

На правах рукописи



Загоровский Юрий Алексеевич

**РОЛЬ ФЛЮИДОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ОБРАЗОВАНИИ И
РАЗМЕЩЕНИИ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ
СИБИРИ**

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

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Тюмень, 2017

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

Научный руководитель

Нежданов Алексей Алексеевич

доктор геолого-минералогических наук,
заместитель начальника ИТЦ ООО
«Газпром геологоразведка» по научной
работе, г. Тюмень

Официальные оппоненты:

Запивалов Николай Петрович

доктор геолого-минералогических наук,
профессор, главный научный сотрудник
Института нефтегазовой геологии и
геофизики СО РАН, г. Новосибирск

Кудаманов Александр Иванович

кандидат геолого-минералогических
наук, эксперт ООО «Тюменский
нефтяной научный центр», г. Тюмень

Ведущая организация:

ООО «НОВАТЭК НТЦ», г. Тюмень

Защита диссертации состоится 25 января 2018 г. в 16:00 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 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

Факс 8(3452)39-03-46, e-mail: semenovtv@tyuiu.ru

Автореферат разослан 9 декабря 2017 г.

Ученый секретарь диссертационного совета



Т.В. Семенова

Актуальность темы диссертации. Флюидодинамические процессы – миграция (движение) флюидов в недрах Земли. Значительное место миграции углеводородов (УВ) в образовании и размещении залежей отводилось многими исследователями. В качестве свидетельств миграции УВ обычно приводятся: высачивание углеводородных и других газов (в том числе, мантийных, например, гелия, водорода) через многокилометровую толщу горных пород; залегание нефти и газа в породах, не способных к нефте- и газообразованию; существование аномально высокого пластового давления (АВПД) в породах, прошедших стадию уплотнения сотни миллионов лет назад; связь многозалежных месторождений УВ с тектонически активными зонами (системы разломов, сдвигов, новообразованные поднятия).

Обнаружены сейсморазведочные свидетельства струйной миграции углеводородных газов через покрывки – кинематические и динамические аномалии сейсмической записи, связанные с газонасыщением и АВПД. Эти и другие особенности характерны для северных и арктических районов Западной Сибири (ЗС), и в том числе для лицензионных участков (ЛУ) ПАО «Газпром», на которых добывается большая часть российского газа. Поэтому изучение связи флюидодинамических процессов с образованием и размещением залежей УВ на севере ЗС является весьма важной задачей нефтегазовой геологии и геофизики.

Цель работы заключается, таким образом, в изучении роли флюидодинамических процессов в формировании и размещении залежей УВ на севере ЗС.

Основные задачи исследований:

- изучение флюидодинамических аномалий сейсмической записи, их связи с нефтегазоносностью и АВПД;
- изучение связи АВПД глубоких горизонтов севера ЗС с геологическим строением бассейна и нефтегазоносностью;
- построение современных региональных карт АВПД по глубоким горизонтам северной части ЗС.

Объектом исследования являются недра ЛУ ПАО «Газпром», расположенных на севере ЗС (территория Ямало-Ненецкого автономного округа – ЯНАО), и сопредельных территорий.

Фактический материал, использованный в диссертации, включает первичную геологическую и геофизическую информацию, акты испытания скважин, результаты геофизических исследований скважин (ГИС), материалы сейсморазведки МОГТ 2D и 3D. Проанализированы материалы бурения и испытания 349 поисково-разведочных скважин, вскрывших отложения ачимовской толщи и тюменской свиты на ЛУ ПАО «Газпром» в ЯНАО и на

сопредельных территориях, данные более 40 площадных сейсморазведочных съемок МОГТ 2D и 3D, опубликованные и фондовые работы о результатах изучения геологического строения, нефтегазоносности, проблемы АВПД в ЗС и других бассейнах.

Методы исследования включали анализ и обобщение материалов бурения и испытания скважин, сейсмостратиграфическую и флюидодинамическую интерпретацию материалов сейсморазведки (МОГТ) 2D и 3D, прогноз флюидальных давлений на основе данных ГИС, вертикального сейсмического профилирования (ВСП) и сейсморазведки МОГТ 3D, комплексирование результатов изучения объекта исследования различными методами.

Личный вклад автора: Автором был собран и проанализирован фактический материал, включая данные по глубоким горизонтам уникальных Ямбургского, Уренгойского, Бованенковского, Медвежьего, Заполярного, Харасавэйского и др. месторождений ПАО «Газпром», выполнена интерпретация сейсморазведочных данных МОВ ОГТ 2D и 3D по 12 ЛУ, построены карты и схемы изменения флюидального давления, закартированы и проанализированы флюидодинамические аномалии сейсмической записи, сделаны научные и практические выводы.

Защищаемые положения:

1. Установлены сейсморазведочные свидетельства миграции УВ газов на севере ЗС – флюидодинамические структуры разных типов. Установлено, что объекты, известные в ЗС как «аномальные кольцевые зоны» или АКЗ (А.А.Нежданов, 2012 г.) являются кинематическими аномалиями сейсмической записи, они сопровождаются максимально возможным АВПД и газонасыщением, крупные АКЗ приурочены к многозалежным месторождениям УВ.

2. Выявлены основные закономерности изменения АВПД по площади и разрезу ЗС: рост коэффициента аномальности пластового давления (K_a) в осадочном чехле с глубиной, региональное увеличение K_a к наиболее прогнутым частям бассейна, локальное увеличение K_a к сводам антиклинальных поднятий. Создана модель пластового давления в отложениях средней юры и ачимовской толщи северных районов ЗС.

3. Отмечена связь интенсивного неотектонического складкообразования, вертикального внедрения УВ газов в осадочный чехол и распространения АВПД в глубоких горизонтах ЗС (ачимовская толща неокома, отложения средней юры), на основании чего сделан вывод о газонапорной модели формирования АВПД.

4. Установлено, что резервуары с АВПД в глубоких горизонтах ЗС продуктивны (вмещают газ, газоконденсат, нефть с высоким газосодержанием)

вне зависимости от их гипсометрического и структурного (прогибы, поднятия) положения.

Научная новизна:

1. По материалам современной сейсморазведки МОГТ 3D установлены и классифицированы флюидодинамические аномалии сейсмической записи разных типов – «газовые трубы» (АКЗ), «газовые пузыри», следы естественного флюидоразрыва пород, объемно-плоскостные трещинно-разломные зоны.

2. Определена природа аномальных кольцевых зон (АКЗ), представляющих собой зоны резкого снижения скоростей сейсмических волн, обусловленные максимально возможным АВПД и газонасыщением, с учетом всей имеющейся сейсморазведочной информации построена карта размещения наиболее крупных АКЗ.

3. Установлена связь массивной зоны АВПД севера ЗС с тектоническим строением бассейна и особенностями нефтегазоносности (активное прогибание в мезозое, интенсивное неотектоническое воздымание, газоносность); обоснована газонапорная модель формирования АВПД на севере ЗС.

4. Закономерности изменения АВПД по площади и разрезу северных и арктических районов ЗС, наличие флюидодинамических структур (ФДС) позволяют связывать образование залежей УВ с процессами глубинной флюидомиграции и высоко оценивать перспективы нефтегазоносности глубоких горизонтов (ачимовския толща, юра) не только на антиклинальных структурах, но и в депрессиях зоны АВПД.

Практическая значимость работы заключается, в конечном итоге, в повышении эффективности геологоразведочных работ за счет использования флюидодинамических аномалий сейсмической записи как в качестве дополнительных критериев нефтегазоносности, так и для повышения газобезопасности.

1. Так, все изученные бурением АКЗ сопровождают многозалежные месторождения УВ «шашлычного» типа, поэтому наличие АКЗ является критерием нефтегазоносности структуры. Неизученные бурением АКЗ контролируют неоткрытые месторождения УВ на Сопочной, Огненной, Яровской, Кубинской, Снежной, Невской, Нярмейской и др. площадях.

2. Флюидодинамические аномалии сейсмической записи по глубоким горизонтам маркируют зоны риска (пластовое давление с $K_a > 2$), которых следует избегать при заложении поисково-оценочных и разведочных скважин на юрские отложения, поскольку вероятность осложнений в таких зонах исключительно высока.

3. Построенные карты Ка пластового давления по кровле среднеюрских отложений (пласт Ю₂), по подошве ачимовской толщи позволяют более точно определять оптимальную плотность бурового раствора глубоких скважин для поисков и разведки залежей УВ в указанных отложениях.

4. Отсутствие зависимости нефтегазоносности пластов ачимовской толщи и тюменской свиты от гипсометрического положения позволяет оптимистично оценивать перспективы прироста запасов УВ в депрессионных зонах северной части Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна.

Построения автора были использованы для выполнения научно-исследовательских работ и проектирования геологоразведочных работ на 8 ЛУ ПАО «Газпром» в ЗС.

Апробация работы:

Результаты проведенных исследований и основные положения диссертации докладывались на восьми научно-практических конференциях: X юбилейной всероссийской конференции молодых ученых, специалистов и студентов «Новые технологии в газовой промышленности» (г. Москва, 2013 г.), V молодежной научно-практической конференции, посвященной 30-летию Общества «Газпром добыча Ямбург» (вахт. пос. Ямбург, 2014 г.), XV юбилейной конференции молодых специалистов, осуществляющих деятельность, связанную с использованием участков недр ХМАО-Югры (г. Ханты-Мансийск, 2015 г.), III Всероссийской молодежной научно-практической конференции «Науки о Земле. Современное состояние» (г. Шира, 2015 г.); 17-ой международной научно-практической конференции «Геомодель 2015» (г. Геленджик, 2015 г.), VI, VII Тюменском международном инновационном форуме «НЕФТЬГАЗТЭК», (г. Тюмень, 2015, 2016 г.г.), на координационном геологическом совещании ПАО «Газпром» (г. Анапа, 2016 г.).

Публикации: Автором опубликовано 15 научных работ по теме диссертации, из них четыре в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем работы: Работа состоит из введения, 4 глав, заключения и списка литературы. Содержание работы изложено на 201 странице, включая 87 рисунков, 2 таблицы. Список литературы насчитывает 231 наименование.

Содержание работы

Глава 1 История изучения роли флюидодинамических процессов в образовании и размещении залежей углеводородов в Западной Сибири

Приведен исторический обзор идей и публикаций о роли флюидодинамических процессов в образовании и размещении залежей УВ в ЗС.

В большинстве из них рассматриваются процессы миграции именно углеводородных флюидов. К сторонникам значительной роли как вертикальной, так и латеральной миграции УВ в образовании месторождений нефти и газа относятся И.М. Губкин, Н.А. Кудрявцев, В.Б. Порфирьев, Н.П. Кропоткин, Э.Б. Чекалюк, К.А. Аникиев, Б.М. Валяев, А.Н. Дмитриевский, А.Л. Наумов, А.А. Нежданов и многие другие исследователи. При этом, вне зависимости от взглядов на образование УВ, слагающих залежей нефти и газа (пресловутое противостояние «органиков» и «неоргаников»), в вопросе о роли миграции нефти и газа сторонники обеих гипотез нефтидогенеза, судя по обзору публикаций, находят понимание, каждый со своих позиций. К ученым, полагающим роль миграции нефти и газа в образовании залежей весьма ограниченной, можно причислить К.П. Калицкого, И.И. Нестерова, А.П. Соколовского, и некоторых других.

Показано, что большинством исследователей признается существенная роль процессов миграции нефти и газа в формировании залежей УВ в ЗС. Позиции исследователей, которые считают роль миграции УВ в образовании и размещении залежей газа и газоконденсата решающей, представляются автору диссертации наиболее аргументированными.

Глава 2 Картирование флюиодинамических структур по материалам сейсморазведки МОГТ

Описаны сейсморазведочные свидетельства миграции УВ газов в ЗС – флюиодинамические структуры (ФДС). Выделено несколько типов ФДС: аномальные кольцевые зоны (АКЗ) или «газовые трубы» (по аналогии с Gas Chimney), «газовые пузыри», следы естественного флюидоразрыва пород, объемно-плоскостные трещинные и разломные зоны.

Аномальные кольцевые зоны (АКЗ) – название, предложенное А.А. Неждановым в 2012 г. для объектов, известных в ЗС с 80-х годов прошлого века как «инверсионные кольцевые структуры» (Л.Ш.Гиршгорн и др.). На временных сейсмических разрезах по верхним отражающим горизонтам (ОГ) это поднятия, а по нижним ОГ они трансформируются в прогибы, круглые в плане, амплитуда которых увеличивается вниз по разрезу (рисунки 1-3). АКЗ сопровождаются столбообразными зонами падения скоростей суммирования сейсмических волн, поэтому предположения о том, что это - кинематические аномалии сейсмической записи высказывались давно. Однако лишь в последнее десятилетие были пробурены скважины, которые доказали это (скв. 2099 Хальмерпаютинская, 134 Юрхаровская, 2011 Пакахинская). Они подтвердили наличие поднятий в АКЗ и по кровле юры (ОГ Б), уменьшение скоростей

сейсмических волн до 50% относительно вмещающих отложений (по данным вертикального сейсмического профилирования – ВСП, см. рисунок 2в).

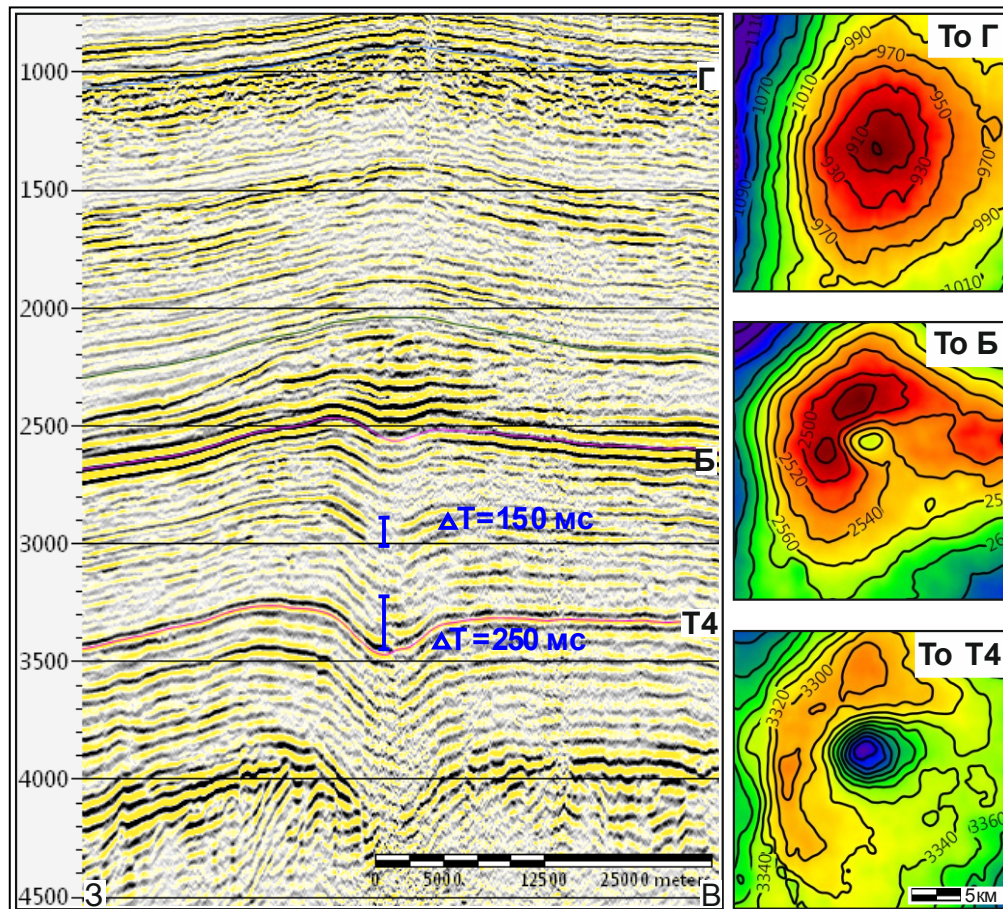


Рисунок 1 – АКЗ на Ямбургском месторождении

Скважинами, вскрывшими центральные части АКЗ, выявлены газовые залежи в отложениях сеномана, неокома и юры, все разбуренные АКЗ приурочены к месторождениям УВ «шашлычного типа». При испытаниях было измерено забойное давление и рассчитано пластовое давление в отложениях неокома и юры, составившее 67-82 и 93-100 МПа соответственно ($K_a=2,15-2,21$). АКЗ сопутствуют дефицит плотности (отрицательные гравиметрические аномалии) и повышение электросопротивления (по результатам электроразведки методом зондирования становлением поля в ближней зоне), что соответствует представлениям о газонасыщении пород в пределах АКЗ. Таким образом, накопленные факты свидетельствуют, что АКЗ являются субвертикальными зонами с повышенной газонасыщенностью и АВПД с горизонтальным сечением круглой формы, являются каналами вертикальной миграции высоконапорных газов (в том числе УВ) в концентрированной форме, «газовыми трубами» (гипотеза некоторых исследователей (Р.М.Бембель, А.А.Нежданов, Р.М.Гатаулин и др.).

Большинство АКЗ Западной Сибири охватывают отложения неокома и юры, но некоторые из них сосредоточены в нижне- и среднеюрской части разреза (Заполярное месторождение), в надсеноманских отложениях (Падинский ЛУ).

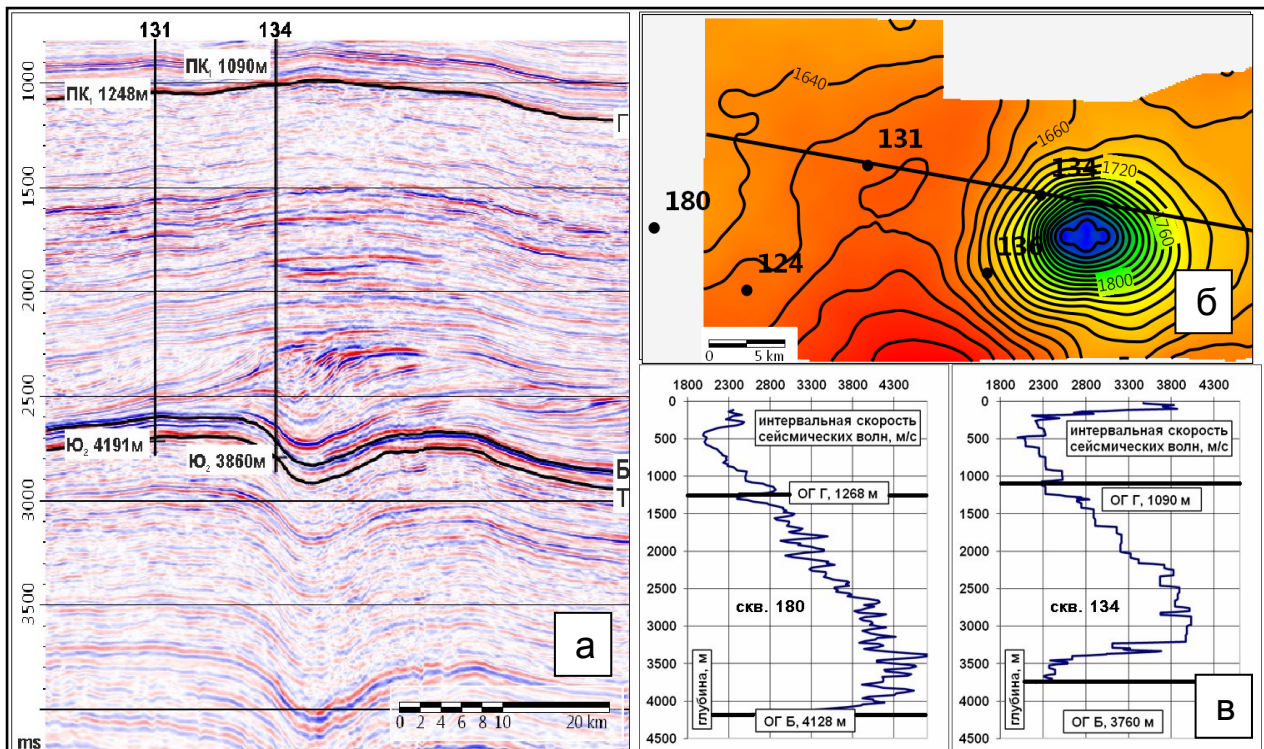


Рисунок 2 – АКЗ на Юрхаровском месторождении (а – временной сейсмический разрез через Юрхаровское поднятие; б – карта временной толщины между ОГ Г - ОГ Б; в – интервальные скорости сейсмических волн в интервале (ОГ Г -ОГ Б) по данным ВСП в скважинах 180 и 134 (в))

Фактом является связь крупных АКЗ с куполами антиклинальных структур. В количественном отношении АКЗ больше всего в наиболее погруженных частях Западно-Сибирского осадочного бассейна: Большехетской и Южно-Карской впадинах (рисунок 4). Подобные объекты есть и в других нефтегазоносных бассейнах, например, на шельфе о.Сахалин, в Беринговом море.

«Газовые пузыри» – круглые в плане небольшие по площади (первые км²) и вертикальной протяженности (100-200 мс) неоднородности сейсмического волнового поля, отождествляемые с отдельными порциями УВ газов, находящихся в процессе миграции (рисунок 5г). Газовые пузыри вскрыты глубокими скважинами (Ямбургское, Уренгойское месторождения), подтверждающими высокую газонасыщенность разреза и высокие значения Ка АВПД в интервале газовых пузырей, что выражается преимущественно в большом числе осложнений в процессе бурения, крепления и освоения этих скважин.

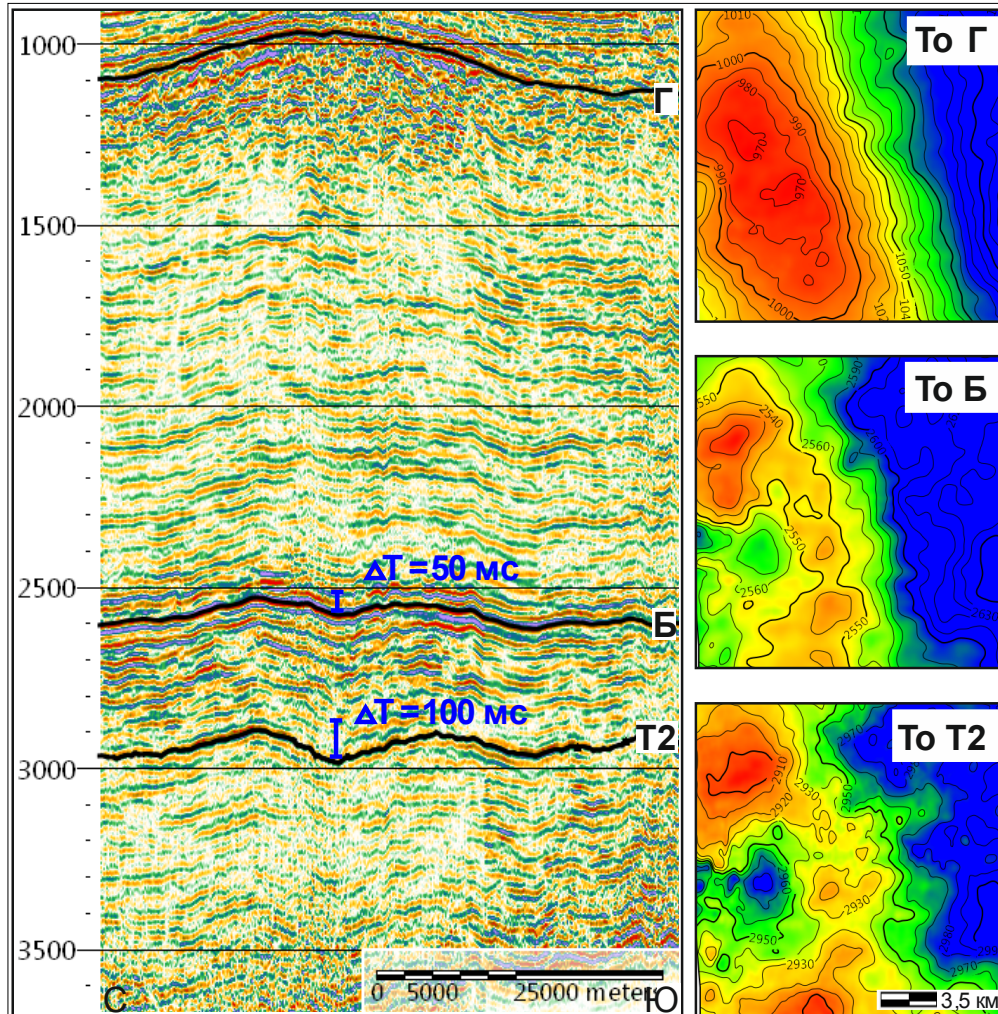


Рисунок 3 - АКЗ на Уренгойском месторождении

По данным сейсморазведки МОГТ 2D и 3D в объеме некоторых газовых залежей, АКЗ и «газовых пузырей» установлены участки терминации отражений, разрывов и деформации осей синфазности. Возможность выявления таких объектов сейсморазведкой МОГТ 3D путем картирования временных толщин позволяет повысить газобезопасность глубокого бурения. Интерпретация их как структур, связанных с естественным флюидоразрывом пород, представляется автору наиболее вероятной.

В объеме сеноманских газовых залежей на месторождениях ЯНАО зачастую хорошо заметны звездчатые и линейные структуры, которые также можно рассматривать как следы естественного флюидоразрыва пород сеномана при взрывном расширении заполняющего их глубинного газа.

Общеизвестно, что разломы, которые выделяются по сейсморазведочным данным, могут являться каналами флюидомиграции. Приведен пример связи сеноманской газовой залежи Губкинского месторождения с современными процессами поступления метана из глубоких горизонтов.

Описана выраженность ФДС в геохимическом и геотермическом полях ЗС. Отмечено, что обычно выполняемые поверхностные геохимические исследования из-за неоднородности состава и строения верхней части разреза, низкой плотности съемок малоинформативны для картирования ФДС. Однако бурение специальных колонковых скважин, проведенное на Санском полигоне (Песцовый ЛУ) и геохимическое изучение их керн свидетельствует о высокой газонасыщенности приповерхностных отложений в пределах ФДС. По данным детальных геохимических исследований, выполненных на отдельных месторождениях (Бованенковское, Харасавэйское, Песцовое) установлена высокая в целом газонасыщенность пород верхней (четвертичной) части разреза севера ЗС с наличием мелких газовых залежей.

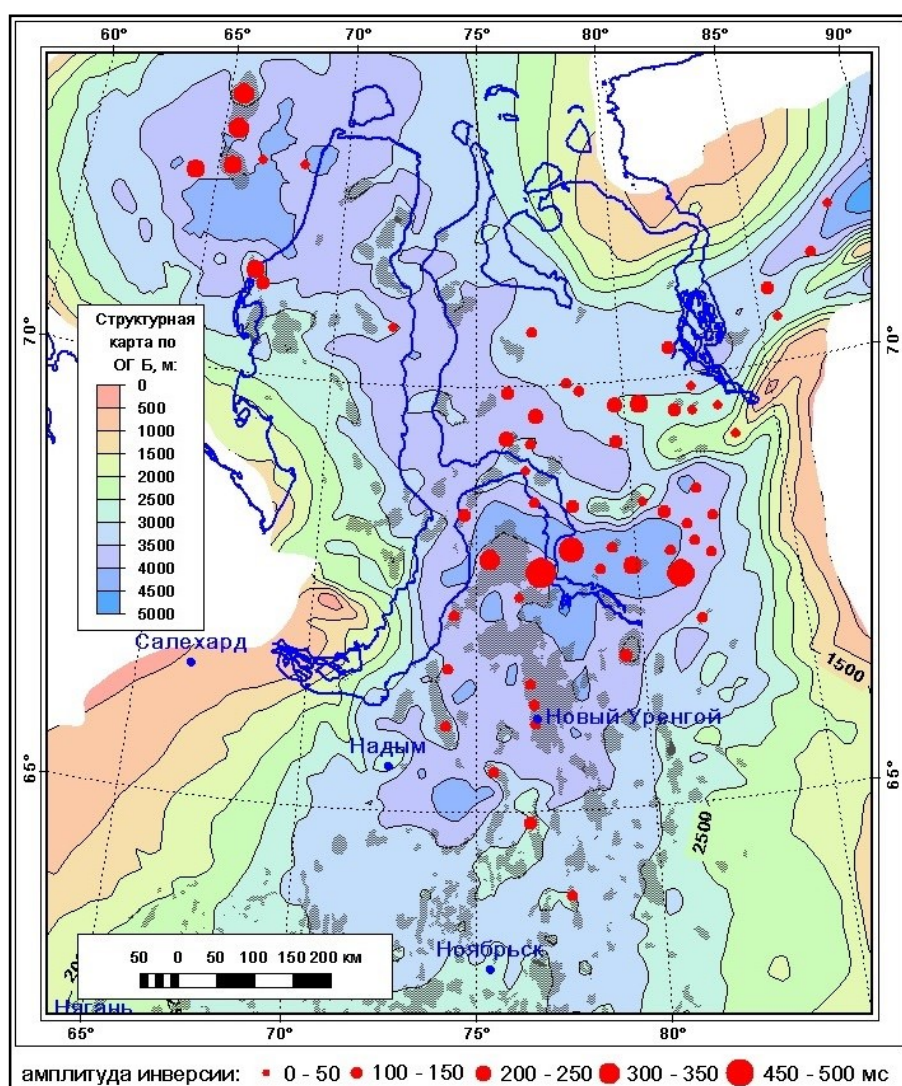


Рисунок 4 - Схема расположения АКЗ в северной части ЗС на структурной карте по кровле юры (ОГ Б)

Связи распространения АКЗ и АВПД в глубоких горизонтах севера ЗС с плотностью теплового потока не установлено. Роль дросселирования газов

глубинного генезиса на поверхность в суммарном тепловом поле Земли предполагается некоторыми исследователями, однако она изучена слабо и не обоснована количественными расчетами.

Связь в пределах АКЗ максимально возможного АВПД с газонасыщением не случайна. Согласно теоретическим расчетам и построениям различных авторов, продолжительность существования АВПД не превышает 20 тыс. – 1,6 млн. лет. Феномен АКЗ служит дополнительным аргументом в пользу гипотезы газодинамической природы АВПД (К.А. Аникиев и др.), предполагающей постоянную подпитку резервуаров потоками глубинных газов, не успевающих рассеиваться в интервале низкопроницаемых отложений.

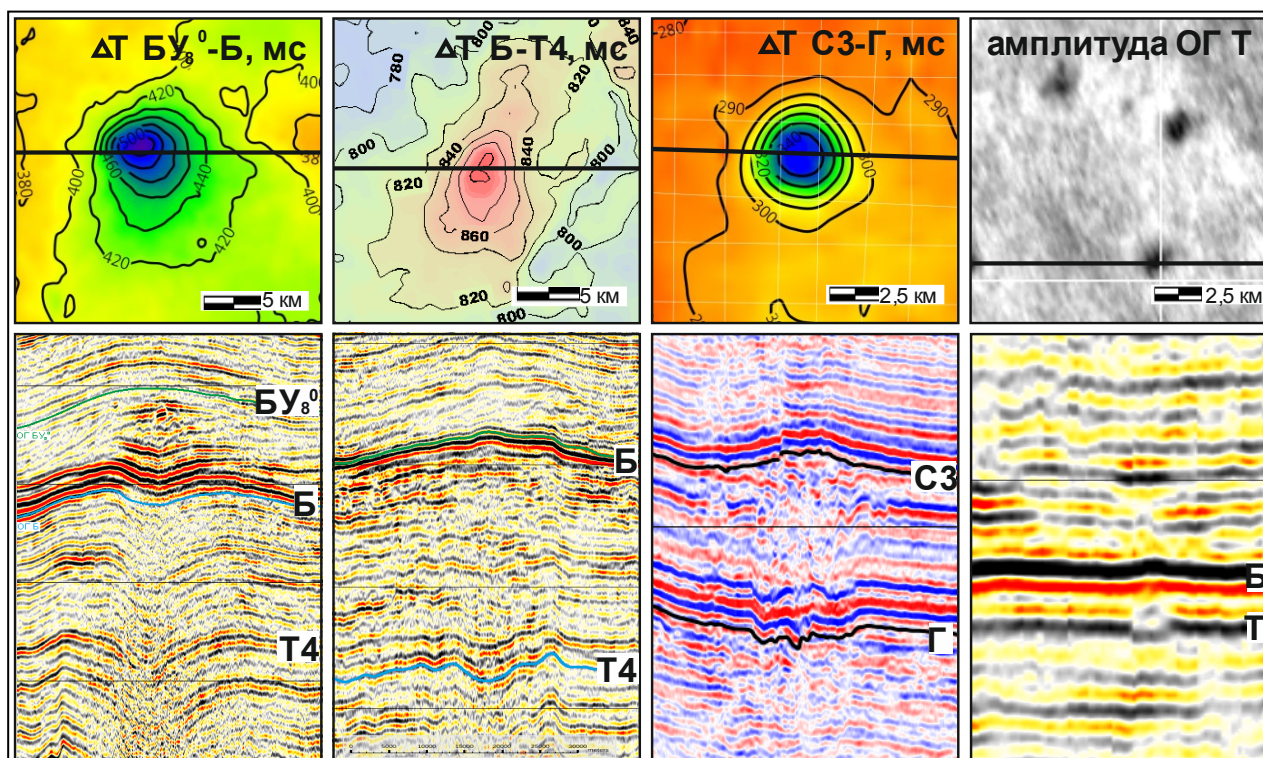


Рисунок 5 - Типы флюидодинамических аномалий сейсмической записи на материалах МОГТ (АКЗ в интервале неокома и юры на Ямбургском месторождении (а), АКЗ в юрских отложениях на Заполярном месторождении (б), АКЗ в надсеноманских отложениях на Падинской площади, сопровождаемая следами естественного флюидоразрыва (в), «газовые пузыри» в верхнеюрских отложениях на Песцовом месторождении (г))

АКЗ и другие подобные им кинематические аномалии сейсмической записи можно рассматривать как доказательство современных процессов вертикальной миграции УВ флюидов в концентрированной форме через многокилометровые толщи горных пород.

Глава 3 Поле флюидальных давлений северных и арктических районов Западной Сибири

Рассмотрены история и методы изучения поля флюидальных давлений в нефтегазоносных бассейнах мира и в ЗС. Поле флюидальных давлений осадочного чехла ЗС изучено в основном по материалам бурения скважин. Было выделено два обособленных района – Северный и Среднеобский. Северный охватывает Надым-Пуровское и Пур-Тазовское междуречия, Ямальский и Гыданский полуострова. Среднеобский – месторождения западной части Среднего Приобья. Анализ результатов обработки данных ГИС по всей территории ЗС позволил выделить в терригенной части разреза ЗС несколько вертикально разобщенных зон АВПоД (А.И.Гальченко). Рост Ка пластового и порового давления начинается с отложений ачимовской толщи и с углублением продолжается, достигает максимально возможных, близких к давлению гидроразрыва значений, не снижается до подошвы осадочного чехла. Данные ВСП и ГИС по всем скважинам, вскрывающим зону АВПД и достигающим подошвы осадочного чехла (СГ-7, СГ-6, Надымская-7, Медвежья-1001, Юбилейная-200, Уренгойская-414, Западно-Таркосалинская-99, Бованенковская-201 и др.), позволяют установить увеличение Ка флюидального давления, по крайней мере, до подошвы осадочного чехла. Таким образом, начиная с уровня нижнемеловых отложений карты Ка должны отражать изменение градиента нарастания флюидального давления с глубиной в единой зоне АВПД ЗС по площади бассейна.

Описаны методы определения и прогноза АВПД и АВПоД, достоверность замеров, расчетов пластовых, расчетов поровых давлений. Для построения карт АВПД необходимо критическое осмысление старых данных и привлечение новой информации о флюидальном давлении: прямых замеров давления в скважинах, расчетов по данным ГИС, ВСП, сейсморазведки. Анализ достоверности прямых замеров пластового давления и его расчета по кривым восстановления давления (КВД) показал, что в большинстве случаев определения пластового давления в условиях АВПД некондиционны из-за недоосвоенности продуктивных пластов при испытаниях. Использование же методики прогноза аномально высокого порового давления (АВПоД) по материалам ГИС методом А.И. Гальченко позволяет определить лишь поровое давление в прилегающей к пласту глинистой покрывке, которое может отличаться на 10-20% от давления в пласте. Описан опыт прогноза АВПоД и АВПД по данным сейсморазведки МОГТ 3D на Песцовом и Ямбургском месторождениях. Ошибки определения Ка в точках пластопересечений

составляют 0-20%. Поэтому для безаварийной проходки и успешного освоения пласта необходим оперативный мониторинг АВПД в процессе бурения скважин.

Тем не менее, использование скважинной информации о флюидальных давлениях (после отбраковки) позволило установить основные закономерности изменения АВПД и АВПод в глубоких горизонтах севера ЗС (рисунок 6), построить карты значений K_a (рисунок 7). Установлены закономерности изменения АВПод, АВПД в ЗС: характерно общее увеличение K_a пластового давления с глубиной; вариации значений аномальности группируются в области с обратной зависимостью от глубины, пространственное размещение этих выборок совпадает с положительными структурными элементами района исследования; значения K_a значительно отклоняются от указанных трендов. Глубина верхней границы зоны АВПД в разных районах ЗС также различна.

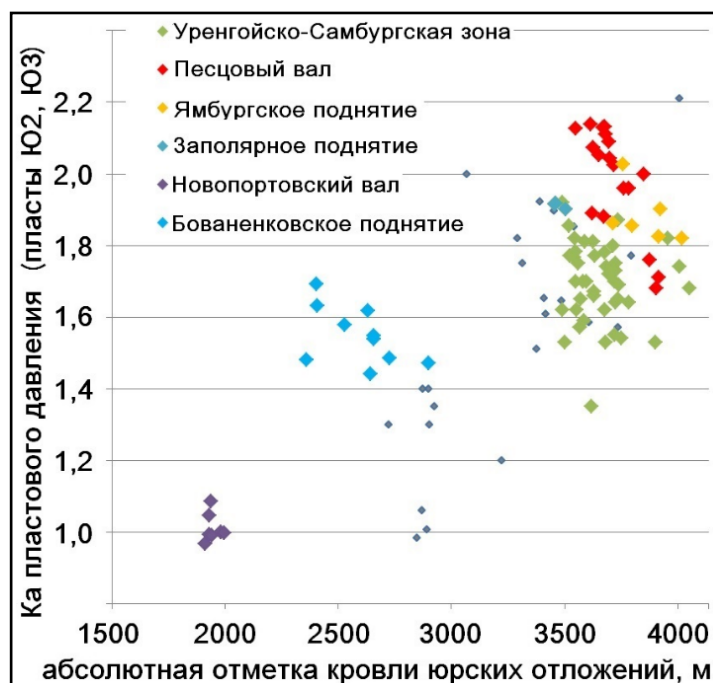


Рисунок 6 - Зависимость K_a давления в пластах Ю₂₋₃ от абсолютной отметки (замеры объектов с дебитом газа более 10 тыс.м³/сут)

На рисунке 7 (рисунок 7) представлены карты пластового давления и K_a пластового давления для верхней части тюменской свиты и нижней части ачимовской толщи, полученные путем комплексирования наиболее достоверных результатов прямого определения давления при испытаниях, прогноза АВПод по ГИС, кинематических аномалий, маркирующих зоны с K_a пластового давления 2-2,25 (АКЗ). Таким образом, автором создана модель поля флюидальных давлений глубоких горизонтов северной части ЗС.

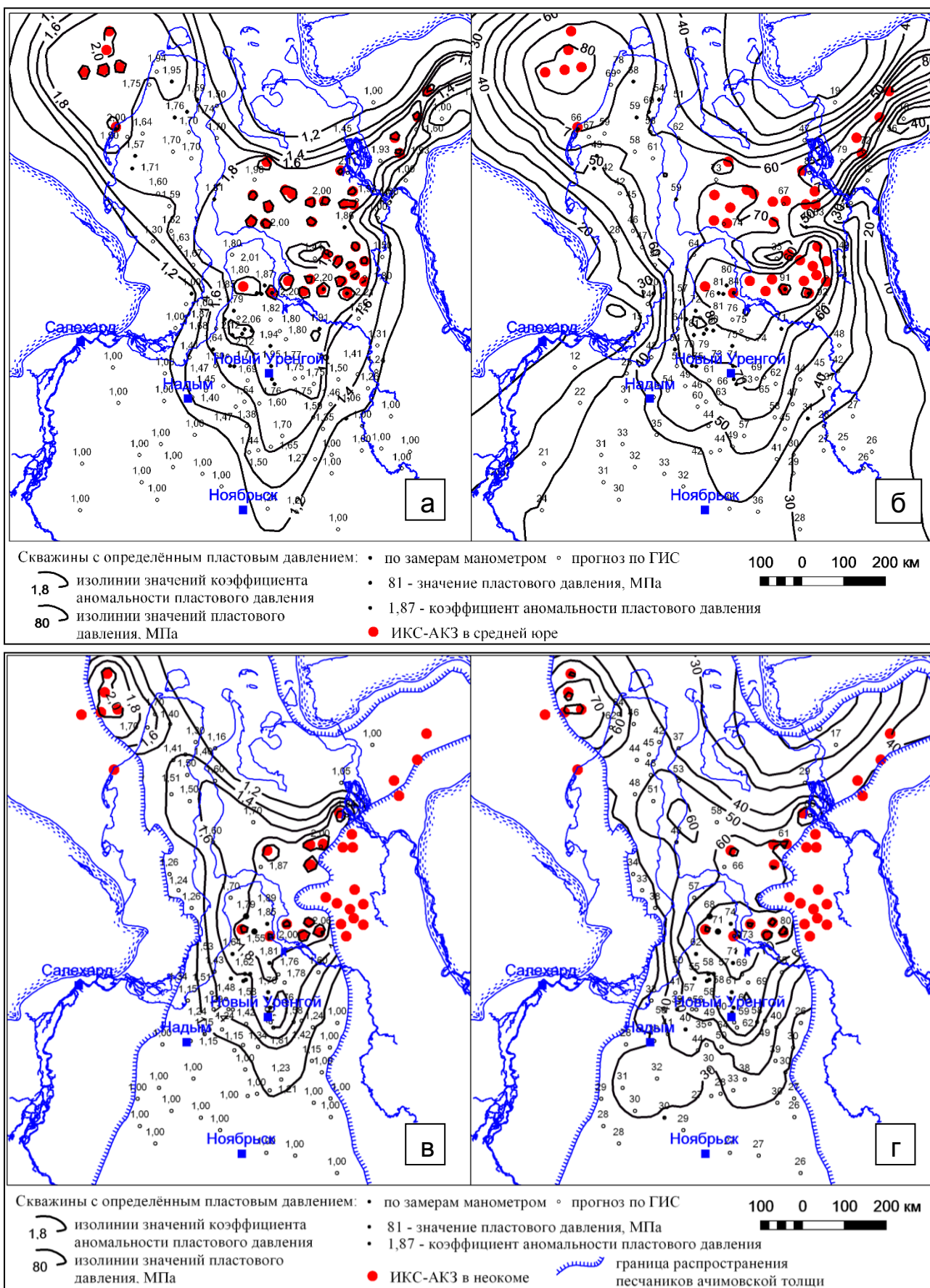


Рисунок 7 - Карты пластового давления (б,г) и его K_a (а,в) в верхней части среднеюрских отложений (а,б) и в нижней части отложений ачимовской толщи (в,г)

Глава 4 Связь флюидодинамических процессов с нефтегазоносностью севера Западной Сибири

Рассмотрена связь фазовой дифференциации УВ с тектоническим строением бассейна. На территории ЗС существует четкое разделение залежей УВ по фазовому составу. В южной половине бассейна доминируют нефтяные залежи, к северу, наряду с нефтяными, появляются газовые и газоконденсатные залежи, в арктических районах преобладают газовые и газоконденсатные скопления. Районы преимущественной газоносности, расположение большинства АКЗ, плановое положение границ массивной зоны АВПД, АВПоД и максимальные значения K_a пластового давления территориально совпадают с наиболее прогнутыми частями осадочного бассейна ЗС: Надым-Тазовской, Ямало-Гыданской, Южно-Карской синеклизами. На протяжении всего мезозоя эти зоны сохраняли наибольшую мобильность и испытывали устойчивое прогибание, поэтому в них наибольшая в ЗС толщина осадочного чехла. В неоген-четвертичное время северная, наиболее погруженная в мезозое часть бассейна, испытала дифференцированное воздымание, связанное, очевидно, с раскрытием Северного Ледовитого океана. Область распространения крупных линейных поднятий неоген-четвертичного заложения с высокой амплитудой (либо с значительным неотектоническим приростом амплитуд) коррелируется с северной зоной АВПД (рисунок 8).

Весьма наглядно палеотектонический контроль фазового состояния залежей УВ ЗС был показан А.Л. Наумовым (1983 г.) с помощью корреляционного анализа мощностей. Исходя из отклонений от линейной зависимости между абсолютными отметками кровли сеномана (ОГ Г) и юры (ОГ Б) им было показано, что газоносные области преимущественно располагаются в зоне постсеноманских поднятий (отрицательные отклонения, синие и голубые цвета на рисунке 9).

Это зоны более активного мелового прогибания, которые расположены как на севере бассейна, так и на юго-востоке, где кроме нефтяных, также открыты газоконденсатные залежи (Колтогорский прогиб, Нюрольская впадина). Характерно, что и газоносный Березовский район по этому показателю четко отличается от смежного, нефтеносного Шаимского. Исключением из этой закономерности является южная зона АВПД, установленная в Салымском нефтеносном районе.

Проанализирована связь фазового состава залежей УВ и рифтов триасового заложения; установлено, что наиболее крупные, высокоамплитудные линейные складки преимущественно расположены на бортах рифтов, однако количество последних в северной и южной частях ЗС примерно одинаково, т.е.

разделение бассейна на нефтеносную и газоносную части не контролируется рифтогенезом, который в ЗС имел (по Н.Л. Добрецову) «рассеянный» характер.

Не обнаруживает связи с месторождениями УВ, либо с их фазовым составом, и толщина земной коры ЗС. И нефтяные, и газовые месторождения установлены в участках и с тонкой (менее 40 км), и с толстой (более 40 км) корой, хотя бесперспективные в плане нефтегазоносности структуры (Урал, Енисейский кряж) имеют более высокую толщину земной коры, нежели ЗС.

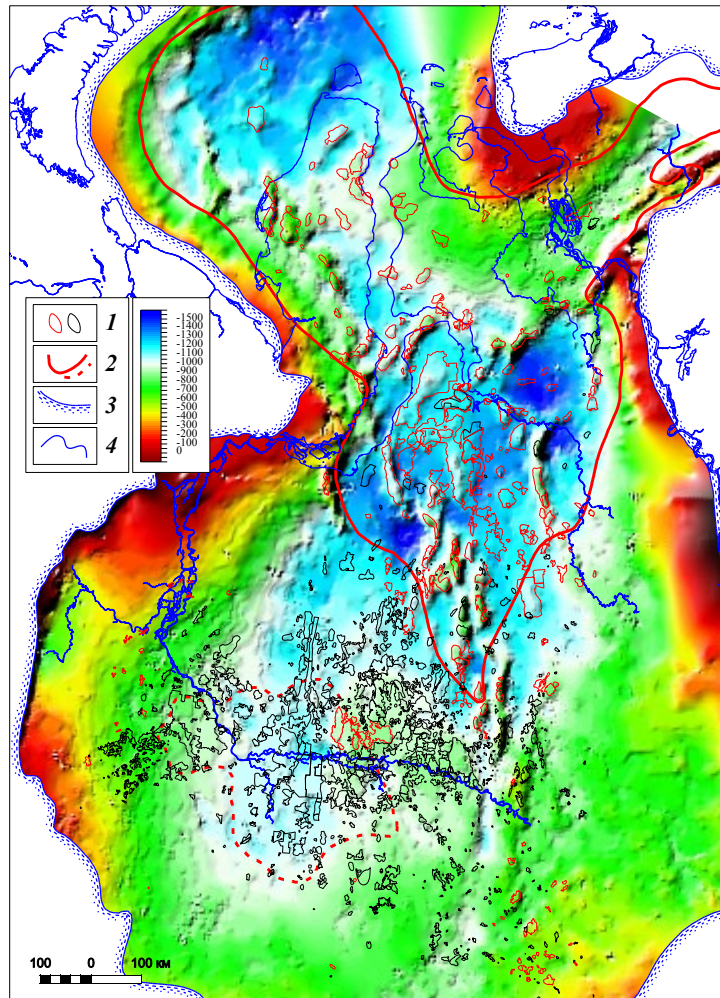


Рисунок 8 - Структурная карта по ОГ Г (цифрами на карте обозначены: 1-содержащие преимущественно газ (красные) и нефть (черные) месторождения УВ; 2-граница распространения АВПД в юрских отложениях, южная зона – по А.И. Гальченко; 3-граница Западно-Сибирского осадочного бассейна; 4-элементы гидрографии)

Площадная связь конфигурации северной газоносной зоны АВПД ЗС устанавливается с особенностями строения верхней мантии, описанными Н.И. и Г.А. Павленковыми на основании анализа материалов сверхдлинных сейсмических профилей глубинного сейсмического зондирования. С северной

частью ЗС связана низкоскоростная линза в верхней мантии (возможно, газонасыщенная и с повышенным давлением). По мнению автора диссертации, образование уникальных по запасам газа залежей происходило в результате глубинной миграции УВ газов в неогене – четвертичном периоде, одновременно с образованием на преимущественно газоносных землях ЗС линейных амплитудных складок, и было обусловлено раскрытием нижних слоёв осадочного чехла вследствие тектонических движений.

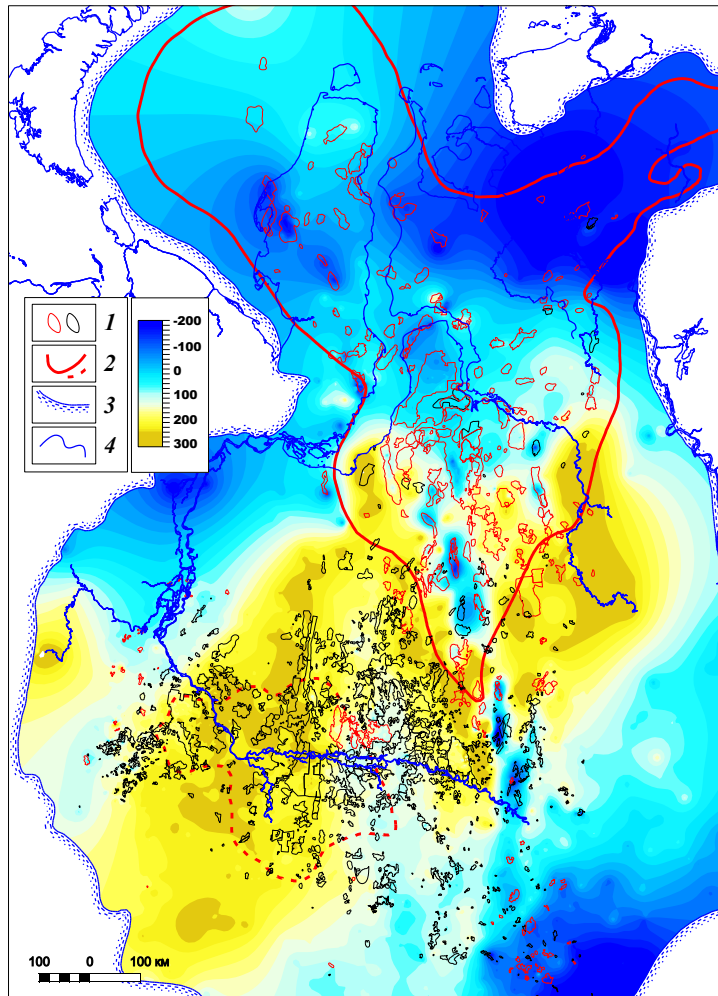


Рисунок 9 - Карта отклонений расчетных значений ОГ Г от фактических (цифрами на карте обозначены: 1-содержащие преимущественно газ (красные) и нефть (черные) месторождения УВ; 2-граница распространения АВПД в юрских отложениях, южная зона – по А.И. Гальченко; 3-граница Западно-Сибирского осадочного бассейна; 4-элементы гидрографии)

Процессы нефтенакпления, вероятно, предшествовали газонакоплению и проходили в более спокойных флюидодинамических условиях, по всему бассейну. На севере ЗС нефтяные залежи были частично трансформированы в газоконденсатные, в южной половине бассейна процессы газонакопления были редуцированы.

Установлена связь АВПД с дебитами УВ. Наибольшие дебиты приурочены к резервуарам со средними значениями K_a . Описана тенденция к снижению K_a с повышением коллекторских свойств резервуара и его эффективных толщин, что с позиций газонапорной модели АВПД объясняется «рассасыванием» давления в резервуаре большого объема.

Значительный объем современной нефтегазопромысловой информации, включая данные гидродинамического каротажа (MDT), позволил установить резкую неоднородность поля аномально высоких поровых и пластовых давлений, случаи их несоответствия. Это не позволяет вскрывать продуктивные резервуары зоны АВПД бурением «на равновесии» даже при точном прогнозе K_a пластового давления. Например, в ачимовской толще и тюменской свите песчаные прослои, объединяемые в один пласт, могут иметь различный объем. Учитывая, что в таких условиях в первую очередь кольтматируются компонентами бурового раствора прослои коллекторов с наиболее высокими ФЕС (чаще имеющими наибольший объем), и, вследствие этого, наиболее низкие значения K_a , то невысокая эффективность традиционного (вертикального) поисково-оценочного и разведочного бурения в условиях АВПД легко объяснима.

Представляется, что наиболее эффективными приемами получения промышленных притоков УВ в таких условиях является проведение мини-гидроразрыва пласта (ГРП) для устранения кольтматации прискважинной зоны пласта в вертикальных скважинах, а также более широкое использование горизонтального бурения, при котором при вскрытии продуктивного пласта изменение значений K_a менее контрастные, и обычно выполняется многостадийный ГРП. Второй способ, типичный для эпохи «сланцевой революции», является принципиально более эффективным.

Описаны масштабы газо- и нефтеносности зоны АВПД. В глубоких горизонтах севера ЗС, в зоне АВПД в отложениях ачимовской толщи неокома и тюменской свиты средней юры, залегающих на ЛУ ПАО «Газпром» на глубинах 3500 – 4500 м, в настоящее время открыто большое количество залежей газоконденсата и нефти с высоким газосодержанием ($500 \text{ м}^3/\text{м}^3$ и более), содержащих уникальные по объему запасы и ресурсы УВ сырья, эквивалентные и даже превышающие запасы нефти, газа и газоконденсата в вышележащих отложениях. Эти залежи являются преимущественно литологическими, слабо контролируются структурным планом (рисунок 10) и характеризуются АВПД с K_a 1,4-2,2. Достоверных притоков пластовой воды из резервуаров с высоким значениями K_a АВПД не получено, залежи являются полнопластовыми.

В южной половине бассейна, вне массивной системы АВПД, залежи нефти в ачимовской толще и тюменской свите, хотя и осложнены литологическими экранами, являются преимущественно пластовыми сводовыми, имеют ограниченный УВ потенциал, для них характерно наличие законтурных и подошвенных вод. Т.е. имеются принципиальные различия нефтегазоносности зон АВПД и гидростатических пластовых давлений.

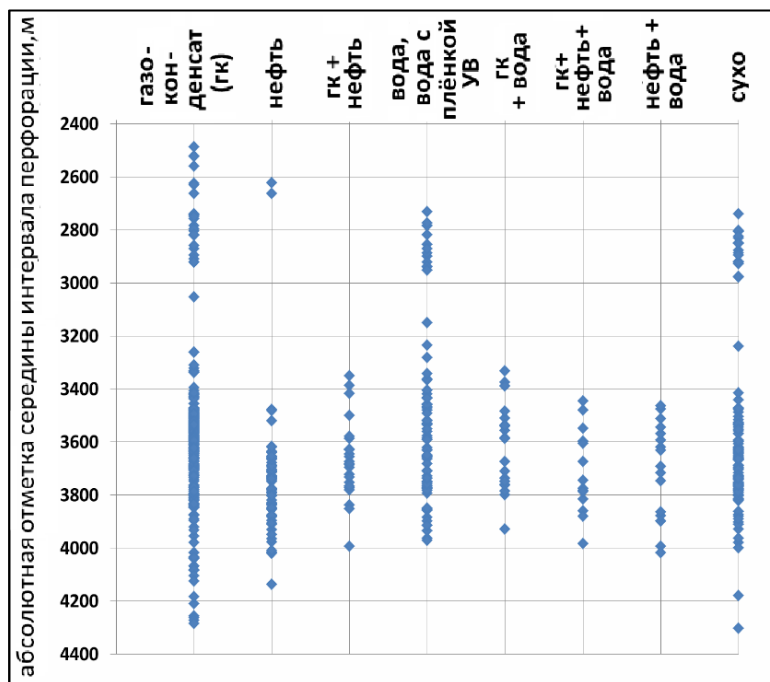


Рисунок 10 - Распределение фазового состава притоков из юрских и ачимовских отложений ЯНАО по абсолютным отметкам интервалов испытаний

О высокой продуктивности рассматриваемых отложений зоны АВПД свидетельствует открытие в 2015 г. в Нерутинской впадине Падинского газоконденсатного месторождения, связанного с ачимовскими отложениями. Открытые залежи является частью одновременно Южно-Падинского, Восточно-Медвежьего, Южно-Песцового, Западно-Песцового и Песцового месторождений. С каждым годом подобных примеров «объединения» месторождений УВ обширными литологически ограниченными залежами с АВПД в отложениях ачимовской толщи и тюменской свиты, не контролируемые структурным планом, становится всё больше.

В 2016 г. были получены высокодебитные притоки газоконденсата из отложений ачимовской толщи и средней юры на Западно-, Северо-Тамбейском и Тасийском месторождениях, было решено объединить эти месторождения под названием «Тамбейское». По мнению автора диссертации, отсутствие гипсометрического контроля газо- и нефтеносности отложений ачимовской

толщи и тюменской свиты доказывает связь газоносности с вертикальным внедрением глубинных газов, в том числе УВ, в осадочный чехол по всей площади распространения отложений ачимовской толщи и тюменской свиты в зоне АВПД. Это позволяет оптимистично оценивать перспективы прироста запасов УВ в депрессионных зонах северной части Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна, где развито АВПД.

Заключение

В работе приведены материалы, указывающие на связь активности флюидодинамических процессов с распространением АВПД и размещением залежей УВ в глубоких горизонтах северных и арктических районов ЗС. Представленные автором материалы и установленные закономерности показывают, что изучение влияния флюидодинамических процессов на формирование и размещение залежей УВ является важной задачей геологии нефти и газа.

В процессе выполнения работы выяснилось, что месторождения УВ, АКЗ и другие объекты, связанные с процессами миграции УВ, изучены геолого-геофизическими методами довольно слабо. Автору представляется необходимым проведение ряда новых работ. В первую очередь это разбуривание поднятий, осложненных АКЗ, доразведка резервуаров с АВПД качественным бурением, закрытие месторождений УВ и АКЗ сейсморазведкой МОГТ 3D, электроразведкой, поверхностными геохимическими съемками по единой методике, обобщение опыта разведки и разработки месторождений для изучения роли миграции УВ в формировании залежей. Решение этих задач позволят открыть новые и эффективнее осваивать уже открытые залежи УВ в северных и арктических районах ЗС, где сконцентрировано около 25% мировых ресурсов природного газа.

Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК РФ:

1. Загоровский Ю.А. Упрощённый способ оценки anomalно высокого пластового давления средствами сейсморазведки / Ю.А. Загоровский // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. - 2013.- №5. – С. 17-21.
2. Загоровский Ю.А. Перспективы и технологии поисков и разведки залежей углеводородов в ачимовских и юрских отложениях Ямало-Ненецкого автономного округа / С.К. Ахмедсафин, В.В. Рыбальченко, А.В. Меркулов, М.Г. Жариков, С.А. Варягов, А.А. Нежданов, С.А. Горбунов, В.В. Огибенин, А.А. Сподобаев, Ю.А. Загоровский // Геология нефти и газа. - 2016. -№2. – С. 11-17.

3. Загоровский Ю.А. Анализ временных толщин (хронопикнометрия) как метод повышения геологической информативности сейсморазведочных данных / С.А. Горбунов, А.А. Нежданов, В.В. Огибенин, Ю.А. Загоровский, Ю.И. Пятницкий, Д.Я. Хабибуллин // Геология нефти и газа. - 2016. - №2. – С. 67-76.

4. Загоровский Ю.А. Связь флюидодинамических процессов с нефтегазоносностью глубоких горизонтов на севере Западной Сибири / Ю.А. Загоровский // Экспозиция Нефть Газ. – 2016. - №6. – С. 48-51.

Работы, опубликованные в прочих изданиях:

5. Загоровский Ю.А. Особенности геологического строения и перспективы нефтегазоносности Северо-Самбургского ЛУ / Ю.А. Загоровский, С.А. Горбунов // Сборник научных трудов ООО «ТюменНИИгипрогаз»: 2011г. - Тюмень: Флат, 2011. – С. 59-62.

6. Загоровский Ю.А. Комплексирование геологической, геофизической и геохимической информации для изучения газовых залежей с АВПД в арктических районах Западной Сибири / Ю.А. Загоровский // Новые технологии в газовой промышленности (газ, нефть, энергетика): Тезисы докладов Юбилейной X всероссийской конференции молодых учёных, специалистов и студентов 8–11 окт. 2013г. - М.: Издательский центр РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2013. – С. 11.

7. Загоровский Ю.А. Региональные особенности распределения АВПД и залежей углеводородов в глубоких горизонтах Западной Сибири / Ю.А. Загоровский // Нетрадиционные ресурсы углеводородов: распространение, генезис, прогнозы, перспективы развития: Материалы Всероссийской конференции с международным участием 12–14 нояб. 2013г. - М.: ГЕОС, 2013. – С. 68-71.

8. Загоровский Ю.А. Отражения каналов вертикальной флюидомиграции на материалах сейсморазведки МОВ ОГТ 3D в северных районах Западной Сибири / Ю.А. Загоровский // V молодёжная научно-практическая конференция, посвящённая 30-летию Общества «Газпром добыча Ямбург»: Тезисы докладов. г.Новый Уренгой: ООО «Газпром добыча Ямбург», 2014. – С. 9-11.

9. Загоровский Ю.А. Следы вертикальной флюидомиграции на материалах сейсморазведки МОВ ОГТ 3D в северной части Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна [Электронный ресурс] / Ю.А. Загоровский // 3-и Кудрявцевские чтения. Всероссийская конференция по глубинному генезису нефти: Электронный каталог тезисов. – Режим доступа:

http://conference.deepoil.ru/images/stories/docs/3KR/3KR_Theses/Zagorovskiy_Theses.pdf (дата обращения: 01.03.2016).

10. Загоровский Ю.А. Изучение процессов вертикальной миграции флюидов в северных районах Западной Сибири средствами сейсморазведки / Ю.А. Загоровский // XV юбилейная конференция молодых специалистов, работающих в организациях, осуществляющих деятельность, связанную с использованием участков недр на территории ХМАО-Югры: Сборник материалов конференции. - Новосибирск: Параллель, 2015. – С. 41-44.

11. Загоровский Ю.А. Флюидодинамические аномалии сейсмической записи на месторождениях углеводородов / Ю.А. Загоровский // Науки о Земле. Современное состояние: Материалы III Всероссийской молодежной научно-практической школы-конференции. Геологический полигон «Шира», Респ. Хакасия, Россия. 31 июля – 7 авг.2015г. - Новосибирск: Редакционно-издательский центр НГУ, 2015. – С. 59-60.

12. Загоровский Ю.А. Флюидодинамические аномалии сейсмической записи на месторождениях Западной и Восточной Сибири [Электронный ресурс] / Ю.А. Загоровский // Материалы 17 международной научно-практической конференции «Геомодель 2015» 7-10 сент. 2015г. в г. Геленджик. – Режим доступа: <http://www.earthdoc.org/publication/publicationdetails/?publication=82494> (дата обращения: 05.11.2016).

13. Загоровский Ю.А. Смена парадигмы нефтидогенеза – революция в нефтегазовой отрасли? [Электронный ресурс] / А.А. Нежданов, В.В. Огибенин, А.С. Смирнов, Ю.А. Загоровский // 5-е Кудрявцевские чтения. Всероссийская конференция по глубинному генезису нефти. Электронный каталог тезисов. – Режим доступа: http://conference.deepoil.ru/images/stories/docs/5KR/Theses/Nezhdanov-Ogibenin-Smirnov-Zagorovskiy_Theses.pdf (дата обращения: 25.12.2016).

14. Загоровский Ю.А. Аномальная флюидодинамическая система и размещение залежей углеводородов на севере Западной Сибири [Электронный ресурс] / Ю.А. Загоровский // Сборник материалов VII Тюменский инновационный нефтегазовый форум 21–22 сентября 2016, г. Тюмень. – С. 146-150 – Режим доступа: <http://oilgasforum.ru/upload/doklady.pdf> (дата обращения: 17.11.2016).

15. Загоровский Ю.А. Флюидодинамическая интерпретация сейсморазведочных данных (на примере площадей Западной Сибири) / Ю.А. Загоровский // Современные технологии нефтегазовой геофизики: Материалы докладов конференции 18-19 мая 2016, г.Тюмень. отв. редактор С.К Туренко. - Тюмень: ТИУ, 2016. – С. 110-115.