная сетка точек отражения 50x50 м), представлена на рис. 1а. Карты с искусственно разреженной плотностью сетки 100x100, 250x250 и 500x500 м соответственно приведены на рис. 1б, в, г. Структурная карта, построенная по плотности сетки 2D-сейсморазведки (шаг между профилями 1-1.5 км), приведена на рис. 1д. На карте, построенной с плотностью точек 50x50 м (рис. 1а), выделяется несколько малоразмерных положительных элементов, сохраняющих свое положение и на карте, с плотностью точек 100x100 м (рис. 1б). При более редкой сетке морфология поверхности теряет свою выразительность (рис. 1в), сглаживаются внешние очертания структур, уменьшается их амплитудная выраженность.

При эксплуатационном разбуривании месторождений в Западной Сибири обычно используется сетка 400x400 м и реже. Поэтому даже результаты бурения и материалов ГИС не всегда отражают морфологические особенности кровли продуктивных объектов и их внутреннее строение. Структурная карта в варианте плотности сейсморазведки 2D существенно отличается от ранее приведенных построений (рис. 1д). Подобные структурные карты в итоге проведения I и II этапа ГРП обычно используются при подсчете запасов и проектировании разработки на большинстве месторождений.

Взаимосвязь мозаичного строения нефтяного поля и продуктивности скважин доказана в работе на примере объекта ЮВ₁ Северо-Хохряковского месторождения. Подобная “мозаичная” структура нефтяных полей типична для месторождений нефти и газа в Западной Сибири. Малые размеры изолированных залежей приводят к

быстрому падению добычи на естественном режиме разработки без поддержания пластового давления. Задача оптимального размещения нагнетательных скважин при мозаичной структуре нефтяного поля становится нетривиальной, а для ее успешного решения необходима детальная информация о контурах каждой изолированной залежи.

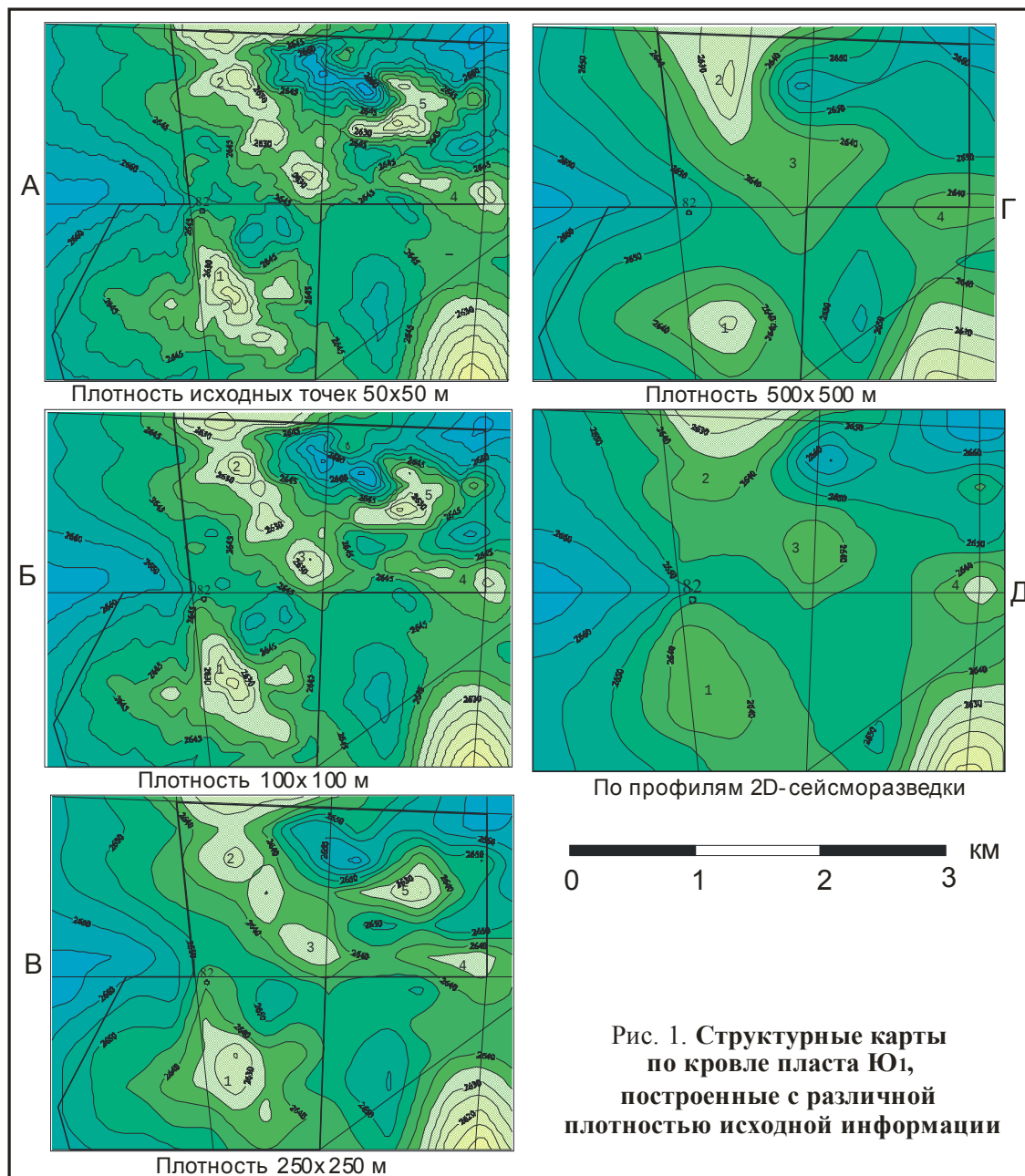


Рис. 1. Структурные карты по кровле пласта Ю1, построенные с различной плотностью исходной информации

Аналогичным примером служит Западно-Варьеганское месторождение ХМАО-Югры, расположенное в пределах Среднеобской НГО. В процессе разбуривания и эксплуатации месторождения существенно уточнилось геологическое строение, подсчетные параметры и добывные возможности продуктивных горизонтов. Продуктивность объекта БВ₁₀ по данным эксплуатации добывающих скважин оказалась существенно выше, чем предполагалось. Фактический средний дебит нефти оказался выше проектного в 9 раз!

Основными особенностями, отличающими фрактальные природные объекты и

процессы от традиционных евклидовых форм, являются дробная размерность форм и процессов, фактически означающая для нефтегазовой отрасли «ажурные» в пространстве тела и пульсирующие геологические процессы; свойство самоподобия форм и процессов, т. е. подобие самих себе в разных масштабах времени и пространства, образуя системы, сходные с «русской матрешкой».

Фрактальность присуща всем природным процессам, включая нефтегазовую геологию. Пульсирующие фрактальные процессы, имеющие размерность менее 4, известны на всех уровнях самоподобной Вселенной: от пульсаров и цефеид в далеких галактиках до пульсирующей активности Солнца и Земли, от пульсирующих кровеносных процессов в человеке до квантовых процессов в микромире и флуктуации физического вакуума.

Фрактальная пульсирующая модель геолого-геофизических полей для месторождений нефти и газа вносит коренные изменения в технологию их поиска, разведки и разработки. Эффективный поиск и разведка фрактальных резервуаров, заполняемых УВ в пульсирующем режиме, возможна с применением высокоразрешающих объемно-временных геофизических методов. В частности, сейсморазведки 4D, успешно опробованной в передовых нефтяных компаниях и ориентированной на фрактальные пульсирующие месторождения. Вероятно, должны измениться и принципы подсчета запасов УВ сырья фрактальных залежей, для которых размерность фрактала теперь будет играть такую же роль, какую в нефрактальных представлениях играли средние значения пористости, насыщенности и другие параметры.

Изменчивость фрактальной характеристики распределения ФЕС, фазового состояния УВ, PVT-параметров во времени – это очевидные следствия рассматриваемых в диссертации вопросов и выявленных особенностей строения залежей нефти и газа, особенностей и закономерностей истории их разведки и разработки. Этим же объясняется сложность настройки фильтрационных моделей. Разрабатываем мы, как правило, не единый монолитный и однородный пласт, а отдельные пропластки, слойки, каналы (на микроуровне), объединенные в сложную фрактальную структуру.

По мнению автора, механизм реализации активных геодинамических проявлений и воздействий также является фрактальным, как и большинство характерных свойств природных геологических объектов. Первыми в Западной Сибири с проявлением локальных очагов геодинамики столкнулись геофизики при интерпретации материалов сейсморазведки. Ярким проявлением подобных очагов мы считаем СЗД. Выявились определенные закономерности в конфигурации контуров и поперечных размеров СЗД в горизонтальных сечениях.

Проявление геодинамической активности рассмотрено на примере Тагринского, Ван-Еганского, Северо-Хохряковского и других месторождений, проанализирована степень выразительности проявления выявленных СЗД в плане и в разрезе.

Очевидным свойством выделяемых зон деструкции является приуроченность их к проявлению, прежде всего, локальных положительных форм (выступов, структур) фундамента. Поэтому наиболее вероятными участками картирования на временных разрезах участков зон деструкции являются ярко выраженные локальные выступы и приуроченные к ним локальные поднятия.

Локализованные энергетические источники в очагах СЗД обеспечивают рельефообразование локальных диапироподобных структурных форм, с вершин которых происходит сброс осадочного материала в ближайшие отрицательные структуры с одновременной сортировкой материалов по фракциям. В результате в осевых частях ближайших палеоврезов, локальных депрессионных долин и отдельных “карманов” накапливается наиболее крупнозернистый осадочный материал с высоким коэффициентом проницаемости, т. к. более тонкодисперсный глинистый материал выносится на достаточно большое расстояние благодаря высокой энергии турбидитовых потоков, порождаемых палеоземлетрясениями в очагах зон деструкции.

Разгадка генетического механизма образования локальных очагов высокодебитных зон представляется актуальной, поскольку природа их образования предопределяет как методологию поиска, разведки и разработки залежей нефти и газа в целом, так и весь набор методов и технологий их надежного картирования и освоения.

Высокая степень локализации участков повышенной продуктивности разведочных и эксплуатационных скважин отмечается на большинстве месторождений нефти и газа в Западной Сибири. Характерной особенностью подобных участков и типов залежей является их чрезвычайно широко увеличенный вертикальный диапазон нефтегазоносности. В качестве примера проявления локальных геодинамических воздействий в виде очагов зон деструкции на рис. 2 приведен временной разрез по одному из самых крупных многопластовых месторождений в Западной Сибири, в разрезе которого выявлено более 20 продуктивных пластов, содержащих более 100 залежей УВ сырья. На временном разрезе нанесены как субвертикальные зоны деструкции, служащие флюидодинамическими каналами насыщения углеводородами осадочного чехла, а также интервалы выявленных залежей нефти и газа.

Другим подтверждением служат результаты геолого-геофизического и промыслового анализа на уникальном многопластовом Ван-Еганском месторождении, имеющем интервал нефтегазоносности свыше 2000 м. В разрезе месторождения выявлено более 50 продуктивных пластов, содержащих нефтяные, газовые, нефтегазовые залежи. Степень локализации очагов повышенных отборов нефти характеризует приведенный фрагмент карты на рис.3, на котором выделены наиболее продуктивные участки в районе скважин, накопленная добыча нефти которых превысила 200 тыс.т, достигая по отдельным скважинам 500 тыс. т и более.

Связь очагов высокого дебита, высокой суммарной добычи и низкой обводненности добываемой нефти с малоразмерными площадями, пересекаемыми

СЗД и активными геосолитонными трубками, существует почти повсеместно и доказывается сопоставлением этих очагов с результатами 3D-сейсморазведки, на которых надежно выделяются СЗД.

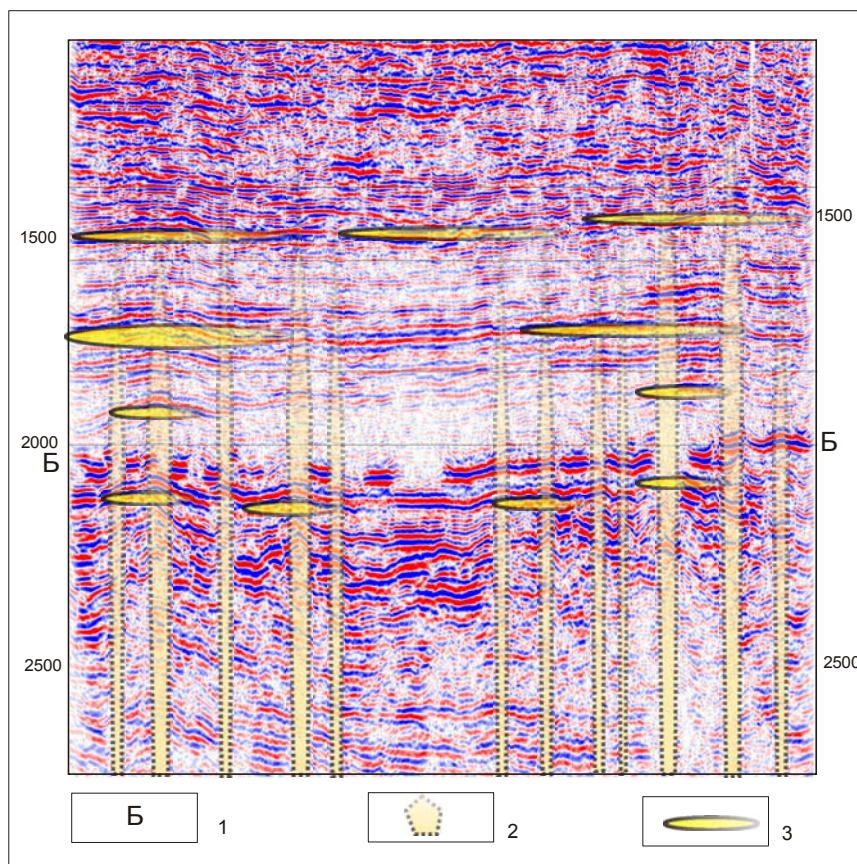


Рис. 2. Временной разрез с участками и очагами зон деструкций, представляющими пути миграции УВ. Среднеобская НГО, Западная Сибирь:
1 – индекс отражающего горизонта, 2 – зоны деструкции, 3 – выявленные залежи

Автором установлено при анализе более 10000 км² площадей сейсморазведочных работ 3D, что распределение СЗД по размерам имеет гиперболический вид. Размеры выделенных зон деструкции ограничены по латерали на 100 м (более высокой точности не было достигнуто). Очевидно, что поперечный размер зон деструкции стремится к минимуму – их количество возрастает, чем меньше их размер. В диапазоне менее 50 метров их еще больше.

Геосолитонный импульсно-вихревой перенос энергии и вещества из глубинных геосфер в мезозойско-кайнозойский интервал геологического разреза формирует основные элементы месторождений нефти и газа: структурные и литологические ловушки, зоны улучшенных коллекторских свойств и очаги повышенной концентрации нефти и газа. СЗД, пересекающие практически весь целевой интервал геологического разреза, имеют в основном кольцевую форму в плане, что обусловлено вихревой формой “геосолитонной” тектоники (активной локальной геодинамики). Главная морфологическая особенность подобных залежей нефти и газа на большинстве месторождений Западной Сибири - их чрезвычайно высокая локальность, которая обусловлена свойствами активных очагов зон деструкции как

следов проявления узких пучков геодинамических импульсов. Это находит отражение и в высокой степени локальности высокодебитных участков и мозаичном характере их пространственного распределения.

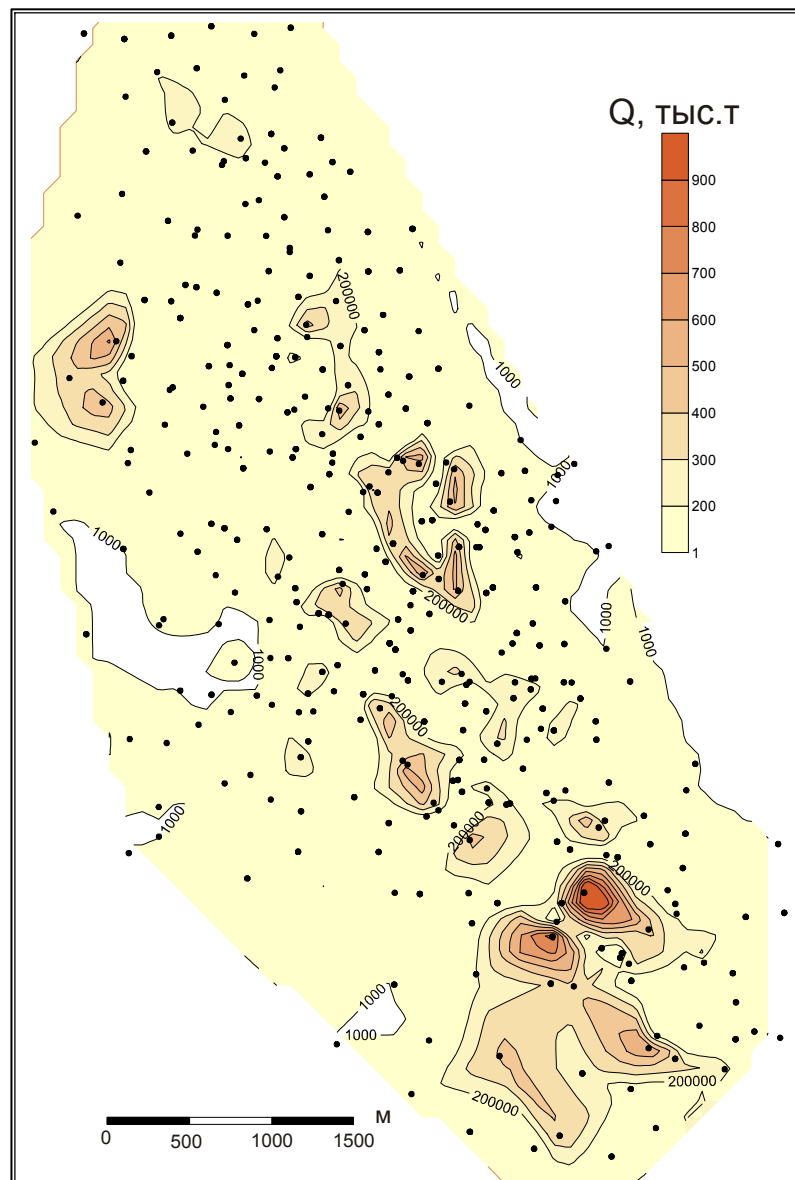


Рис. 3. **Фрагмент карты накопленных отборов нефти (тыс.т) в северной части Ван-Еганского месторождения**

Основную роль во фрактальности играют тектонические процессы фрактальной, прерывистой во времени и пространстве природы, обеспечивающие фрактальную структуру трещин, по которым идут носители геофлюидодинамики - геосолитоны и несут энергию, водород и метан. А все остальное органическое вещество (рассеянное) также участвует в формировании нефти и газа. Формируется это все, прежде всего, там, где эта масса пересекается подобными фрактальными субвертикальными очагами воздействия энергии, тепла, дегазации, флюидодинамики.

Фрактальность месторождений нефти и газа Западной Сибири обусловлена генетически и проявляется на всех этапах ГРП – от поиска, разведки до разработки месторождений. Подтверждена закономерная приуроченность залежей УВ сырья к

активным фрактальным очагам геодинамики.

ГЛАВА 3. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ И ГАЗА

Системный подход к моделированию залежей нефти и газа автором предложено воспринимать как единую технологическую цепочку выполнения исследовательских работ от постановки геологической задачи, выбора оптимальной методики и метода геофизических исследований, обработки и интерпретации результатов (сейсморазведка, грави- и магниторазведка, ГИС, опробование скважин), анализа геолого-промысловой информации, динамики работы скважин до создания цифровых геолого-фильтрационных моделей залежей нефти и газа разрабатываемых месторождений. Основой этой технологии является применение современных представлений и концепций формирования ловушек, миграции, аккумуляции УВ.

В настоящее время для большинства месторождений Западной Сибири созданы и создаются системы контроля и управления процессами разработки, направленные на построение постоянно-действующих геолого-технологических моделей объекта и процесса разработки, их постоянное уточнение по данным бурения новых скважин, гидродинамических исследований и данным истории разработки, на выбор мероприятий по управлению процессом разработки исходя из результатов математического моделирования.

Эти модели отличаются комплексным совместным использованием геологических и гидродинамических моделей пласта и представляют совокупность: детальной трехмерной адресной геолого-математической модели залежи; различных физически содержательных математических моделей процессов разработки; автоматизированных банков геологических, геофизических и геолого-промысловых данных. С помощью постоянно-действующих моделей выявляются слабо дренируемые и застойные зоны залежи, устанавливаются их размеры и способы вовлечения в активную разработку. Такие модели должны учитывать все основные геолого-физические и технологические факторы реализуемого процесса разработки (неоднородность пластов по толщине и простиранию, многофазность фильтрационных потоков, капиллярные и гравитационные силы, нелинейность законов фильтрации, порядок разбуривания, систему размещения и режимы работы скважин, наличие газонасыщенных и водонасыщенных частей пласта др.).

В работе приведены примеры фактического привлечения результатов доразведки месторождений Западной Сибири при составлении постоянно-действующих моделей, применение и использование их в уточнении режимов разработки и т.п. Наиболее показательными примерами являются Бахилдовское и Тагринское месторождения.

Тагринское месторождение многопластовое, продуктивные пласты характеризуются сложным, литологически и структурно выдержанным строением, усложняющим достоверность оконтуривания продуктивных ловушек. В разрезе месторождения выделено 24 объекта, содержащих 75 разных по фазовому составу

залежей. Несмотря на более чем 30-летний период разработки в разрезе месторождения до сих пор открываются новые продуктивные пласты и залежи УВ. Так, в 2007 году на баланс были поставлены запасы нефти, открытые в результате ревизии материалов ГИС в верхних продуктивных интервалах (БВ₁ и БВ₂), в 2008 году приращены в запасы нефти по пласту БВ₅ в результате разведочного бурения на севере месторождения. Залежи по новым пластам и участкам уже введены в разработку. Нижние интервалы геологического разреза слабо охвачены бурением. Перспективы нефтегазоносности на площади месторождения связаны как с нижней частью геологического разреза, так и верхней.

Необходимо учесть активную геодинамическую активность территории во время формирования и заполнения Тагринских залежей-резервуаров. Сейсмические временные разрезы, полученные на площади, подтверждают наличие здесь активной геодинамики в период после формирования Тагринской структуры. На временных разрезах прослеживаются разрывные нарушения, пронизывающие весь осадочный чехол. Глубинными “корнями” этих последствий проявления геодинамической и, по всей вероятности, флюидодинамической активности являются упомянутые выше геосолитонные вихри, сопровождающие и реализующие механизмы дегазации Земли.

В рамках системного подхода автором рассмотрена концепция образования месторождений нефти и газа в Среднем Приобье и перспективы ее применения. В нефтегазоносных бассейнах Западной Сибири и Приуральской части Русской платформы крупные месторождения в настоящее время можно также связать с гранитными отложениями, находящимися ниже осадочного чехла. Имеются десятки скважин, подтверждающих подобную концепцию образования месторождений в Западной Сибири. В пределах Сургутского свода перспективными участками внутри палеозоя являются очаги активной гранитизации. Именно эти участки служат признаками возможного наличия здесь нефтяных залежей.

За 40 лет разработки месторождений на Сургутском, Нижневартовском и Красноленинском своде достаточно освоена верхняя часть осадочного комплекса, следующее вполне обоснованное направление - освоение фундамента. Это направление связано в основном с выявлением очагов гранитов, трещинообразование в которых в результате землетрясений и горных ударов приводит к образованию трещиновато-поровых коллекторов с высокими ФЕС. Тем самым значительно расширяется фронт ГРП в нижних этажах разреза Западной Сибири.

Активная геосолитонная дегазация на таких континентах, как районы Сургутского и Нижневартовского свода, сопровождается, как правило, очень активной геодинамикой, т.е. обилием палео- и современных землетрясений, максимальной амплитудной выразительностью структурных форм как положительных, так и отрицательных. Максимальный перепад на структурных картах тоже будет отмечаться, скорее всего, в районах активной геосолитонной дегазации.

В геосолитонной концепции имеются практически все необходимые механизмы и

объяснения как для очагов нефтегазогенерации отдельных компонент, нефти в целом, так и для возможных путей перемещения УВ в некоторой окрестности этих очагов. Физическая природа геодинамического излучения такова, что над центральными очагами зон деструкции преимущественно создаются временные локальные понижения гравитационного поля, а также повышенной тепловой и электромагнитной активности. Именно в этом интервале, на границе земной коры и атмосферы, формируются особенности тех или иных условий для осадконакопления.

Геодинамическая активность внутренних геосфер оказывает влияние не только на тектонические явления, связанные с формированием зон деструкции, но и на характер распределения осадочного материала в период осадконакопления. Характерной особенностью таких объектов является наличие видимых «корней» в виде эллипсоподобных геологических тел или кальдер проседания. Более мелкие тела диаметром от нескольких метров и более и высотой до километра встречаются на всех уровнях разреза, особенно в верхней его части. Во многих случаях это образования полигенного генезиса и связаны с разнообразными физико-химическими процессами, в частности, с миграцией УВ, разложением газогидратов, проседаниями и экзогенными процессами. Большинство таких тел имеют размеры на пределе точности и разрешающей способности применяемых методов. Наиболее часто идентифицируемая форма – это цилиндрические трубки с размытыми, реже четкими боковыми границами.

Наиболее деструктированные зоны горных пород являются самыми «привлекательными» для траекторий выхода геодинамической энергии и потоков флюидов. Эти зоны находят яркое проявление во всех геофизических и геохимических полях, формируя месторождения полезных ископаемых почти всех видов. Благодаря миграции подвижных компонентов по проницаемым зонам подобные объекты проявления геодинамики, часто называемые дизъюнктивными тектоническими структурами, проявляются не только в физических, но и в геохимических полях. Даже на площадях, удаленных от активных сейсмотектонических зон и разломов, четко фиксируются отдельные зоны деструкции и целые системы СЗД с переменной их концентрацией, проникающие из прифундаментной части разреза вверх в мезозойско-кайнозойский осадочный комплекс. По мере приближения к активным сейсмотектоническим зонам происходит увеличение диаметра, высоты подъема и концентрации СЗД. На наиболее активных современных сейсмотектонических участках наблюдается подъем зон деструкции до самых верхних отложений разреза и унаследованность структурных форм по всем отражающим горизонтам.

В концепции геосолитонной дегазации находит объяснение и метод газовых труб, используемый для выделения зон вертикальной миграции УВ, дифференциации проводящих и непроводящих разломов. Необходимой предпосылкой для образования каналов дегазации («газовых труб») является существование вблизи активного

геодинамического очага и следствия его проявления – зоны деструкции (как правило, субвертикальной). Степень нарушенности покрышек в районе очага будет определять степень сохранности залежей, а вертикальная выраженность очага деструкции – вероятный этаж нефтегазоносности.

Наиболее ярко на территории Западной Сибири проявление СЗД выражено на месторождениях Красноленинского свода, где многими исследователями эти аномалии называют субвертикальными зонами трещиноватости, связывая с ними флюидопроводящие системы, дренирующие кристаллический фундамент и осадочный чехол, приводящие к гидротермальному метаморфизму вмещающих пород. На рис.4 показан фрагмент временного разреза с атрибутом когерентности, где наибольшей степени разрушения подвергнут верхний интервал разреза (выше 1000 мс).

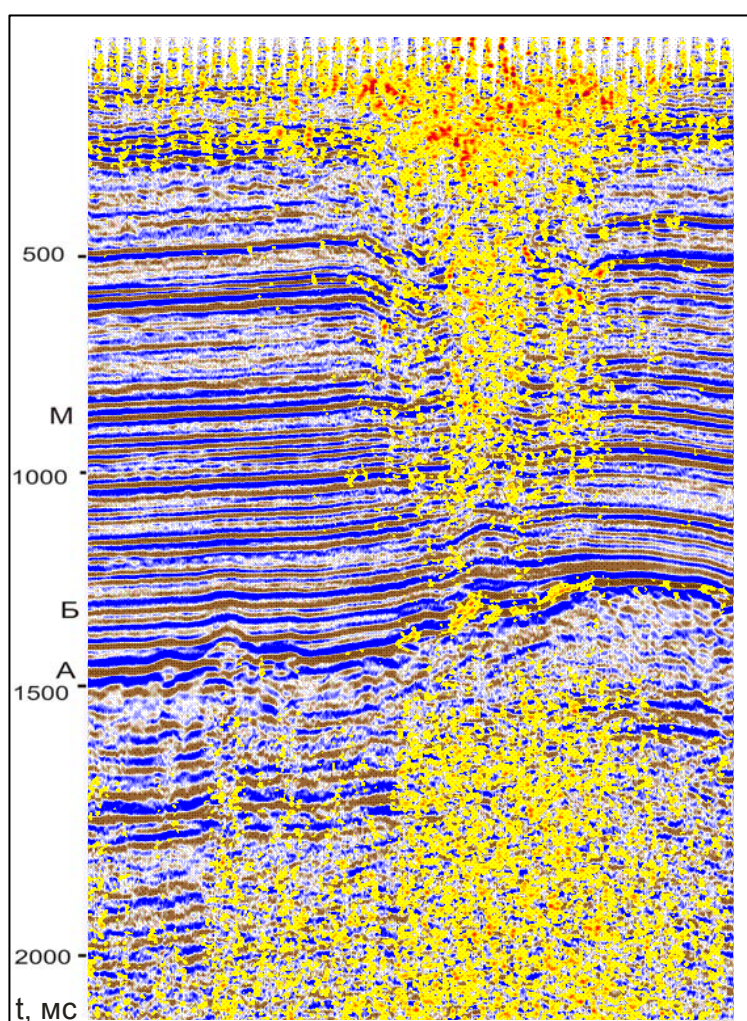


Рис. 4. Временной разрез с атрибутом когерентности, Иусское месторождение.
Приуральская НГО, Западная Сибирь. Этаж нефтегазоносности 200 метров – от пластов П верхней юры до коры выветривания

В плане аномалия имеет правильную форму круга с внешним диаметром до 4 км в верхней части разреза, сужаясь к нижней части (напоминая воронкообразную форму). Вероятным вариантом интерпретации приведенного примера является проявление на данном участке газового выброса (прорыва флюидов) из фундамента

высокого давления, приведшего к образованию залежей нефти и газа (получены притоки газа свыше 200 тыс.м³/сут из коры выветривания, из юрских пластов - нефти до 170 м³/сут).

Вопросы строения СЗД, как субвертикальных каналов миграции для геофлюидов становятся все актуальнее. Подобные исследования активно выполняются уже более 10 лет на территории Южного Каспия (И.С.Гулиев, 2008), где подробно изучается строение субвертикальных каналов и эти данные используются при проектировании разработки залежей УВ.

Приведенные примеры выделения очагов активной геодинамики, флюидо- и газодинамики демонстрируют общие принципы и подходы к обоснованию генетических моделей месторождений нефти и газа, некоторые наиболее яркие особенности проявления механизма геосолитонной дегазации на сейсмических разрезах и представляют интерес для дальнейших исследований.

Актуальность процессов геодинамики, дегазации Земли, роли флюидных систем в образовании и преобразовании земной коры, локализации в ее пределах твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых находит широкое распространение современных научных и практических исследованиях. В связи с этим возникают новые требования к технологиям прогноза и поисков месторождений полезных ископаемых. Необходимая технология разведки таких месторождений основана на применении 3D-сейсморазведки МОГТ и комплексировании с высокоточными методами грави-, магниторазведки, газолитохимическими и тепловыми съемками.

На основании исторического обзора об изменении представлений о геологической модели и способах эффективной разведки и разработки на примере нескольких месторождений показано, что к процессу построения, создания модели, моделирования необходим системный подход – это комплексный, целостный процесс. Системный подход к моделированию залежей нефти и газа, месторождений – это единая технология геолого-геофизических работ и исследований, опирающаяся на научный фундамент геологических представлений о происхождении, миграции и аккумуляции УВ, генезисе образования ловушек, методах их поиска, разведки и разработки.

ГЛАВА 4. МЕТОДИКА ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МАЛОРАЗМЕРНЫХ И СЛОЖНОПОСТРОЕННЫХ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ И ГАЗА

Выполненный анализ геолого-промысловых моделей на различных этапах и стадиях ГРП по ряду месторождений Западной Сибири показал сходство развития представлений о геологическом строении исследуемых территорий. Степень достоверности геолого-геофизических построений и моделей залежей и месторождений напрямую зависит от пространственной разрешенности получаемой при ГРП информации о характере, строении, размерах и особенностях продуктивных объектов.

Выявление по результатам проведенных исследований на ряде площадей Среднего

Приобщая таких геологических объектов как субвертикальные зоны деструкции и анализ вероятных взаимосвязей СЗД с продуктивностью геологических объектов и перспективами нефтегазоносности позволяет утверждать, что от степени геодинамической активности в тех или иных зонах деструкции зависят амплитуды локальных структур, наличие улучшенных поровых и трещинных коллекторов, а также суммарный нефтегазогенерационный потенциал системы многопластовых залежей на конкретной локальной структуре. Поиск и детальная разведка подобных геодинамически активных зон деструкции представляются наиболее перспективными во всем нефтегазоносном регионе Западной Сибири.

История разработки Бахиловского, Тагринского месторождений подтверждает рекомендации обязательной постановки высокоразрешающих 3D-сейсморазведочных работ и геосолитонной интерпретации полученных результатов с целью построения оптимальной схемы разработки месторождений, расположенных в районах с повышенной геодинамической активностью.

В работе проведен анализ выполненных работ сейсморазведки 3D на территории ХМАО-Югры в объеме около 10000 км². В традиционной схеме ГРП, основной задачей сейсморазведки всегда являлся прирост запасов. А поскольку прироста запасов в результате применения 3D-сейсморазведки не происходит, чаще запасы уточняются в меньшую сторону (в основном за счет дифференциации объектов и залежей), этим и объясняется непопулярность сейсморазведки 3D, которая не предназначена для увеличения (или прироста) запасов.

Полный комплекс ГРП на нефть и газ в Западной Сибири включает два основных источника информации о строении и перспективах геологического разреза, принципиально отличающихся друг от друга по параметрам пространственной разрешенности. Первый - это поисковые и разведочные скважины, в которых проведены промыслово-геофизические и гидродинамические исследования, отобран керновый материал. Второй - дистанционные геофизические методы, в основном сейсморазведочные работы МОГТ по методике 2D и/или 3D, материалы которых обработаны с помощью современных компьютерных систем и программ.

Главная особенность предлагаемой методики является ее способность обеспечить повышенную латеральную разрешенность результатов ГРП. Суть методики заключается в проведении *высокоразрешающей* сейсморазведки 3D, обработке материалов по комплексу программ, обеспечивающих сохранение высокочастотных пространственных компонент поля геолого-геофизических параметров, выделении малоразмерных объектов на временных разрезах в виде субвертикальных зон деструкции, как следов проявления локальной геодинамической активности, в геологической интерпретации выделенных участков зон деструкции на базе геосолитонной концепции. Благодаря геологической интерпретации выделенных участков зон деструкции в предлагаемой методике открывается возможность поиска и разведки групп малоразмерных ловушек, представляющих целую систему ловушек

в широком интервале геологического разреза от фундамента до верхнего мела.

Особенности методики на этапах ГРП:

1) на поисковом этапе после проведения региональных и поисковых сейсморазведочных работ по редкой сети для выбора места заложения скважин рекомендуется проведение 3D-сейсморазведочных работ в районе выявленных локальных перегибов.

2) на разведочном этапе работы 3D-сейсморазведки должны проводиться в пределах наиболее перспективных поднятий, выявленных на поисковом этапе. Одна из главных задач - проведение классификации объектов исследований и проверка надежности предварительных построений и геологических моделей залежей. Основные цели разведочных скважин: подтверждение достоверности сейсмической информации; получение новых данных для уточнения геолого-геофизической интерпретации; разведка вероятных малоразмерных поднятий и оценка характера насыщения продуктивных объектов, прослеживания поведения ВНК и пр.

3) индивидуальная схема разработки месторождения должна учитывать материалы 3D-сейсморазведки, по результатам интерпретации которой совместно с данными поисково-разведочного бурения рассчитываются не только геологические и извлекаемые запасы нефти и газа, но и промыслово-геологические модели с целью реализации оптимальных схем разработки.

С целью повышения эффективности доразведки и разработки месторождений нефти и газа необходимо:

а) проведение 3D-сейсморазведки в первую очередь на разбуренных – «эталонных» участках месторождения, чтобы оценить геолого-геофизические параметры, промысловую модель залежей и их особенности, «откалибровать» данные сейсморазведки на достаточном объеме промыслово-геологической информации, протестировать методику сейсмических исследований. Опыт подобных работ на месторождениях Западной Сибири при непосредственном участии автора показал высокую эффективность данного способа.

б) использовать предложенную методику на месторождениях с падающей добычей с целью их «реанимации» за счет выявления и доразведки малоразмерных объектов;

в) местоположение скважин, переводов на другие объекты, горизонтальные скважины, проведение ГРП и ремонтов определять с учетом наиболее вероятных участков распространения улучшенных ФЕС продуктивных горизонтов.

Как *элемент новизны* необходимо отметить применение 3D сейсморазведочных исследований и получение новой информации в процессе разработки месторождений.

В качестве *рекомендаций по разработке месторождений с фрактальной структурой* являются: бурение горизонтальных скважин, боковых горизонтальных стволов, ГРП – с целью увеличения «охвата» методами вскрытия (бурения) и методами искусственной трещиноватости (ГРП) изначально сложнопостроенных фрактальных форм в плане, разрезе и объеме песчаных тел-коллекторов, трещин,

содержащих УВ.

При задаче картирования очагов и объектов проявления локальной геодинамики автором рекомендовано использование комплекса геофизических и геохимических методов. Одним из таких объектов является Иусский объект, расположенный в районе Иусского нефтегазового месторождения в пределах Приуральской НГО. На площади были проведены геофизические и геохимические методы исследований: 3D-сейсморазведка, гравиразведка, магниторазведка, тепловые методы разведки - по всем этим методам была выявлена ярко выраженная аномалия кольцевой формы. На горизонтальном сечении волнового поля четко видны правильные концентрические окружности в элементах волнового поля, обусловленные вихревой структурой геосолитонного процесса, сформировавшего все особенности волнового поля. Кольцевая форма проявлялась не только в геофизических полях, но даже в ландшафте и растительном покрове.

По материалам 3D-сейсморазведки объект имеет в плане изометричную форму, картируемую как на временных разрезах (рис.4), так и по временным срезам (рис. 5). Размеры выделенного объекта по латерали в интервале 200-300 мс составляют до 4 км в диаметре (с выходом на дневную поверхность). В основании объекта его размеры по латерали составляют около 900 м. На вертикальных сечениях волнового поля, вблизи осевой части “трубки”, ярко выражены следы активного локального проявления геодинамического воздействия.

Исследуемый объект совпадает с мощной отрицательной локальной магнитной аномалией, что также говорит в пользу глубинного происхождения объекта. Эта структура, имеющая в плане форму воронки, ярко проявляющейся на материалах 3D-сейсморазведки, представляет собой проявление современной геодинамической активности, благодаря эндогидродинамическому процессу, вследствие которого произошел прорыв к дневной поверхности аномально высокого давления флюидов, содержащих гелий, водород, метан, углекислый газ и УВ. В центре ее по наиболее проницаемым зонам продолжается вертикальная миграция газов (И.Ф.Мясников, В.В.Югин, 2008).

Принадлежность выявленной аномалии по материалам сейсморазведки, газолитогеохимической и тепловой съемки к одному из выявленных нефтегазовых месторождений подтверждает высокую перспективность подобных объектов с точки зрения открытия новых залежей нефти и газа, формирования и совершенствования технологий их поиска и картирования. Потенциал подобных локальных аномалий с точки зрения открытия в них залежей УВ особенно возрастает как в западной части ХМАО-Югра, так и западной части ЯНАО в зоне сочленения с Приуральем, на что указывал еще академик И.М. Губкин. Картирование и изучение подобных геологических объектов, имеющих высокий потенциал нефтегазоносности, необходимо проводить с использованием комплекса геолого-геофизических методов, включающих сейсмо-, грави-, магнито- и электроразведку, литогеохимическую и

тепловую съемки.

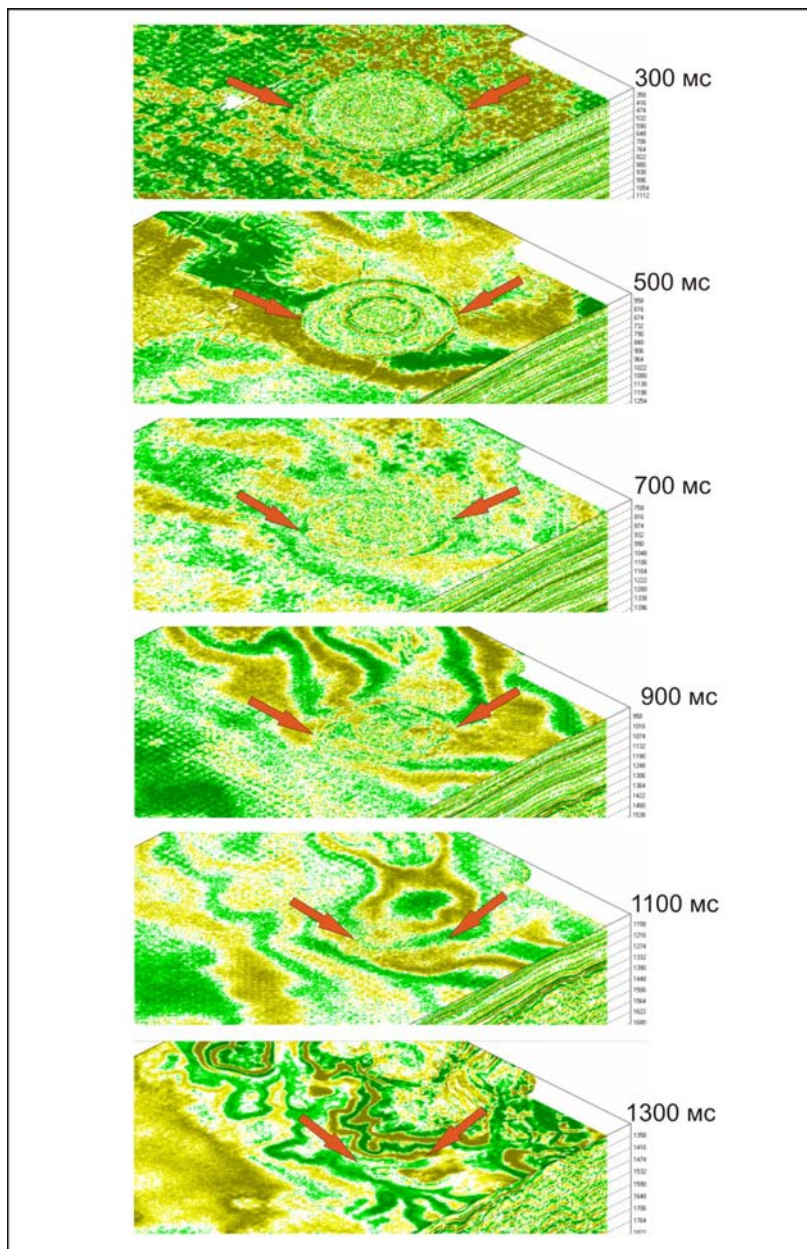


Рис. 5. Проявление субвертикальной зоны деструкции на временных срезах куба сейсмических данных (Иусское нефтегазовое месторождение)

В главе обоснована методика поисков и разведки малоразмерных и сложнопостроенных залежей нефти и газа (основанная на фрактальности строения этих объектов и применении в качестве поискового признака в настоящее время локальных очагов зон деструкции, как проявление следов активности геосреды, возможных путей флюидомиграции и т.д.) и технология анализа отраженных волн для прогнозирования геологического разреза, которая опирается (в том числе) на обязательное применение высокоразрешающей 3D-сейсморазведки.

Основное предназначение высокоразрешающей 3D-сейсморазведки на современном этапе - повышение эффективности разработки и добычи нефти и газа. И оценивать ее надо как один из методов или мероприятий повышения эффективности

разработки либо метод увеличения нефтеотдачи.

ГЛАВА 5. ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ДОРАЗВЕДКЕ И РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ НА ОСНОВЕ ПРЕДЛОЖЕННОЙ МЕТОДИКИ

В главе приведены результаты трехмерного геологического моделирования, полученные для нефтяных месторождений Западной Сибири при непосредственном участии автора и с использованием новых подходов к интерпретации геолого-геофизических материалов и интеграционных технологий. В качестве результатов проведенных работ в каждом из конкретных случаев применения 3D-сейсморазведки в разных ее модификациях и создания конкретных геологических моделей разведываемых и разрабатываемых залежей УВ явились решения о дальнейших направлениях геолого-геофизических исследований, по совершенствованию методов и технологий разработки и применяемых методов повышения нефтеотдачи. Геологические модели составлены с учетом анализа геолого-промысловых данных, данных по работе скважин, применяемых методов увеличения нефтеотдачи, анализа разработки отдельных залежей, объектов и месторождений в целом.

Рекомендации, предложенные в работе, успешно опробованы автором на Западно-Варьеганском, Северо-Хохряковском, Западно-Алехинском, Умсейском и других месторождениях. Именно здесь сейсморазведочные работы 3D были выполнены в опережающем режиме на локальных первоочередных участках месторождений перед вводом их в эксплуатацию. Одновременно был опробован и вариант с отработкой «эталонного» участка, где по материалам геолого-промыслового анализа и результатам 3D-сейсморазведки проведено уточнение геологической модели и особенностей распределения ФЕС, продуктивности скважин с учетом сейсмических атрибутов.

Оценка перспектив нефтегазоносности малоразмерных залежей нефти газа на основе геосолитонной концепции гео- и флюидодинамической активности выполнена на примере Мишаевского месторождения (Среднеобской НГО), а также перспективных площадей юга Тюменской области. Мишаевское месторождение общей площадью более 300 км² – спутник многопластового Покачевского месторождения. В пределах месторождения нефтегазовые залежи зафиксированы в широком диапазоне: от пласта ЮВ₁¹ до пласта АВ₁. В пределах площади пробурено 40 разведочных скважин, из которых 23 попали за контуры участков зон деструкции и при испытании не дали притоков нефти, а 17 скважин попали внутрь контура зон деструкции или ближайшую приконтурную ее часть и дали притоки нефти.

Периодически возобновляющаяся геодинамическая активность очага в зоне деструкции на этапе седиментации могла создавать локальные высокоэнергетические очаги, осуществляющие работу по перераспределению осадочного материала с формированием участков с улучшенными коллекторскими свойствами. Подобные геосолитонные механизмы могут вызывать в открытых мелководных бассейнах на

большом удалении от береговой линии собственные локальные очаги пересортировки осадочного материала за счет локальных землетрясений, горных ударов, циклонов, штормов, вихрей, тектонических подвижек и так далее. Эти локальные энергетические источники на морском дне могли порождать турбидитовые потоки и оползни.

Широкий разброс интервалов продуктивности на небольшой площади при ограниченном числе скважин также свидетельствует в пользу геосолитонной концепции, где основным является определение координаты заложения скважин, а глубина и интервалы продуктивности могут быть индивидуальными в каждой СЗД. Каждая зона деструкции имеет свою индивидуальную геодинамическую и геологическую историю развития, и поэтому даже в близких на площади СЗД распределение высоко- и низкопродуктивных, нефтяных и газонефтяных, «сухих» и водонасыщенных интервалов разреза может различаться.

Практически все высокодебитные скважины на Мишаевской площади оказались полностью зависимыми от действия и местоположения зон деструкции. Кроме того, по крайней мере, почти 20 непродуктивных скважин, однозначно попадающих за пределы контура зон деструкции и оказавшиеся при испытании непродуктивными, также подтверждают действия предложенного механизма на Мишаевской площади.

Результаты интерпретации сейсморазведки 3D при уточнении геолого-промысловых моделей разрабатываемых месторождений приведены в работе на примере Западно-Варьганского месторождения, где впервые в Западной Сибири с участием автора были одновременно проведены работы на «эталонном» участке месторождения (для уточнения геологической модели продуктивных пластов) и участке первоочередного бурения. Высокодебитные участки залежей имеют локальное распространение, и их местоположение в значительной мере контролируется морфологией структурных поверхностей кровли пластов, определяемой палеотектонической активностью. Полученные результаты (рис. 6) позволили уточнить строение в межскважинном пространстве, определить основные геологические факторы, от которых может зависеть продуктивность пластов. На основе выявленных закономерностей и предлагаемой модели формирования участков улучшенных ФЕС построены карты прогнозных дебитов по пластам ЮВ₁¹ и БВ₁₀.

Фактическая проверка проведенных построений была проведена в ходе дальнейшей эксплуатации объекта БВ₁₀, разработка которого велась в основном скважинами, переводимыми с объекта ЮВ₁. За период 1995-1999 гг. переведено 22 скважины. Результаты проведенных построений подтверждены в 13 скважинах из введенных в эксплуатацию 17 скважин, что составляет до 76% от всех переводов.

Уточнение геолого-промысловой модели с учетом новых высокочастотных данных с одновременным составлением геолого-фильтрационных моделей разработки отдельных пластов и залежей способствовало повышению эффективности проводимых геолого-технических мероприятий на месторождении.

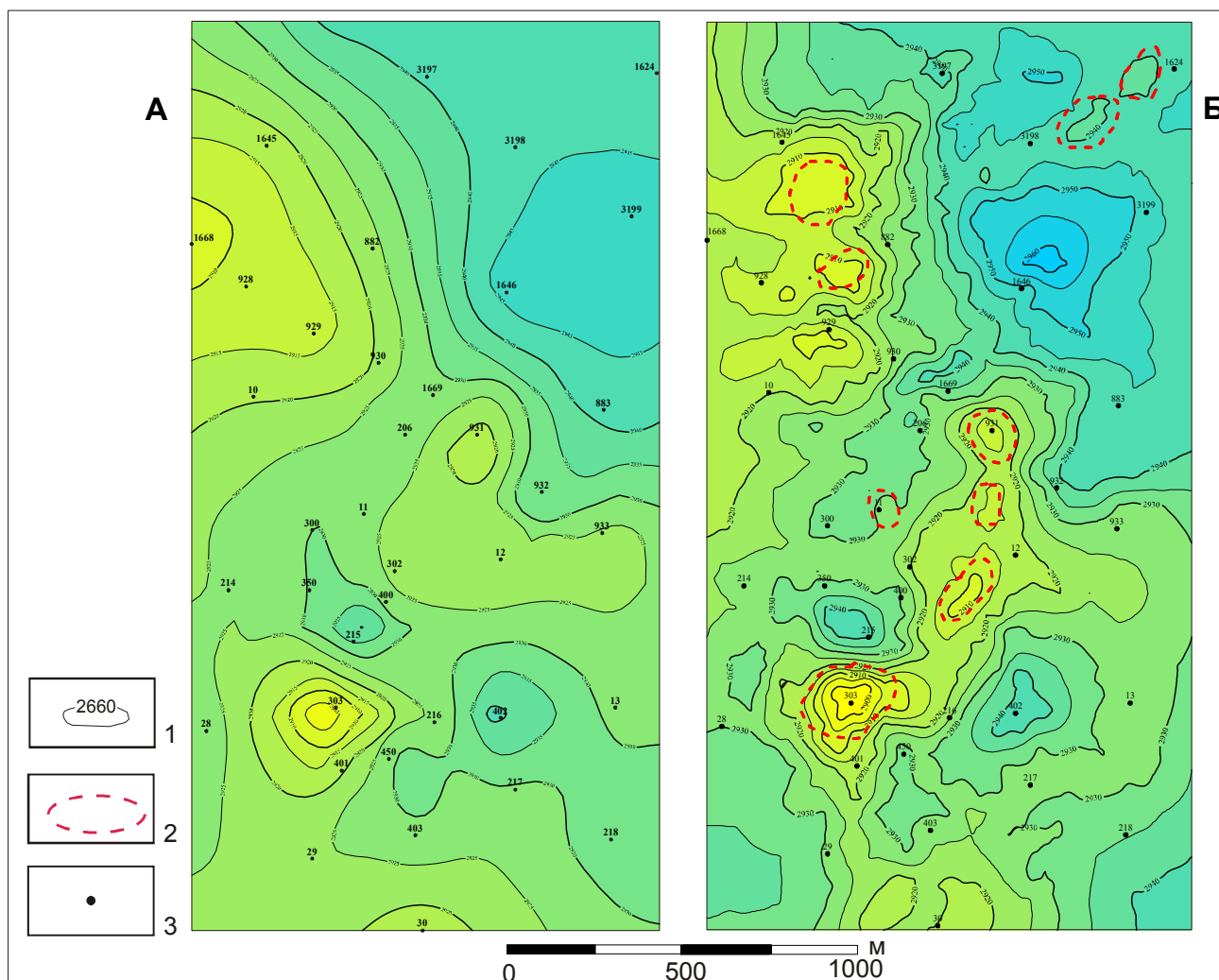


Рис. 6. Западно-Варьеганское месторождение. Структурные карты по кровле пласта ЮВ₁¹ по данным эксплуатационного бурения (А) и 3D-сейсморазведки (Б): 1 – изогипсы кровли пласта ЮВ₁¹, 2 – выделенные участки СЗД, 3 – местоположение эксплуатационных скважин

В работе показаны основные особенности и результаты созданных геологических и геолого-фильтрационных моделей разрабатываемых месторождений (Варынгского, Ай-Еганского, Северо-Хохряковского, Покачевского). Выполненные с участием автора исследования позволили уточнить остаточные запасы нефти, разработать оптимальные планы дальнейшего развития месторождений (вывод скважин из бездействия; ГРП; перевод на другой объект; бурение БС, БГС; проведение дострелов; выбор скважин под нагнетание; отмена ГРП; ограничение закачки).

Реализация рекомендованных планов ГТМ позволила увеличить добычу нефти по отдельным месторождениям более чем на 100 тыс.т в год и добиться более полной выработки запасов и увеличения нефтеотдачи. Сопоставление результатов моделирования с фактическими данными свидетельствует об их применимости в промысловой практике. С помощью трехмерного моделирования решался вопрос о целесообразности бурения новых скважин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Аналитическое обобщение результатов проведенных исследований и защищаемых положений в диссертации позволяет сделать целый ряд научных и практических выводов и рекомендаций:

1. Фрактальность природных процессов и структур в геологии, геофизике и геохимии определяет мозаичную структуру большинства месторождений полезных ископаемых, включая системы залежей нефти и газа, газоконденсата и других горючих ископаемых (газогидратов, горючих сланцев и т.п.).

2. Системный подход к поиску, разведке и разработке залежей нефти и газа, имеющих фрактальную структуру запасов, представляет собой единую технологическую цепь взаимосвязанных элементов различных методов полевой геофизики, бурения, гидродинамических испытаний, современной компьютерной обработки и моделирования, целостной геологической интерпретации на базе новейших геологических концепций, включая геосолитонную концепцию эволюцию Земли.

3. На примере залежей и месторождений Западной Сибири показано, что системный подход с учетом индивидуальных особенностей геологического строения залежей, при создании геолого-промысловых моделей разведываемых и разрабатываемых залежей позволяет существенно повысить эффективность разработки объектов за счет повышения нефтеотдачи и снижения себестоимости продукции.

4. Фрактальность месторождений Западной Сибири обусловлена генетически геосолитонными фрактальными процессами формирования залежей. Это представление о важнейших свойствах пространственно-временной структуры запасов проявляется на всех этапах ГРП – от поиска, разведки до разработки. Практически доказана закономерная приуроченность локальных очагов повышенной продуктивности скважин к активным очагам геосолитонной геодинамики. Проблемы разведки и освоения подобных залежей и месторождений предстоит разрешать в ближайшем будущем.

5. Научно обоснована и детально разработана методическая схема выявления, разведки и разработки малоразмерных, потенциально высокопродуктивных залежей. Методика основана на фрактальности структуры целевых геологических объектов, в первую очередь, на выявлении и разведке локальных субвертикальных зон деструкции горных пород, порождаемых геосолитонной дегазацией Земли. Эти геологические тела, называемые нами геосолитонными трубками или субвертикальными каналами транспортировки флюидов, формирующих залежи УВ и восстанавливающих запасы, являются главными поисковыми признаками для месторождений УВ, часто образующих многопластовые системы залежей.

6. Амплитуды перспективных ловушек, участки улучшенных поровых и трещинно-кавернозных коллекторов, а также суммарный нефтегазоносный потенциал в

широком глубинном интервале зависят от степени геосолитонной динамической активности в пределах локальной окрестности выявляемых СЗД. Поиск и детальная разведка подобных локальных геодинамически активных зон являются наиболее перспективными во всех нефтегазоносных областях Западной Сибири.

7. Наиболее надежным методом полевой геофизики при разведке высокоперспективных малоразмерных залежей, имеющих фрактальную структуру, является высокоразрешающая 3D-сейсморазведка с элементами 4D с целью выявления наиболее геодинамически активных современных зон деструкции. Своевременная доразведка и разработка этих участков обеспечат высокую экономическую эффективность добычи. Целесообразно методику 3D и 4D-сейсморазведки включить в комплекс мероприятий на этапе разработки месторождения с целью обеспечения геолого-геофизического мониторинга и контроля за разработкой.

8. Применение высокоразрешающей 3D-сейсморазведки следует классифицировать как способ повышения эффективности разработки месторождений нефти и газа.

9. Рекомендации по доразведке и разработке на конкретных месторождениях Западной Сибири, описанные в защищаемой диссертации на основе предложенных научных концепций, подходов и методик могут быть использованы на практике в ближайшее время. Созданы геолого-геофизические модели, по которым уточнено размещение скважин на Тагринском, Западно-Варьеганском, Мишаевском и других месторождениях. Установлен многопластовый характер месторождений геосолитонного генезиса на целом ряде месторождений Среднеобской, Надым-Пурской, Васюганской, Фроловской и других НГО Западной Сибири.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Природа аномальных разрезов баженовской свиты на Южно-Ватъеганской площади (верхняя юра Западной Сибири) // Бюл. МОИП, разд. Геология, 1993. Т.68, вып.1. - С.115-119 (соавтор Л.А.Задоевко).
2. Геосолитонная природа субвертикальных зон деструкции // Геофизика. Специальный выпуск, 2001. - С.36-50 (соавторы Р.М.Бембель, В.М.Мегеря).
3. Геосолитонная концепция образования месторождений углеводородов // Геофизика. Специальный выпуск, 2001. - С.50-53 (соавторы Р.М.Бембель, В.М.Мегеря).
4. Геосолитонная концепция месторождений нефти и газа в районе Сургутского свода, перспективы ее применения // Нефтяное хозяйство, 2006, №4. - С.12-15 (соавтор Р.М.Бембель).
5. Месторождения углеводородов на территории ХМАО с точки зрения геосолитонной концепции // Геофизика. Специальный выпуск, 2006. - С.29-33 (соавторы Р.М.Бембель, В.М.Мегеря).
6. Поиски и разведка месторождений на базе геосолитонной концепции дегазации Земли // Геология нефти и газа, 2006, №2. - С.2-7 (соавторы Р.М.Бембель, В.М.Мегеря).

7. Локальная геодинамика на материалах геофизических и геохимических полей в приуральской части ХМАО-Югра // Естественные и технические науки, 2009, №6(44). - С.307-312.
8. О пространственных свойствах субвертикальных зон деструкции и характере распределения залежей углеводородов // Нефтяное хозяйство, 2010, №4. - С.38-41.
9. Проявления геосолитонного механизма в гравитационном, магнитном и электрическом полях // Естественные и технические науки, 2010, №2(46). - С.255-261.
10. Геоморфологические особенности строения залежей углеводородов и продуктивность скважин // Естественные и технические науки, 2010, №3(47). - С.206-212.
11. Достоверность геолого-геофизических построений при разведке месторождений // Известия вузов. Нефть и газ, 2010, №4. - С.4-10.
12. Особенности проявления современной локальной геодинамики в западной части ХМАО-Югра, их связь с очагами нефтегазонакопления // Геология нефти и газа, 2010, №4. - С.8-12.
13. Методика выявления и доразведки малоразмерных и сложно построенных залежей углеводородов // Известия вузов. Нефть и газ, 2010, №5. - С.6-10.
14. Проблема поисков залежей углеводородов на юге Тюменской области // Естественные и технические науки, 2010, №5(49). - С.268-275.
15. Изменчивость свойств сложнопостроенных залежей углеводородов // Известия вузов. Нефть и газ, 2010, №6. - С.14-19.
16. Использование комплекса геофизических и геохимических методов при картировании очагов локальной геодинамики // Нефтяное хозяйство, 2011, №2. - С.44-47.
17. Совершенствование технологий сейсморазведки 3D для разведки и разработки месторождений Западной Сибири // Нефтяное хозяйство, 2011, №4. - С.4-7. (соавтор М.Р.Бембель).
18. К вопросу о моделировании сложнопостроенных залежей нефти и газа // Нефтяное хозяйство, 2011, №6. - С. 89-91.

Монографии:

19. Геосолитоны: функциональная система Земли, концепция разведки и разработки месторождений углеводородов. – Тюмень: Изд. “Вектор Бук”, 2003. - 344 с. (соавторы Р.М.Бембель, В.М.Мегеря). ISBN 5-88131-280-5.
20. Моделирование сложнопостроенных залежей нефти и газа в связи с разведкой и разработкой месторождений Западной Сибири. – Тюмень. Шадринск: Изд. ОГУП “Шадринский Дом Печати”, 2010. - 182 с. ISBN 978-5-7142-1268-0.

Другие статьи и материалы конференций:

21. Сейсморазведка сложно построенных интервалов разреза Западной Сибири // Применение математических методов и ЭВМ в геологии. - Тюмень: ТИИ, 1988. - С.90-97.
22. Влияние малоразмерных структурных неоднородностей на продуктивность нефтеносных пластов Западно-Варьеганского месторождения // Основные направления научно-исследовательских работ в нефтяной промышленности Западной Сибири. - Тюмень: СибНИИНП, 1996. - С.31-38.
23. Взаимосвязь мозаичного строения нефтяного поля и продуктивности верхнеюрского горизонта ЮВ₁ на Северо-Хохряковском месторождении // Основные направления научно-исследовательских работ в нефтяной промышленности Западной

Сибири. – Тюмень: СибНИИНП, 1996. - С.23-30.

24. Применение методов трехмерной сейсморазведки с целью доразведки залежей нефти в северной части Самотлорского месторождения // Основные направления научно-исследовательских работ в нефтяной промышленности Западной Сибири. – Тюмень: СибНИИНП, 1997. - С.63-73.

25. Планирование геолого-технологических мероприятий с применением результатов трехмерного моделирования сложнопостроенного юрского нефтяного объекта // Состояние, проблемы, основные направления развития нефтяной промышленности в XXI веке (разработка и геология): доклады науч.-практ. конф. - Тюмень: СибНИИНП, 2000. - С.83-88 (соавторы М.Е.Долгих, М.А.Шаламов, М.Г.Селиванов).

26. Особенности геологического строения и модель объекта БВ₉ Тагринского месторождения // Основные направления научно-исследовательских работ в нефтяной промышленности Западной Сибири. – Тюмень: СибНИИНП, 2003. - С.32-39 (соавторы С.Ю.Терновая, М.Р.Бембель).

27. Геосолитонная концепция Земли и геофизических полей // Геофизические методы при разведке недр и экологических исследованиях: материалы всероссийской научно-технической конференции. – Томск: ТПИ, 2003. - С.19-22 (соавтор Р.М.Бембель).

28. Геосолитоны как поисковый признак при поисках и разведке месторождений углеводородов // Вопросы геологии, бурения и разработки нефтяных и газонефтяных месторождений Сургутского региона: сборник научных трудов СургутНИПИнефть, вып. 7. – М.: Изд. “Нефтяное хозяйство”, 2006. - С.23-28 (соавтор Р.М.Бембель).

29. Концепция формирования месторождений углеводородов в районе Среднего Приобья // Биниология, симметрология и синергетика в естественных науках: материалы V международной конференции. - Тюмень: ТюмГНГУ, 2007. - С.100-108.

30. Геодинамический аспект при поисках залежей углеводородов в Уватском районе Тюменской области // Горные ведомости, 2010, №11. - С.28-36.

31. Геологические модели сложнопостроенных залежей углеводородов: от разведки до разработки // К принципам организации Природы: труды VI междунар. конф. “Биниология, симметрология и синергетика в естественных науках”. - Тюмень, 2010. - С.80-85.

32. Представление о фрактальности залежей углеводородов как способ повышения эффективности методов их исследования // Казанская наука, 2011, №2. – Казань: “Казанский Издательский Дом”. – С. 276-278.

33. Технология поиска, разведки и разработки месторождений нефти и газа, сформированных и контролируемых процессами геосолитонной дегазации // Геоинформатика-2011: теоретические и прикладные аспекты. Матер. X междунар. конф. - Киев, 10-13.05.2011. Эл.изд. (соавторы Р.М.Бембель, В.М.Мегеря).